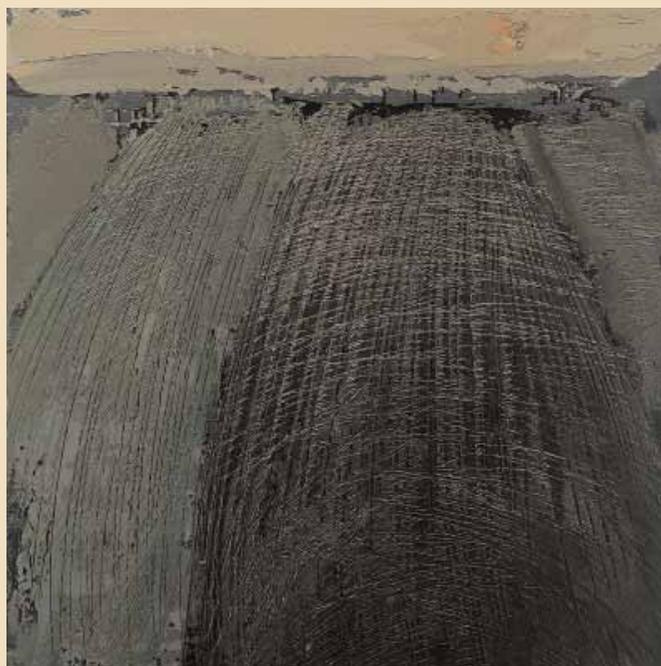


Accademia dei Georgofili



STORIA DELL'AGRICOLTURA ITALIANA

L'ETÀ CONTEMPORANEA



Sviluppo recente e prospettive



Edizioni Pol istampa



Accademia dei Georgofili

STORIA DELL'AGRICOLTURA ITALIANA

III L'ETÀ CONTEMPORANEA

2. SVILUPPO RECENTE E PROSPETTIVE

a cura di

Franco Scaramuzzi e Paolo Nanni



Edizioni Polistampa

Comitato scientifico dell'opera

Giovanni Cherubini (*Presidente*) - Reginaldo Cianferoni
Zeffiro Ciuffoletti - Gaetano Forni - Arnaldo Marcone
Giuliano Pinto - Carlo Poni - Leonardo Rombai - Franco Scaramuzzi
Ugo Tucci - Paolo Nanni (*Coordinatore*)

FIRENZE, 2001 - 2002

Con il contributo di



ENTE CASSA DI RISPARMIO DI FIRENZE

© 2002 EDIZIONI POLISTAMPA

Sede legale: Via Santa Maria, 27/r - 50125 Firenze

Tel. 055.233.7702 - Fax 055.229.430

Stabilimento: Via Livorno, 8/31 - 50142 Firenze

Tel. 055.7326.272 - Fax 055.7377.428

[http: www.polistampa.com](http://www.polistampa.com)

ISBN 978-88-596-0767-0

INDICE

L'ETÀ CONTEMPORANEA SVILUPPO RECENTE E PROSPETTIVE

FRANCO SCARAMUZZI, PAOLO NANNI

<i>Introduzione</i>	11
---------------------------	----

RENZO LANDI

<i>Coltivazioni e tecniche colturali</i>	15
Premessa	15
L'evoluzione agricola nel dopoguerra	20
Gli strumenti della tecnica colturale	32
Innovazioni e prospettive di progresso	43
Conclusioni	49

MARIO LUCIFERO, ALESSANDRO GIORGETTI

<i>Allevamenti zootecnici</i>	65
Il progresso scientifico	67
Innovazioni tecnologiche ed evoluzione degli allevamenti	79
Tendenze e prospettive	91

GIUSEPPE SCARASCIA-MUGNOZZA, ALBERTO MASCI

<i>Selvicoltura</i>	105
Selvicoltura e foreste	105
I sistemi selvicolturali	109
Profilo storico della selvicoltura	112
Attualità della selvicoltura	118
Recenti contributi scientifici	121
Conclusioni e prospettive	144

LEONARDO CASINI

<i>Aspetti fondiari, organizzazione e sviluppo del territorio e delle attività rurali</i>	155
Introduzione	155
Gli anni dell'esodo agricolo dal dopoguerra al 1970	156

Gli anni della politica agricola comunitaria 1970-'80	161
La fine dell'esodo rurale nel decennio 1980-'90	165
Dalla crescita economica allo sviluppo sostenibile: decennio 1990-2000	168
Prospettive	173
AUGUSTO MARINELLI	
<i>Politica agricola nazionale, comunitaria e globale</i>	197
Il dopoguerra e gli anni cinquanta	197
Gli anni Sessanta	201
Gli anni Settanta	205
Gli anni Ottanta	207
Gli anni Novanta	214
Lo scenario attuale: Agenda 2000 e globalizzazione	217
Conclusioni	221
GIUSEPPE PELLIZZI	
<i>Meccanizzazione</i>	225
L'evoluzione dal 1950	225
L'ingegneria avanzata e le sue applicazioni alla meccanizzazione	244
Conclusioni	254
GIAN TOMMASO SCARASCIA-MUGNOZZA, CIRO DE PACE	
<i>Biotechnologie: ricerche e applicazioni nel comparto agricolo-alimentare e ambientale</i>	259
Introduzione	259
Biotechnologie per lo studio della struttura e della funzione del genoma	273
Biotechnologie e ingegneria genetica	282
Ingegneria genetica e agricoltura	288
Rischi, biosicurezza, precauzioni	308
Conclusioni	317
CLAUDIO PERI	
<i>I modelli e i metodi della qualità e della sicurezza alimentare</i>	323
Modelli della qualità alimentare	323
Modelli della sicurezza alimentare	331
Sistemi di gestione per la qualità e la sicurezza alimentare	340
Conclusioni	353
GIANPIERO MARACCHI	
<i>Tutela e monitoraggio dell'ambiente</i>	359
Acquisizione dati	360
Gestione e rappresentazione delle informazioni	364

I Gis	366
Sistemi di supporto alle decisioni	368
LUIGI OMODEI ZORINI	
<i>La cooperazione internazionale per lo sviluppo</i>	379
Le politiche dello sviluppo: contesto teorico, storico e politico	379
L'esperienza italiana di Cooperazione allo sviluppo nel secondo dopoguerra	381
RICCARDO MARGHERITI	
<i>Credito agrario</i>	399
Le finalità del credito agrario	399
La legge n. 1760 del 5.7.1928	401
Il credito agrario agevolato quale principale strumento di politica agraria dal 1952 al 1970	404
Direttive comunitarie ed evoluzione del concetto di impresa agraria	406
Il Nuovo Testo Unico delle leggi in materia bancaria e creditizia	408
Il credito agrario negli anni 2000	410
GIOVANNI GALIZZI	
<i>Il mercato dei prodotti agricoli e alimentari</i>	415
Una produzione guidata dal consumatore	416
La crescente globalizzazione dell'economia	417
Le nuove tecnologie	419
Un nuovo fondamentale fattore di vantaggio competitivo: la differenziazione del prodotto	420
Cambiano le attività e l'organizzazione delle imprese	422
Un intenso processo di concentrazione di imprese	425
La crescente importanza dei servizi	426
Il caso dei prodotti tipici	427
Lo sviluppo dei contratti di produzione come fattore di coordinamento verticale	428
L'impatto del commercio elettronico	431
Conclusioni	432
INDICI (a cura di Paolo Nanni)	
Indice dei nomi e degli autori	437
Indice dei luoghi	442
Indice degli animali, delle piante e dei prodotti	445
Indice degli attrezzi, degli strumenti e delle macchine agricole	451

L'ETÀ CONTEMPORANEA

SVILUPPO RECENTE E PROSPETTIVE

FRANCO SCARAMUZZI, PAOLO NANNI

INTRODUZIONE

L'Italia, o le Italie agricole, che affondano le loro radici in una storia millenaria ripercorsa nei volumi precedenti, si sono trovate a fare i conti con scenari radicalmente nuovi a partire dal secondo Dopoguerra. Negli ultimi cinquant'anni una vera e propria «rivoluzione» ha investito tutta la società, e non solo quella nazionale, sotto la spinta delle innovazioni scaturite dal progresso della ricerca scientifica e dal conseguente sviluppo tecnologico. La rapidità con la quale si sono acquisite nuove conoscenze ha assunto ritmi sempre maggiori, anche esponenziali. Nella seconda metà del XX secolo tutto si è svolto all'insegna della velocità. Si sono verificati rapidi mutamenti nelle attività economiche e negli assetti sociali, così come nei consumi e quindi nelle produzioni e nel commercio; si sono diffuse anche nuove «ideologie», quali quelle ambientaliste.

In questo quadro, l'agricoltura ha cercato di adeguarsi tempestivamente all'evolversi dei tempi. Le «rivoluzioni agronomiche» del XVIII-XIX secolo avevano posto le basi per questo sviluppo. Tuttavia, il progresso avvenuto nell'ultimo cinquantennio ha fatto registrare nel settore agricolo mutamenti di portata paragonabile a quelli che aveva avuto fino ad allora, dalle sue origini. Nell'arco di pochi decenni il processo di industrializzazione e l'esodo dalle campagne hanno alterato radicalmente la «civiltà contadina» e hanno determinato nuovi assetti fondiari. L'agricoltura tradizionale non sarebbe stata più in grado di assolvere al proprio ruolo senza la creatività necessaria per valorizzare le innovazioni. Grandi potenze mondiali, ricche di materie prime e di tecnologie avanzate, hanno finito per trovare nell'agricoltura trascurata un tallone di Achille che le ha rese vulnerabili.

A partire dagli anni Cinquanta, inoltre, con il Trattato di Roma e la costituzione della CEE, l'agricoltura si è inserita appieno nel processo di integrazione dei mercati internazionali. Nel corso dei decenni successivi ha portato alla formulazione di una Politica Agricola Comunitaria che, mediante provvedimenti legislativi e fondi destinati all'agricoltura (che oggi occupano

più della metà del bilancio della UE), ha inciso profondamente nelle strutture agrarie ed ha condizionato le stesse politiche nazionali. Oggi la cosiddetta globalizzazione pone ulteriori problematiche di estrema importanza, non soltanto sul piano economico, legate proprio alla regolamentazione di mercati che hanno ormai dimensione planetaria.

Tra i settori di base della ricerca scientifica che hanno maggiormente contribuito al progresso dell'agricoltura, vi sono certamente quelli della biologia, della chimica e della meccanica. Le ricerche della *biologia*, sia in campo vegetale che animale, sono state molto attive soprattutto per le conoscenze sulla fisiologia e sulla nutrizione. Di grande portata quelle genetiche, a partire dalle determinazioni quantitative sulla ereditarietà dei caratteri, a quelle sui meccanismi citologici e poi molecolari, che stanno aprendo ulteriori enormi possibilità di sviluppo. Le ricerche nel settore della *chimica* hanno consentito il controllo della fertilità dei terreni e lo sviluppo di moderni mezzi di difesa dagli attacchi parassitari e dalle competizioni delle erbe infestanti; importanti applicazioni si sono sviluppate dalle nuove conoscenze sui regolatori chimici della crescita, della produzione e della stessa conservazione delle derrate alimentari. Lo sviluppo della *meccanica* ha consentito di sostituire il lavoro animale, aumentando la produttività delle operazioni colturali, migliorando le caratteristiche del lavoro stesso ed allo stesso tempo riducendo la fatica umana. La maggiore potenza che è stato possibile utilizzare nel lavoro con le macchine ha consentito opere, un tempo impensabili, di sistemazione e di miglioramento dei terreni. La meccanizzazione ha fatto realizzare anche più vaste opere idrauliche e di bonifica, così come un più vasto uso irriguo delle acque, pressoché raddoppiando in cinquanta anni le superfici irrigate.

La produzione agroalimentare complessiva è aumentata, nonostante la maggiore estensione di boschi, parchi e colture per prodotti non destinati all'alimentazione e nonostante che la superficie agraria utilizzabile tenda a ridursi sempre più. Sono infatti aumentate notevolmente le produzioni unitarie che, nella media generale, sono almeno raddoppiate, mentre il lavoro per esse necessario si è ridotto a circa un decimo. Anche negli allevamenti zootecnici è considerevolmente aumentata la produzione per capo, mentre tendono a ridursi anche i cicli produttivi.

Naturalmente, non mancano problemi sempre nuovi e fra questi la comparsa di nuove malattie sia nel settore vegetale che in quello animale. Nella storia degli ultimi cinquant'anni vanno ricordati, ad esempio, i problemi e gli studi sulle virosi, così come quelli più recenti sulla BSE dei bovini e sul co-

siddetto «mal dell'esca» della vite di cui si stanno studiando alacremente le cause, per individuare al più presto indispensabili, adeguati rimedi.

Anche la giurisprudenza in materia di agricoltura ha cercato di adeguarsi ai rapidi mutamenti, registrando il passaggio da un diritto agrario basato sul riconoscimento della proprietà come elemento fondamentale delle attività agricole, ad una concezione socio-economica più dinamica di azienda e di impresa agricola. Ma la legislazione deve ulteriormente adeguarsi perché oggi manifesta ispirazioni non del tutto chiare, talvolta influenzate da improprie spinte ideologiche, che poi richiedono correzioni e creano disorientamenti per la sovrapposizione di norme anche contraddittorie.

All'agricoltura oggi si riconosce un carattere polifunzionale. Si riconosce il ruolo fondamentale della vegetazione per la difesa ed il ripristino ambientale, la salvaguardia del suolo e del territorio. La permanenza delle attività agro-silvo-pastorali è fattore essenziale non solo dal punto di vista idro-geologico, ma anche ai fini storico-culturali ed etno-antropologici. Particolare significato ha assunto in questi anni la valorizzazione dei prodotti tipici, accompagnati, anche in sede comunitaria, da numerosi disciplinari per la tutela della qualità. Alcune produzioni del settore agro-alimentare hanno assunto un significato sempre più importante nella valorizzazione del territorio. Il turismo ambientale e gastronomico, tra l'altro, rappresenta oggi una importante risorsa economica che interessa tutte le regioni d'Italia.

In una trattazione della *Storia dell'agricoltura italiana* di così lungo corso, com'è quella presentata in quest'opera realizzata dall'Accademia dei Georgofili, si è voluto perciò dare spazio adeguato, attraverso contributi di sintesi affidati a specialisti, ad alcuni dei principali fattori dello *sviluppo recente e prospettive*, quale coronamento della storia agraria nell'età contemporanea. Alla trattazione delle principali innovazioni avvenute nei settori delle *coltivazioni* e delle *tecniche colturali*, degli *allevamenti zootecnici* e della *selvicoltura*, seguono gli *aspetti fondiari, organizzazione e sviluppo del territorio e delle attività rurali* e la *politica agricola nazionale, comunitaria e globale*. Capitoli specifici sono dedicati agli aspetti principali dello sviluppo scientifico tecnologico, quali la *meccanizzazione*, le *biotecnologie* e a più recenti problematiche, quali i *modelli e i metodi della qualità e della sicurezza alimentare*, e la *tutela e monitoraggio dell'ambiente*. Infine vengono illustrati alcuni aspetti della politica e dell'economia nel settore agrario anche a livello internazionale, quali la *cooperazione internazionale per lo sviluppo*, il *credito agrario* ed il *mercato dei prodotti agricoli ed alimentari*.

Con questi contributi, che legano la storia alla realtà presente ed alle prospettive future, si è inteso valorizzare le peculiari caratteristiche della «Rivista di storia dell'agricoltura», che fin dai suoi esordi ha unito in un comune lavoro studiosi di diverse aree disciplinari. Ci pare significativo sottolineare, inoltre, come questi studi si inseriscano a pieno titolo nel crescente e più ampio interesse che si riscontra soprattutto in questi ultimi decenni intorno alla storia dell'agricoltura. Quando la Rivista iniziò la propria attività nel 1961, l'attenzione storiografica in questo settore era motivata più dalla necessità di comprendere le dinamiche di un mondo in piena trasformazione. Oggi la sensibilità per tali tematiche riguarda non soltanto gli 'addetti ai lavori', ma un pubblico ben più vasto, motivato dalla necessità di recuperare la propria tradizione culturale. Un documento significativo di questa tendenza è il moltiplicarsi di iniziative a livello locale dedicate alla storia dei prodotti tipici e del territorio, oltre ai numerosi musei agrari disseminati in tutta la penisola. Al tempo stesso riteniamo che proprio nella storia si possano trovare elementi essenziali per una corretta valutazione della complessità, evitando fuorvianti semplificazioni, anche di fronte alle nuove e inimmaginabili innovazioni che si prefigurano già nel prossimo futuro.

RENZO LANDI

COLTIVAZIONI E TECNICHE COLTURALI

PREMESSA

Nel corso del XX secolo l'esercizio dell'attività agricola ha seguito un tracciato suddiviso nettamente in due distinti periodi che hanno trovato negli anni del secondo conflitto mondiale il loro punto di connessione. Le differenze tra i due periodi non riguardano tanto il progresso delle conoscenze scientifiche quanto la gestione dell'azienda che nella seconda metà del secolo prese ad utilizzare innovative applicazioni tecniche rendendo inevitabili profonde trasformazioni della struttura stessa del tessuto agricolo italiano.

Il panorama agricolo dal quale ha preso avvio questo processo evolutivo si era formato su strutture apparentemente statiche ma nelle quali l'entusiasmo sollevato da iniziative di carattere sociale ed organizzativo e da risultati concreti derivati da certe applicazioni scientifiche, avevano aperto, prima del conflitto, grandi prospettive.

L'agricoltura italiana si poteva valere di un corpo agronomico già ben definito e orientato su chiari principi. La ricerca aveva aperto vasti orizzonti e, facendo ricorso a corretti metodi sperimentali, poteva mirare al conseguimento di importanti risultati scientifici ed a corrette applicazioni tecniche. La società si era già impegnata nel predisporre servizi ed opere di bonifica ad alto livello tecnico ed aveva costituito organismi di ricerca, assistenza tecnica, pubblica utilità e di gestione come le Stazioni Sperimentali, gli Ispettorati Agrari, i Consorzi di bonifica, i Consorzi Agrari, ecc. L'informazione tecnica era già ben sviluppata e non mancavano opere e periodici di grande prestigio.

È bene comunque rilevare che chi operava nel settore agricolo non era più un osservatore dei fenomeni naturali ai quali doveva trovare un adattamento, ma era divenuto il protagonista che, applicando conoscenze scientifiche e ragionamento, poteva adottare tecnologie innovative per orientare il processo produttivo verso una nuova agricoltura.

Nel pieno rispetto dell'insegnamento degli agronomi dell'Ottocento il primo obiettivo rimaneva quello di accrescere la «*caloria*», cioè quella quota del patrimonio fondiario che Cosimo Ridolfi (1868) aveva definito un capitale prezioso perché «l'intelligente ed abile agricoltore deve considerare la terra una cassa di risparmio e disporre della ricchezza in quella accumulata da buon padre di famiglia, come del denaro che vi avesse deposto».

Poco prima del secondo conflitto mondiale quasi la metà della popolazione italiana afferiva all'agricoltura. Secondo il censimento del 1936 quella attiva in agricoltura era infatti il 48,43% di quella attiva totale. La composizione della popolazione agricola dagli inizi del secolo, quando i lavoratori (salarati e braccianti) erano circa la metà degli addetti, si era gradualmente modificata. Il censimento del 1936 aveva infatti rilevato un sensibile aumento dei conduttori in proprio, degli affittuari e dei coloni parziari (68,6%) contro una evidente contrazione dei lavoratori (28,4%) (TAB. 1). Ciò spiega il crescente numero di piccole unità coltivatrici, la ragione per la quale l'azienda ricorreva ad un largo impiego di forze di lavoro minore (donne, anziani, ragazzi) e perché sarebbe stato più opportuno riferire ogni valutazione alla famiglia piuttosto che all'individuo.

È qui opportuno rimarcare che la ripartizione delle colture, le tecniche di coltivazione e la destinazione del prodotto, l'esercizio dell'attività agricola insomma, dipendono dall'organizzazione aziendale che, come la definiva A. Serpieri comprende la destinazione produttiva del fondo e i rapporti tra impresa, mano d'opera e proprietà. Prima del secondo conflitto mondiale, pertanto, la produzione doveva in primo luogo coprire il fabbisogno alimentare della famiglia e quindi cercare di realizzare, dalla vendita di certe produzioni su mercati locali (vino, olio, ecc), quei modesti proventi indispensabili per l'acquisto di beni di consumo. Nelle aree dove le condizioni climatiche e l'iniziativa dell'imprenditore avevano schiuso la strada alle colture industriali (barbabietola, canapa, tabacco, ecc) si era aperta la possibilità di realizzare maggiori redditi su un mercato di maggiori dimensioni e con buone prospettive per il futuro. In definitiva a quei tempi l'agricoltore doveva applicare, oltre al lavoro muscolare, una buona dose di ragionamento e diligenza per ricavare, con le migliori tecniche agronomiche, non solo le produzioni destinate al mercato, ma anche quell'ampio spettro di prodotti alimentari richiesti dalla famiglia e da una dieta che era basata soprattutto, per il duro lavoro dei campi, su componenti amidacei.

Con quasi 9 milioni di addetti l'agricoltura stava alla base del processo produttivo nazionale, ma la produzione non riusciva a coprire i fabbisogni ali-

mentari. La «*battaglia del grano*», e fu una battaglia vinta, aveva conseguito vistosi risultati, soprattutto per merito dell'introduzione e la diffusione delle costituzioni di N. Strampelli (Ardito, Mentana, ecc.) che potevano sfuggire alle ruggini e superare i pericoli dell'allettamento. U. De Cillis nel 1960 stimava che tra il quinquennio 1924-28 ed il quinquennio 1953-57 l'incremento produttivo dovuto al miglioramento genetico poteva esser stimato attorno ai 20 milioni di quintali ogni anno, pari a circa il 35% della produzione iniziale. Gli altri contributi venivano dalla concimazione e da precisi interventi dettati dalle diverse situazioni ambientali.

Fin dall'Ottocento era stata definita «zona agraria» un'area territoriale caratterizzata da analoghe condizioni ecologiche e da uniforme fisionomia agraria, fondiaria ed economica. Verso la metà del XX secolo l'Agricoltura italiana presentava in ogni zona profili produttivi nettamente differenziati. Nelle aree più fertili il panorama agricolo era dominato da unità coltivatrici a netta fisionomia poderale mentre nelle aree più povere si estendeva il latifondo.

A. Oliva verso la metà del secolo scorso (1948) scriveva che in relazione alle svariate diversità ecologiche gli schemi agronomici trovavano differenti applicazioni nell'azienda agraria che, per questo, assumeva particolare fisionomia e richiedeva particolare adattamento agli schemi stessi.

In ogni ambiente la tecnica colturale seguiva norme precise. Gli ordinamenti colturali erano rigidi ed applicavano con scrupolo gli schemi che derivavano dalle lezioni dettate, dopo i primi studi di S. Mannozi Torini, da C. Ridolfi e C. Cattaneo. Il tradizionale maggese ed il rinnovo, valorizzato dall'introduzione delle colture industriali, rimanevano strumento principe per restituire al terreno quella fertilità fisica che nel secondo e terzo quarto del XX secolo troverà nei lavori di J. Russell, S. Hénin, E. Alinari e M. Gasparini la più completa giustificazione.

Nella lavorazione del terreno la trazione animale, ancora largamente diffusa, imponeva grande attenzione e tempestività e richiedeva precisi limiti nella lunghezza del tratto lavorato. Ciò definiva la stessa lunghezza del campo che, delimitato dagli organi di emungimento delle acque superficiali e profonde, assumeva, secondo la posizione geografica, la natura del terreno e le condizioni climatiche, disegno conforme a precisi schemi sistematori.

La vanga costituiva ancora l'attrezzo fondamentale della lavorazione del terreno, specie per certi impieghi (filari, orti, ecc), tanto che aveva simbolicamente acquistato la «*punta d'oro*», e la zappa rappresentava l'arnese tuttofare col quale si potevano preparare i letti di semina, regolare le acque superficiali scavando solchetti, raccogliere le patate, ecc.

La sarchiatura, che impegnava giornate di lavoro manuale, non rappresentava solo un mezzo di lotta contro le piante infestanti e uno strumento di controllo dell'evapotraspirazione ma, come dimostravano M. Krause, L.E. Call e M.C. Sewell, Dönhoff ed altri, un ottimo mezzo per favorire la nitrificazione ed accrescere di qualche quintale anche le modeste produzioni dei cereali.

Molte operazioni colturali si facevano ancora a mano. I foraggi venivano raccolti con la falce fienaja o con la falciatrice, rivoltati e raccolti con le forche o con ranghinatori trainati da animali e quindi portati al centro aziendale per essere immagazzinati nel fienile o accuratamente disposti attorno ad uno stilo in modo da formare il cosiddetto pagliaio. In molti casi, specie nelle aree più fertili, si era preso a depositarli, con differenti tecniche ed applicando differenti sistemi, nel silo. Tra questi sistemi ricorderemo quello Cremasco studiato da Samarani che assicurava una corretta conservazione grazie ad una riduzione dell'umidità del foraggio, il sistema dell'erba-silo che realizzava un'acidificazione naturale con insilamento a freddo, il sistema Giglioli-Virtanen che prevedeva l'acidificazione artificiale della massa foraggera, ecc. Il frumento, raccolto in mannelli con la falce o con la mietilega, era accumulato in piccole biche sul campo e quindi portato sull'aia dove veniva allestita una grande barca per procedere alla trebbiatura con macchine a postazione fissa.

Le coltivazioni, meno che nelle aree della collina argillosa o ad agricoltura estensiva, erano promiscue. Il filare di piante arboree, parte integrante del disegno sistematorio, era di solito assistito dalla fogna che rappresentava un prezioso strumento di regimazione delle acque profonde. Lungo i campi la vite era quasi sempre maritata a sostegni vivi, come l'acero, sostegni che in molti casi rappresentavano anche fonte di legna da ardere. Il vigneto specializzato era limitato a piccole superfici. Era sempre dotato di un sistema fognante e le piante, di solito sostenute da pali di castagno e fili di ferro, erano collocate a distanze piuttosto ravvicinate, molto spesso a 80 cm - 1 m sulla fila e 1 metro e 50 cm tra le file. L'olivo del quale era già ben acquisita la tecnica di moltiplicazione, veniva impiantato nelle aree specializzate settentrionali con una densità di 150-160 piante/ha e di 50-60 in quelle meridionali. Il suo allevamento (sistemi Roventini e Tonini) mirava alla formazione di un vaso composto da elementi «*branca-chioma*» di forma conica o piramidale opportunamente distanziati e provvisti di una snella terminazione capace di esercitare la «*funzione di cima*». Nelle aree collinari il podere era spesso dotato di piccole superfici boschive che fornivano legna da ardere, pali per la vigna, castagne e molte volte pascolo per qualche ovino o maiale.

Il problema della fillossera sembrava ormai superato. Ricorderemo che questo pericoloso parassita aveva fatto la sua prima comparsa in Europa nei pressi di Londra nel 1863 ed era stato segnalato per la prima volta in Italia a Valmandina (Como) e ad Agrate (Milano) nel 1879. Alla fine dell'Ottocento si stava ormai diffondendo su tutto il territorio in modo preoccupante e nel 1925 si riteneva che 1/4 del patrimonio viticolo italiano fosse stato distrutto. Il reimpianto dei vigneti con barbatelle innestate su portainnesti derivati da specie di origine americana (*Vitis riparia*, *V. rupestris*, *V. Berlandieri*) come i Paulsen, Ruggeri, Pirovano, ecc. aveva consentito di arginare questa grave minaccia.

Ogni piccola unità coltivatrice, per coprire il suo fabbisogno di lavoro e per realizzare un certo reddito faceva assegnamento su un piccolo allevamento di bovini a duplice o triplice attitudine. Questo allevamento rappresentava anche la fonte indispensabile e insostituibile del principale strumento di restituzione della fertilità biologica, fisica e chimica al terreno. Il letame infatti non poteva essere considerato un sottoprodotto ma bensì un fondamentale mezzo di produzione che richiedeva attente cure nel processo di maturazione e nella conservazione.

L'agricoltore d'altra parte era ormai convinto dell'utilità di integrare la concimazione organica con quella minerale ed in Italia operavano già da anni grandi impianti per la produzione dei concimi. Le prime fabbriche di perfosfato erano state aperte nell'ultimo quarto del XIX secolo, le scorie Thomas si importavano dalla Germania, nel 1923 in seguito agli studi di G. Fauser e L. Casale era stata inaugurata dalla Montecatini a Novara la prima grande fabbrica di azotati ed in seguito ai lavori di Frank di Charlottenborg era stato possibile avviare anche da noi la produzione della calciocianamide con l'apertura di tre stabilimenti: a Terni, a Pian d'Orte e a S. Marcel.

Ricorderemo che a quei tempi grazie ai lavori di M. Berthelot (1884), di M.W. Beijerinck (1888) e di H. Hellriegel e H. Wilfart (1891) erano già noti i meccanismi dell'azotofissazione simbiotica e che in seguito a quelli di S. Winogradsky e W. Omeliansky (1899) era chiara l'importanza dei processi di nitrificazione nel terreno. Comunque i criteri sui quali si basava l'intervento fertilizzante erano quelli espressi dalla legge del minimo di J. Liebig, dalle prove di lunga durata di Rothamsted e di Grignon e dai principi e le tecniche di analisi di E.A. Mitcherlich e Neubauer perché era ben chiaro che la resa non poteva essere proporzionale alle dosi distribuite ma doveva tener conto della disponibilità degli elementi nutritivi nel terreno. La ricerca, ad ogni modo, aveva già fatto sensibili progressi anche nel settore delle proprietà

fisiche e fisico-chimiche del terreno. S.B. Hendricks e W.H. Fray (1930) avevano dimostrato la natura cristallina dei minerali argillosi, A. De Dominicis (1914) e K.K. Gedroiz (1925) avevano fatto ampie panoramiche sul potere assorbente, O. Bottini (1934) aveva trovato che il potassio contenuto nei tessuti vegetali derivava da processi di scambio e O.T. Rotini (1935) aveva dimostrato la presenza dell'ureasi nel terreno.

Anche la tecnica di distribuzione dei concimi si poteva valere d'importanti innovazioni. Per i cereali autunno-vernini D. Gibertini, cattedratico di Brescia, preceduto solo dal valdarnese G. Pasquinucci, aveva insegnato, con risultati positivi, a distribuire una frazione degli azotati in copertura nel periodo invernale. A. Oliva, grazie ad appropriate tecniche colturali ed alla costituzione di una varietà adatta (l'Est Mottin 72) aveva conquistato alla coltura del frumento una fascia di terreni altocollinari e montani la cui fertilità poteva essere assicurata dal prato da vicenda del quale M. Gasparini aveva studiato le tecniche d'impianto.

Ricorderemo infine che la ricerca, in seguito ai lavori di K. Pearson, di W.S. Gosset che si firmò Student in un celebre studio pubblicato su *Biometrika* (1908), di W.P. Elderton che presentò le prime tavole del χ^2 , di R.A. Fisher che consentì di valutare in termini di probabilità le deviazioni delle frequenze osservate dalle teoriche e di tanti altri, si poteva valere da ora in poi di uno strumento perfezionato per apprezzare i suoi risultati: l'indagine statistica

Questi erano gli aspetti salienti della gestione del suolo al passaggio della seconda guerra mondiale. In seguito l'agricoltura italiana sarebbe stata coinvolta in un processo evolutivo a ritmi sempre più accelerati, sollecitati dall'applicazione di innovazioni tecniche e dall'acquisizione di punti di riferimento legati alla politica comunitaria, processo che profondamente ne ha modificato la struttura e la fisionomia.

L'EVOLUZIONE AGRICOLA NEL DOPOGUERRA

Le coltivazioni e i fattori politici, economici e sociali

Le devastanti conseguenze degli eventi bellici sul tessuto agricolo italiano imposero, tanto sulle strutture quanto sugli aspetti organizzativi, gravosi interventi che gli agricoltori italiani seppero affrontare con apprezzabile impegno. La gestione dell'azienda e, di conseguenza, la scelta delle colture e l'impiego dei mezzi tecnici di produzione, fortemente legati a provvedi-

menti di politica agricola ed al crescente peso del settore industriale e del settore terziario che assorbivano una consistente frazione della popolazione attiva, richiesero cospicue trasformazioni fondiari. Per comprendere i meccanismi che hanno guidato tali trasformazioni è pertanto necessario un esame sommario degli eventi politici, sociali ed economici che hanno giocato un ruolo determinante sull'evoluzione del processo produttivo (TAB. 2).

Il decennio successivo all'evento bellico fu dedicato alla riorganizzazione della produzione sia attraverso l'erogazione di consistenti incentivi, come i fondi di rotazione, sia mediante la promulgazione di dispositivi legislativi tesi a soddisfare equilibri politici e rivendicazioni sociali come furono l'imponibile di mano d'opera, la legge sulle terre incolte, sull'affitto e sulla mezzadria e la riforma fondiaria. Il modello sul quale si basava ogni intervento era rappresentato dall'azienda familiare e ad esso fecero ancora riferimento i due «*Piani verdi*» del 1961 e del 1966, nonché e la proroga del secondo che interessò la fine degli anni '70. Grazie a questi incentivi il sistema produttivo ebbe una sensibile ripresa. Durante questo periodo anche tutta l'economia nazionale ebbe una consistente espansione tanto che una rilevante fetta di forze di lavoro agricolo passò ad altre attività. Non mancarono, a cavallo tra gli anni '60 e '70 problemi di carattere sociale ed economico come i moti studenteschi ed una crisi petrolifera che ebbe notevoli ripercussioni in tutti i paesi più industrializzati. Ma il processo evolutivo era in atto e non poteva essere arrestato.

La regionalizzazione, che prese avvio con i decreti e le leggi del 1972, del 1975 e del 1977, consentì di sviluppare nuove idee sulla programmazione e sui temi di politica agraria, ma con essa nacquero anche problemi sui rapporti Stato-Regione, soprattutto per quanto riguardava la separazione delle funzioni di coordinamento.

La legge «*Quadrifoglio*» che fu promulgata nel dicembre 1977, nonostante i suoi propositi settoriali, fu in realtà uno strumento d'intervento a favore di attività convenzionali ma nella sua seconda edizione (1986-1990) ebbe il merito, oltre a quello di rinnovare gli strumenti di intervento, anche quello di chiarire i rapporti tra le funzioni regionali e le funzioni di coordinamento dell'Amministrazione centrale (lista delle varietà, repressione frodi, ecc.).

Intanto, a seguito del celebre trattato CEE firmato dai rappresentanti di sei paesi europei in Campidoglio nel 1957, si schiudevano le prospettive ad una apertura dei mercati (MEC) e ad un progressivo adeguamento dei sistemi organizzativi di ciascun paese ad una politica agraria comunitaria (PAC) che con i suoi meccanismi di scambio e di sostegno poteva incidere in modo sempre più efficace sulla struttura produttiva dei diversi paesi.

Nell'ultimo quarto di secolo il volume della produzione comunitaria ha continuato a crescere: tra il 1973 ed il 1988 tale incremento è stato stimato, per la Comunità come per l'Italia, attorno al 2% l'anno. Si sono allora affacciati problemi eccedentari. La Commissione delle Comunità Europee e dei Governi Nazionali, per ovviare a questi e dare sostegno, per sollecitare le attività socio economiche e per tutelare spazi rurali e ambientali ritenne opportuno assegnare sussidi così rilevanti che il settore agricolo è arrivato ad assorbire più dei 2/3 del bilancio comunitario. Ciò nonostante il divario tra Nord e Sud non è stato colmato e non è stato possibile accrescere il reddito degli agricoltori più poveri o a superficie aziendale limitata.

I punti sui quali la Comunità ha posto maggiore attenzione riguardavano la riduzione degli interventi di supporto ai prezzi dei prodotti agricoli, l'uso alternativo dei terreni, l'aumento delle superfici a coltura estensiva, l'incremento delle coltivazioni di specie non alimentari. La politica agraria europea, così, ha progressivamente condizionato lo sviluppo agricolo nazionale. Il recepimento di regolamenti e direttive comunitarie come la ristrutturazione di certi settori (il saccarifero, ad esempio), le integrazioni di prezzo su certe produzioni, l'istituzione del *set-aside*, ecc. sono stati strumenti che hanno consentito il graduale consolidarsi della prassi comunitaria. Ciò ha determinato sensibili modifiche nei rapporti e nei compiti istituzionali dei vari organismi amministrativi. Il Ministero dell'Agricoltura, ad esempio ha ridotto il peso delle sue iniziative nei confronti delle Regioni ma ha visto crescere le sue responsabilità nei riguardi della difesa degli interessi degli agricoltori ed il consolidarsi dei rapporti con le organizzazioni di mercato.

Se i primi interventi della Comunità miravano all'ammodernamento delle singole aziende agrarie attorno agli anni '90, facendo leva sui programmi integrati e sui fondi strutturali, hanno avuto per obiettivo programmi più complessi e lunghi, tesi ad un miglior coordinamento di mezzi ed allo sviluppo di interi territori rurali. Il pacchetto denominato «*Agenda 2000*», approvato dal Consiglio nel luglio 1997 a Berlino, contiene proposte legislative riguardanti la promozione dello sviluppo economico (tutelando la qualità della vita e la protezione dell'ambiente), l'aumento delle disponibilità di prodotti alimentari di buona qualità a prezzi competitivi (salvaguardando redditi ragionevoli per l'agricoltore), la riduzione delle differenze tra regione e regione in termini di ricchezza e prospettive economiche (concentrando maggiormente i fondi strutturali nelle aree e nelle regioni che hanno maggiori bisogni) e il rispetto delle priorità (applicando un quadro finanziario rigoroso).

Tutti questi fatti di natura economica e politica hanno avuto un peso decisivo sulle iniziative degli agricoltori, sia per quanto riguarda gli interventi strutturali che hanno modificato la fisionomia agricola del Paese, sia per ciò che concerne l'applicazione di vecchi e nuovi mezzi tecnici che hanno modificato coltivazioni e tecnica colturale, in una parola sono stati fattore determinante nelle scelte di gestione aziendale.

Sollecitazioni e meccanismi della trasformazione

Gli incentivi erogati per la riorganizzazione della produzione erano stati di stimolo all'applicazione di mezzi tecnici più avanzati. Le trattrici, chiara derivazione dell'idea di Pietro Ceresa Costa di Piacenza che faceva avanzare una locomobile per lavorare il campo (1879), negli anni 1900-1920 furono accuratamente studiate e perfezionate e, dopo le prime esperienze del periodo prebellico si erano preparate nell'immediato dopoguerra alla loro grande diffusione.

Il processo di meccanizzazione che caratterizzò i primi lustri successivi all'evento bellico ha imposto un continuo e progressivo adattamento delle tecniche produttive, ha richiesto l'impiego di mano d'opera sempre più qualificata ed ha stimolato l'introduzione di regolari rilevamenti contabili e moderne tecniche di controllo gestionale.

Tra il 1948 ed il 1960 il numero delle trattrici era più che quadruplicato, era aumentata la loro potenza ed erano state introdotte macchine capaci di eseguire grandi movimenti di terra. La sollecitazione allo sviluppo della meccanizzazione veniva anche da pressanti problemi economici che imponevano drastiche riduzioni di mano d'opera. I limiti che stabiliva la trazione animale nella lavorazione dei terreni e quelli che poneva l'esecuzione manuale per la concimazione e i trattamenti erano ormai superati ed era possibile applicare nuovi criteri operativi. La potenza del mezzo meccanico consentiva ora il modellamento delle superfici e l'approfondimento delle lavorazioni, non fissava limiti alla lunghezza del tratto lavorato e permetteva l'impiego di nuove e perfezionate macchine operatrici (scavafossi, motozappe, sarchiatrici, mietitrebbie, scavatuberi, ecc.). La coltura promiscua era divenuta un impedimento ai movimenti delle macchine, i campi erano troppo stretti e soprattutto troppo corti, le eccessive pendenze, i fossi e i fossetti ed i muri dei terrazzi erano divenuti ostacoli da evitare. Le vecchie sistemazioni che A. Oliva nel suo magistrale lavoro aveva dettagliatamente descritto avevano

perduto il loro significato e dovevano subire sostanziali modifiche. Nelle aree di pianura il problema poteva esser risolto unendo più campi per formare un unico appezzamento, eliminando i filari che erano disposti sui bordi dei campi e concentrando la coltura arborea in appezzamenti specializzati come si è fatto ad esempio per la piantata con l'allevamento della vite a raggera. Per la collina il problema venne affrontato dall'Accademia dei Georgofili negli anni '50. Grazie ad un gruppo di studiosi e tecnici guidati da M. Gasparini, P.L. Pini e M. Periccioli per l'agronomia, M. Tofani per l'economia, G. Vitali per la meccanizzazione e N. Breviglieri per l'arboricoltura, vennero tracciate le direttive per una moderna tecnica sistematoria, nonostante le difficoltà sollevate dalla continua evoluzione degli ordinamenti colturali, degli allevamenti e dei progressi del mezzo meccanico. Vennero infatti avanzate importanti proposte: la ripartizione delle colture arboree e delle erbacee in appezzamenti separati e disposti a scacchiera o a fasce nelle aree più vocate, il modellamento delle pendici per favorire i lavori e il transito dei mezzi meccanici (con pendenze non superiori al 25%) ed un nuovo sistema di emungimento delle acque a larga maglia (la *fossa livellare*) con campi delimitati da acquidocci e fosse o strade livellari.

In collina, così, i campi destinati a colture erbacee raggiunsero i due ettari e consentirono di lavorare contemporaneamente due o più appezzamenti vicini. Quelli di pianura poterono raggiungere dimensioni maggiori. Studi degli anni '60 suggerirono dimensioni ottimali di 5 ha e, in base a controlli sui tempi accessori, l'adozione di una forma rettangolare con rapporto tra i lati paria 1:5. Il panorama delle nostre campagne assunse perciò un aspetto completamente diverso. Al trinato della coltura promiscua si sostituì allora ora un vestito cucito con grandi fazzoletti di erbacee, di arboree e di incolti (FIG. 1).

Sistemazioni e lavorazioni ponevano anche problemi di sanità fisica dei terreni. I lavori di M. Gasparini e E. Alinari (1949, 1951) che avevano proposto un condizionatore di struttura a base di sali ferrici (Flotal), affrontavano in realtà il tema dei movimenti dell'acqua nel terreno ed oggi possono esser considerati parte di quel vasto settore di studi, in piena evoluzione, sui rapporti acqua-terreno che ha avuto importanti riflessi sulla regimazione idrica e la difesa del suolo. Ricorderemo a questo proposito le ricerche sulla frequenza ed aggressività delle precipitazioni E.J. Gumbel (1954), V.T. Chow (1951 e 1954), e quelle sui deflussi e l'erosione P.Z. Kirpick (1940), W.H. Wishmeier (1958, 1960 e 1976), D.D. Smith (1941), che portarono a perfezionate tecniche colturali antierosive, (*conservation tillage, contour ridge, inerbimento*, ecc.)

Lo studio dei movimenti dell'acqua nel terreno e la necessità di rendere sano un adeguato materasso di terra per le colture più pregiate ha stimolato, a partire dagli anni '40 l'istallazione di reti drenanti, non più intese come mezzo di risanamento di terre a falda alta ma come strumento di regimazione in terre di piano e di collina capace di rendere sane e meccanizzabili terre vocate a coltivazioni di pregio. Negli anni '50 comparvero le prime posadreni e negli anni '60 i primi tubi in PVC lisci o corrugati e flessibili. Intanto alcuni studiosi si cimentavano sul problema, come M. Poirée e C. Ollier (1965), R. Eggelsmann (1973), e Hooghoudt e Ernst studiavano formule adatte al dimensionamento dell'impianto. Negli anni '80 le posadreni si perfezionarono; vennero dotate di strumenti laser per la regolazione della profondità e divennero capaci di stendere 1000-3000 m h⁻¹ di tubazione. Da alcuni anni in molte aree dove i terreni sono ben livellati, il suolo è permeabile e l'impianto è ben controllato vengono ormai applicate tecniche di subirrigazione freatica innalzando il livello dell'acqua nei collettori, secondo gli studi di G. Guidoboni e P. Mannini.

La meccanizzazione ha dunque consentito di limitare l'impegno dell'agricoltore nella gestione aziendale riducendo i tempi delle operazioni colturali, decretando il declino dell'allevamento bovino nella piccola unità coltivatrice e di conseguenza modificando l'ordinamento colturale. Questo infatti è divenuto più semplice se non addirittura, come è accaduto per il mais, una monosuccessione. Per questi fatti e per lo sviluppo del settore industriale e del terziario si è assistito ad un progressivo esodo dalle campagne. Già negli anni '60 la popolazione attiva in agricoltura aveva perduto, rispetto agli anni precedenti la guerra, due milioni e mezzo di addetti passando dal 48,43 al 29,66% dell'attiva totale. L'agricoltore non produceva più per il suo sostentamento ma gradualmente diventava un imprenditore che produceva per i grandi mercati e che si approvvigionava per il fabbisogno familiare dal commercio locale. Negli anni successivi il fenomeno dell'esodo si è accentuato, tanto che nell'anno 2000 gli addetti in agricoltura sono scesi al 5,7% della popolazione attiva totale (TAB. 1). Tale processo, sollecitato dagli interventi comunitari, dall'apertura dei mercati, dalle organizzazioni dei produttori, ecc. ha determinato un abbandono delle terre più povere e più difficili come quelle alto-collinari e montane a reddito marginale e, come risulta chiaramente dalle statistiche che mostrano una contrazione della superficie a seminativo, un'estensione del bosco e degli incolti, ha provocato una diminuzione del numero delle aziende, un aumento della loro superficie media ed anche il ripetersi dei fenomeni di dissesto.

Il confronto tra le ore-operaio richieste dalle operazioni colturali alla fine del secondo conflitto mondiale e quelle necessarie per le stesse operazioni nell'ultimo decennio dà la sensazione di ciò che ha voluto dire «meccanizzazione». Se per coltivare 1 ha di frumento occorre negli anni '40 circa 300-400 ore, oggi sono sufficienti 7-11 ore. Nello stesso periodo il fabbisogno di mano d'opera per 1 ha di mais è calato da 700-800 ore a 10-15 ore (TAB. 3).

La meccanizzazione, abbiamo detto, ha facilitato l'approfondimento delle lavorazioni. Se con la trazione animale erano considerati profonde le arature che superavano i 25 cm già negli anni '50-'60 venivano considerate tali quelle che superavano i 40 (G. Stefanelli, F. Bonciarelli). Anche la tecnica di lavorazione è stata modificata. Mentre una volta si richiedeva il rovesciamento totale della fetta per l'idea di portare in superficie il terreno riposato e perché si dovevano interrare infestanti e grandi quantità di letame, dagli anni '50 si è preferito rovesciare solo lo strato superiore per non modificare il profilo di fertilità, diluire anche le riserve di sostanza organica e soprattutto per non favorire, nelle terre declivi, il ruscellamento. La larghezza della fetta rispetto alla profondità, è passata insomma da 1,4:1 a 1:1. In varie occasioni l'approfondimento è stato considerato utile (R. Baldoni e G. Candura, S. Foti) ma attorno agli anni '60 sono sorte alcune perplessità sulla convenienza di superare certi limiti. In quegli anni si verificò una crisi petrolifera e vennero diffusi due prodotti disseccanti che invogliarono la semina sul sodo (*sod seeding*). I risultati non furono incoraggianti perché nei seminati presero sopravvento le infestanti vivaci, diminuì la sostanza organica e peggiorarono le condizioni strutturali. Il problema fu nuovamente affrontato negli anni '70 quando si affacciò una nuova crisi. Venne allora proposto un erbicida totale, il glyphosate, e la non lavorazione (*zero tillage*) tecnica che consentiva, oltre ad un sensibile risparmio energetico (M.B. Green e A. McCulloch), la difesa del suolo (H.P. Allen). In molti casi per superare problemi pedologici o ambientali vennero adottate tecniche di lavorazione ridotta (*minimum tillage*). Negli anni '80 fu introdotta la *lavorazione a due strati* (in realtà un *minimum tillage*) che incontrò il favore di molti agricoltori perché, pur permettendo un certo risparmio energetico, consentiva di raggiungere con organi discissori 40-60 cm di profondità. La complessità delle problematiche riguardanti le tecniche di lavorazione del terreno spinse la Società Italiana di Agronomia ad affrontare il tema nel convegno tenuto a Viterbo nell'anno 1985. Oggi, comunque, possiamo affermare che l'agricoltore raggiunge il successo quando può disporre di quelle conoscenze sulle caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche dei suoi terreni che gli consentono di definire profondità di lavorazione e strumenti da impiegare.

Nuovi orientamenti nella scelta delle colture

Il successo delle nuove tecniche di gestione aziendale non è solo da ricercare nella meccanizzazione ma anche nel progresso del miglioramento genetico, nella concimazione, nel perfezionamento delle tecniche di difesa ed anche nella riorganizzazione dei mercati, nello sviluppo della rete stradale, nei trasporti, ecc., tutti fattori che rendono più flessibile il sistema e adatto a recepire di volta in volta orientamenti e incentivi nazionali e comunitari.

La cerealicoltura aveva già fatto notevoli passi ma nell'immediato dopoguerra molti costitutori misero a disposizione varietà ancor più produttive e resistenti (Mara, S. Pastore, Funo, ecc). Il miglioramento genetico offrì in seguito ulteriori prodotti, sia ottenuti con la tecnica tradizionale (M. Bonvicini, A. Dionigi, G. Jacometti, M. Michahelles, ecc.), sia con l'incrocio interspecifico (R. Forlani). Attorno agli anni '70 aumentò l'interesse per il grano duro che, relegato al sud, prese a migrare nelle regioni più settentrionali, soprattutto per merito di nuove varietà più produttive e capaci di sopportare alti livelli di concimazione azotata come quelle ottenute per incrocio interspecifico da C. Maliani e da B. Rusmini o come il Cresco ottenuto da A. Bozzini. Un ibrido intergenerico, l'anfidiploide *Triticale*, per le sue doti di produttività e rusticità trovò negli anni '70 tanta diffusione da suscitare, nel 1979, la proposta di istituire un'apposita voce nel registro delle varietà.

Anche la tecnica colturale si adeguava ai tempi. L'accresciuta fertilità dei terreni, le concimazioni, la profondità della lavorazione permettevano di aumentare le dosi di seme per ettaro. La diffusione della seminatrice meccanica aveva dapprima suggerito la semina a file binate in modo da facilitare la sarchiatura ma da quando tale operazione era divenuta economicamente improponibile si prese a seminare su file molto ravvicinate o addirittura a spaglio contribuendo, indipendentemente dall'impiego dell'erbicida, ad una lotta indiretta contro le infestanti.

La coltivazione del frumento tenero, soprattutto per le eccedenze della produzione europea ed i mercati, è divenuta sempre meno remunerativa e, nonostante le accurate tecniche colturali e l'introduzione di varietà migliorate anche qualitativamente, le superfici coltivate si sono ridotte progressivamente. La coltivazione del duro invece, in gran parte per merito degli incentivi, è cresciuta raggiungendo la massima espansione negli anni '80 ed ha mantenuto poi la sua estensione con sensibili aumenti della produzione unitaria (TAB. 4).

A proposito di produzioni alimentari è opportuno collegare le vicende della cerealicoltura italiana con quanto accadeva nel mondo. Come è avve-

nuto per il Marquis, costituito da Sir Charles Saunders e distribuito in Canada nel 1900 e come è accaduto per l'Ardito e le altre varietà Strampelli lanciate a partire dall'anno 1927, è stato possibile, attorno agli anni 1950-1960, assistere ad un altro prodigioso progresso di certe produzioni. Nel 1943 la Rockfeller Foundation avviò un programma di collaborazione con il Messico, dove la produzione del frumento era inferiore alla produzione media mondiale, per intraprendere un progetto di miglioramento della coltura. Nel 1956 le produzioni erano raddoppiate, e ciò per merito della sostituzione delle popolazioni primaverili locali con varietà autunnali migliorate, per l'impiego di fertilizzanti e per il ricorso all'irrigazione. Nel 1965 le varietà messicane avevano guadagnato fama internazionale. Quello del Messico fu un esempio stimolante. La stessa Rockfeller Foundation nel 1962 fondò a Los Baños, nelle Filippine, un Istituto Internazionale di Ricerche sul Riso dove fu allestita anche una grande banca di germoplasma. Tra le prime costituzioni prodotte dall'Istituto è bene ricordare la linea IR-8 che fu capace di raggiungere produzioni doppie rispetto a quelle di tutte le popolazioni asiatiche locali. L'applicazione di migliori tecniche colturali e di nuove varietà ha risolto in molti paesi del mondo problemi di deficit alimentare, se non di fame. Si è parlato allora di «*Rivoluzione verde*». A riconoscimento dell'interesse mondiale per il valore umano e sociale di queste conquiste nel 1970 venne assegnato a Norman Ernst Borlaug, direttore dell'International Maize and Wheat Improvement Center messicano, il premio Nobel per la pace.

I mais ibridi, la più vistosa conquista del miglioramento genetico, avevano fatto la prima apparizione in pieno campo nel 1921 in Connecticut con l'ibrido Burr e nel 1924 in Iowa con il Copper Cross. Vennero diffusi in Italia nell'immediato dopoguerra e furono capaci di accrescere la produzione da 22 a 37 milioni di q dal 1948 al 1958. Il beneficio realizzato nel 1958 grazie al solo miglioramento genetico fu stimato attorno a 8,5 milioni di q per anno.

Gli ibridi di mais imponevano nuovi accorgimenti di tecnica colturale: il numero di piante per m² non doveva superare le 6-7, la distanza tra le file doveva essere commisurata a quella della testata della mietitrebbia e la concimazione doveva sopperire alla capacità produttiva della pianta. Anche la tecnica di semina fu modificata: il costo del seme e della mano d'opera non consentivano più di procedere alla semina su postarella e al successivo diradamento manuale; si passò quindi alla semina su fila ed al diradamento con zappa o meccanico e poi, quando furono disponibili, all'impiego delle seminatrici di precisione. Inoltre in conseguenza delle esigenze idriche della pianta, specialmente quelle del periodo che sta a cavallo della fioritura, si verificò

per questa specie l'abbandono delle aree collinari per una intensificazione di quelle irrigue di pianura (TAB. 5).

Negli anni '50-'60 il miglioramento genetico aveva consentito di estendere o migliorare la coltura di altre specie. I costitutori avevano ad esempio studiato il modo di ottenere piante poliploidi per migliorare alcune foraggere, la segale, ortaggi e soprattutto la barbabietola da zucchero. Dalla Germania veniva infatti il seme della Kleinwanzleben Polybeta, dalla Svezia la Hillesog K Poly, dalla Danimarca la Maribo P, ecc. Ma la barbabietola con i suoi glomeruli poligermi richiedeva molta mano d'opera per il diradamento dei seminati per cui negli anni '40 si pensò di segmentare il seme e di confettarlo (monogerme meccanico). Per fortuna nel 1950 V.F. Savitsky trovò piante con glomeruli monogerme e così nel 1967 fu possibile seminare del monogerme genetico che, specie se confettato, rendeva possibile l'impiego della sminatrice di precisione. Altra notevole conquista del miglioramento fu la scoperta dell'androsterilità genetico-citoplasmatica che consentiva di produrre ibridi anche da piante allogame. H.A. Jones e A.E. Clarke (1925) l'avevano per primi scoperta nella cipolla Italian Red (o Violetta di Tropea) ma risultava presente in molte altre specie: J.C. Stephens (1937) l'aveva trovata nel sorgo, F.V. Owen (1945) nella barbabietola, Larson nel pomodoro, ecc. I sorgi ibridi, che si ottengono con l'androsterilità e con i quali è possibile realizzare produzioni simili a quelle del mais, si diffusero attorno agli anni '60 ed ebbero un certo successo in alcune regioni italiane perché capaci di sopportare deficit idrici.

La meccanizzazione, il miglioramento genetico e nuove disponibilità di mezzi di produzione hanno sensibilmente modificato la tecnica colturale di numerose specie. Nell'Italia settentrionale e nelle Marche già prima degli anni '60 fu avviata la produzione, completamente meccanizzata, di certe specie ortive destinate all'industria, come il fagiolino ed il pisello. Attorno agli anni '80 la superficie occupata da quest'ultima specie si era stabilizzata sui 10-12.000 ha con una produzione di 55.000 t delle quali il 60% era impiegato per la surgelazione e il 40% per l'inscatolamento. Sempre prima degli anni '60 il pomodoro, anche quello destinato all'industria, veniva allevato su adatti sostegni (canne o filo); poi, modificando le tecniche di impianto, venne coltivato a terra ed in seguito vennero introdotte le macchine per la sua raccolta. Ciò contribuì ad accrescere la superficie coltivata e le produzioni.

Alla diffusione delle coltivazioni ortive industriali ha fatto riscontro, specie nelle aree meridionali, la coltivazione di ortaggi per il prodotto fresco. Il suo sviluppo è stato favorito dall'estendersi dell'irrigazione ed in gran parte dal-

l'evoluzione delle macchine operatrici (seminatrici di precisione, trapiantatrici, raccogliatrici, ecc.), dall'adattamento delle nuove costituzioni, dalle tecniche di confezionamento e dalla disponibilità di efficienti mezzi di trasporto.

La diffusione del mezzo meccanico, nel dare nuovo assetto alle aree coltivate, è divenuta anche lo strumento per promuovere preziose esperienze nel settore delle specie arboree. La specializzazione colturale ha infatti sollecitato studi sulla biologia, sulle forme di allevamento, sulla tecnica e tempestività degli interventi, sulla difesa e sui metodi di raccolta. Dagli anni '60 vennero fatti grandi progressi in ogni settore. Furono studiate ad esempio le forme di allevamento dell'olivo: dalla palmetta si passò alla chioma policonica che avrebbe facilitato l'impiego della scuoti-raccogliatrice come quella realizzata da M. Periccioli nel 1962, fino a quella dell'olivo frangivento o a quelle molto ravvicinate adatte ai sistemi di microirrigazione.

Il Salone Internazionale della Tecnica di Torino del settembre 1966 segnò i primi passi della meccanizzazione degli impianti arborei specializzati. Nella seconda metà degli anni '70 vennero avviate prove sulla raccolta meccanica dell'uva e nel giugno del 1978 si tenne presso l'Accademia dei Georgofili un convegno nazionale sulla vendemmia meccanica in Italia. I problemi da affrontare riguardavano la coltura (a tendone, a filare), il tipo di scuotimento (verticale, orizzontale), la sicurezza del lavoro, la qualità del prodotto, la forma di allevamento e la potatura. La raccolta meccanica dell'uva è oggi una realtà e costituisce un intervento tecnico che interessa le grandi aziende produttrici. L'agricoltore, ad ogni modo, è chiamato oggi a mettere in atto quelle norme di tecnica colturale che gli consentono di ottenere un prodotto di qualità da collocare sui sempre più esigenti mercati.

La frutticoltura è un settore che negli ultimi decenni, forse per un accresciuto potere di acquisto o per la crescente domanda di una dieta ricca ed equilibrata, ha assunto un grande sviluppo. L'Italia riveste un ruolo di primo piano nel rifornimento dei mercati europei e quindi è logico l'impegno nella ricerca di produzioni destinate alla grande distribuzione più che a prodotti di nicchia. A partire dagli anni '60 la *frutticoltura industriale* si è orientata su impianti fitti, nuove varietà più produttive con frutti grandi e colorati, concimazione spinta, irrigazione automatizzata, ripetuti trattamenti contro le fitopatie e diserbo chimico, così da ottenere un prodotto, abbondante, attraente e tale da ridurre al minimo le perdite commerciali. Negli ultimi anni gli impianti industriali stanno cambiando faccia: nuove forme di allevamento data una diversa concezione dell'utilizzazione dello spazio, uso di portinnesti più adatti alle condizioni ambientali ed alla tec-

nica colturale, corretto e razionale uso dell'acqua irrigua, non più trattamenti fitosanitari a calendario ma mirati a specifiche fasi biologiche per ridurne il numero e la tossicità, impiego delle colture di copertura per evitare l'uso di diserbanti chimici, ecc.

Su questo progresso ha giocato un ruolo di primo piano l'introduzione di nuove varietà più appropriate alle tecniche colturali e più rispondenti alle esigenze dei mercati. Dovremo anche ricordare che alla fine degli anni '60 sono stati fatti tentativi per introdurre specie esotiche. Il Kiwi, ad esempio, è stato introdotto in piena coltura attorno agli anni '70 ed oggi è diffuso su circa 20.000 ha con una produzione di 350.000 t (TAB. 6).

Nonostante la grande diffusione di nuove varietà e di aggiornate tecniche colturali in alcune regioni italiane si realizzano prestigiose produzioni tradizionali contrassegnate da un loro mercato e da caratteristiche qualitative che sarebbe un peccato perdere. Il riconoscimento e la valorizzazione di tali produzioni sono resi possibili nell'ambito della UE dal regolamento 2081/92 che istituisce la denominazione di origine protetta (DOP) e le indicazioni geografiche protette (IGP). Per promuovere e valorizzare questi prodotti con incentivi e azioni tese a salvaguardare tipicità e tradizionalità sono stati recentemente adottati interventi a livello comunitario e nazionale.

Dagli anni '70 l'aumento delle produzioni alimentari che ha interessato l'intera Comunità Europea è stato il motivo che ha portato ad incentivare certe produzioni non alimentari (*no food*) come la soia, il colza e il girasole. Esse hanno trovato espansione in alcune aree pedologicamente e climaticamente più adatte dove hanno raggiunto un sviluppo di rilievo. La coltivazione del girasole, ad esempio, occupava 4.000 ha nel 1970 e ben 110.000 appena 15 anni dopo. In rapporto alle esigenze dei mercati ed in seguito ad una intensa attività di ricerca svolta in questi ultimi anni, è probabile che ciò accada per altre specie non alimentari come le coloranti, quelle da energia rinnovabile, ecc. che potrebbero trovare una certa diffusione nell'immediato futuro.

È qui opportuno ricordare che in tutto questo progresso il miglioramento genetico ha indubbiamente avuto un ruolo importante. Oggi l'impiego delle biotecnologie innovative (o avanzate) apre ulteriori orizzonti. L'argomento, che viene trattato in altro capitolo, impone scelte strategiche, non solo sotto l'aspetto etico e genetico ma anche nei riguardi dell'assetto agro-industriale. Il rilascio nell'ambiente di OGM, per i rischi che ne possono derivare, è comunque regolato dalla direttiva comunitaria 220/92 recepita dal Ministero della Sanità col D.L. 92 del 3 marzo 1993.

GLI STRUMENTI DELLA TECNICA COLTURALE

La concimazione

L'impiego di varietà dotate di grandi capacità produttive e di maggiore resistenza all'allettamento ha sollecitato l'impiego di crescenti dosi di fertilizzante. Abbiamo ricordato che nei primi anni del secolo la maggior parte degli agricoltori aveva perfettamente capito ed applicato le leggi del Liebig ed il principio della restituzione, ma ora la distribuzione dei principi fertilizzanti doveva farsi più accurata nelle dosi e nei rapporti tra gli elementi visto che molte ricerche ne avevano chiarito i concetti basilari. I lavori di M. Drake, J. Vengris e W.G. Colby (1951) avevano illustrato l'importanza dello scambio cationico delle radici e quelli di M.V.L. Homès, che nel 1953 formulò una teoria per spiegare l'effetto dell'equilibrio ionico sulla permeabilità del citoplasma, avevano precisato l'influenza esercitata da uno o più elementi sull'assorbimento di un terzo e l'influenza della reazione e della concentrazione degli elementi nutritivi del terreno sulla nutrizione vegetale. Erano stati studiati anche i meccanismi di selezione degli ioni, l'assorbimento del fosforo a mezzo del trasportatore, che era già stato intravisto W.J.V. Osterout nel 1953, il processo di pompaggio ionico nel quale una adeninomonofosfatasi avrebbe un ruolo fondamentale (Hodges) e i principali fenomeni di interazione, come i vistosi fatti di sinergismo azoto-fosforo descritti da D.L. Arnon (1939).

Tra il 1948 ed il 1960 il consumo dei fertilizzanti crebbe in modo incredibile: l'azoto del 298%, l'anidride fosforica del 146% e l'ossido di potassio del 787%. Dalla collaborazione dei produttori di fertilizzanti era nata anche un'attiva società di assistenza tecnica, la SEIFA, o Società per lo Sviluppo dei Consumi dei Fertilizzanti.

Negli anni 1949-50 vennero messi a disposizione degli agricoltori i primi concimi complessi, in seguito chiamati composti (fosfammonio, fosfazoto, ecc.), concimi che incontrarono presto grande favore perché erano granulari e perché consentivano la distribuzione di due (binari) o tre (ternari) elementi con un solo intervento. La loro diffusione aumentò sensibilmente dagli anni 1956-60. Tra gli anni 1960 e 1970 il processo di produzione dell'ammoniaca, grazie alla sostituzione dei compressori alternativi con i centrifughi ed alla produzione di idrogeno per elettrolisi dall'acqua o depurazione dei gas da craking, venne profondamente modificato consentendo l'ampliamento degli impianti e soprattutto una riduzione del costo del kg di azoto (TAB. 2).

In epoca più recente, favoriti dal fatto che certe fisionomie aziendali consentivano solo modesti apporti di sostanza organica e che erano aumentate le conoscenze sul suo ruolo nel terreno, sono comparsi sul mercato italiano i concimi organo-minerali. Di solito si tratta di concimi ottenuti da residui organici di scarto, sottoposti a fermentazione e quindi arricchiti con colture microbiche ed elementi minerali. Altri fertilizzanti dei quali si è spesso parlato in questi ultimi anni per il loro valore intrinseco ma anche per i rischi di carattere ambientale sono rappresentati dai fanghi di depurazione, il cui impiego è regolato dal DL 99/92 ed anche i composti derivati dai residui solidi urbani (RSU) i cui limiti di accettabilità sono stabiliti dai DPR 915/82 e DPR 441/87. Ricorderemo infine che nel 1984 venne promulgata la Legge n° 768 che ha messo ordine in tutto il settore precisando i termini con i quali debbono essere chiamati i diversi prodotti, specificando quali debbono essere considerati elementi principali e secondari della fertilità, quali i titoli, ecc.

Due tipi di fertilizzante, che riteniamo utile descrivere per l'interesse che hanno suscitato e perché rappresentano una diversa forma di intervento, sono i concimi azotati a lento effetto e i concimi fluidi.

- *Concimi azotati a lento effetto.* Gli ioni fosfatici e quelli potassici sono normalmente trattenuti dal potere assorbente del terreno ma l'azoto, specie quello distribuito come nitrato o trasformato in forma nitrica dalla microflora può essere facilmente perduto per dilavamento. L'impiego di varietà capaci di rispondere positivamente alla concimazione ha spinto l'agricoltore all'impiego, soprattutto per certe specie come il mais, di dosi sempre più elevate. Gli interventi tecnicamente possibili sono quelli che vengono effettuati prima della preparazione del letto di semina (presemina), al momento della semina (localizzata) e durante la coltura (di copertura), almeno fintanto che è possibile passare con lo spandiconcime sul campo senza danneggiare la coltivazione. Di conseguenza gran parte dell'azoto distribuito viene perduta e, nonostante i pericoli di inquinamento delle falde, diviene indispensabile accrescere le dosi per assicurare alla coltura la copertura del fabbisogno nel momento più critico, che per il mais, ad esempio, cade in fase di fioritura. Per queste ragioni fin dagli anni 1965-70 gli agronomi hanno volto la loro attenzione su nuovi concimi, gli azotati a lento effetto, capaci di rallentare l'erogazione dell'azoto. Questi concimi, oltre a consentire un risparmio del principio fertilizzante ed una più regolare nutrizione azotata della pianta, consentono anche di limitare la contaminazione delle falde e i rischi dell'eutrofizzazione.

Vennero studiati fertilizzanti caratterizzati da differenti meccanismi di cessione. Il primo fu certamente l'urea-formaldeide (UF) che, proposto fin dal

1921 e 1923 da Blanck e Giesecke e studiato da J.Y. Yee, K.S. Love e K.G. Clark tra il 1946 ed il 1952, venne lanciato sul mercato americano nel 1955. Vennero diffusi anche altri concimi di sintesi tra urea e aldeidi come l'isobutidendiurea (IBDU) della Mitsubishi, la crotonilidendiurea o crotodur (CDU) della Basf, il glicoluril della Monsanto, ecc. Sono state utilizzate inoltre l'urea pirolicata (Allied) e l'ossamide; è stato fatto ricorso anche ai carboni ammonizzati, all'incorporamento in matrice (vermiculite o perlite espanse) e, come lontano ricordo dei tentativi di Carleton Ellis (1907), al rivestimento dei granuli di urea o di concimi composti con zolfo (TVA), con polimeri o con cere.

Nonostante la loro efficacia e l'interesse scientifico ancora vivo, questi fertilizzanti non hanno trovato largo impiego in pieno campo, soprattutto per il loro costo che non potrà mai scendere a quello dei fertilizzanti che contengono. Ciò nonostante, data la loro validità, hanno trovato vasta utilizzazione nelle coltivazioni più ricche come la frutticoltura, la floricoltura ed il vivaismo, comparti nei quali fertilizzanti che contengono i composti su indicati, come il Nitrophoska Gold, o che hanno i granuli protetti da cere, come gli Osmocote, trovano sempre più ampia applicazione.

Per il controllo delle disponibilità azotate è stato anche proposto l'impiego di inibitori della nitrificazione. C.A.I. Goring nel 1962 pubblicò i risultati dei suoi lavori sulla conversione dell'ione ammoniacale a nitrico e la Dow Chemical brevettò l'N-Serve. In seguito vennero messi sul mercato altri prodotti di questo tipo, come l'AM della Toyo Koatsu, l'acido cianurico della Onoda Chem, ecc. ma la diffusione di questi inibitori non ha avuto fortuna.

- *Concimi fluidi* Di concimi fluidi si iniziò a parlare attorno agli anni '70 (G.P. Ballatore, G. Covarelli, E. Zanini e P. Paris) e nei cinque anni successivi prese a diffondersi il loro impiego, conseguenza di una scelta di gestione aziendale basata su precise considerazioni di ordine tecnico ed economico. L'obiettivo era quello di semplificare e perfezionare le operazioni di distribuzione con sensibili risparmi di tempo e mano d'opera. Il loro impiego consentiva di ridurre le spese di facchinaggio e di immagazzinamento in quanto il loro trasporto, travaso e conservazione sono rapidi, sicuri e privi di perdite, garantiva una maggiore tempestività delle applicazioni, anche su vaste superfici, nel pieno rispetto delle dosi e dei rapporti previsti dalla formula di concimazione, assicurava una grande uniformità della distribuzione, nettamente superiore a quella realizzabile con i solidi, permetteva la distribuzione con l'impianto irriguo e quindi senza pericoli di comprimere il terreno con lo spandiconcime o danneggiare le piante in pieno sviluppo e poteva consentire l'aggiunta di microelementi, antiparas-

sitari, diserbanti e sostanze di sviluppo. I problemi che questo nuovo mezzo tecnico poneva erano rappresentati dall'incertezza dell'interesse delle ditte produttrici verso tali prodotti, dalla disponibilità di una perfetta organizzazione dei servizi di commercializzazione, da una efficace e ben preparata assistenza tecnica, dalla possibilità di usare adatti contenitori per lo stoccaggio e idonee macchine per la distribuzione e, per quanto riguarda l'ammoniaca anidra, dall'adeguamento delle attrezzature alle disposizioni legislative.

La concimazione fluida non rappresentava però una novità. Nel 1814 Sir Humphry Davy pubblicò i risultati di alcune prove sull'irrigazione con soluzioni saline; nel 1842 la Royal Agricultural Society istituì un premio per il migliore studio sulla concimazione fluida e poco dopo il Duca di Richmond (1843), Manson (1845) e Hannam (1845) trattarono le ossa con acido solforico e diluirono il miscuglio con acqua per farne concime. Ad ogni modo già nel 1840 Sir James Murray vendeva soluzioni di superfosfato in barili da 30 galloni e nel 1847 Thomas Chandles brevettò una seminatrice con distribuzione localizzata di fluidi, macchina che nel 1853 ottenne un premio al meeting di Gloucester da parte della Royal Agricultural Society. A parte la tecnica di fertirrigazione di Friedmann che consiste nella distribuzione di liquami con impianti di irrigazione, occorre saltare quasi un secolo per assistere nel 1923 alle prime prove di distribuzione di soluzioni ammoniacali negli agrumeti di Oakland in California e attendere il 1947 per vedere le prime distribuzioni di ammoniaca anidra nell'area del Mississippi. Tra il 1920 ed il 1940 vennero condotte ricerche anche su soluzioni fertilizzanti più complete ma solo attorno al 1950 prese avvio in Indiana la loro commercializzazione. In Italia la concimazione fluida, specie per il successo che aveva riscosso in Francia ed in altri paesi europei, suscitò notevole interesse e, a cavallo dell'ultimo quarto di secolo, molte aziende si attrezzarono per applicarla. Oggi la concimazione fluida ha perduto gran parte del suo interesse.

L'irrigazione

Un altro strumento tecnico che negli ultimi 50 anni ha fortemente modificato la fisionomia di alcuni ambienti agricoli italiani è l'irrigazione e non a caso è stato detto che il prossimo millennio sarà il millennio dell'acqua per i crescenti fabbisogni e i problemi di disponibilità e di utilizzazione di questa preziosa risorsa. Rispetto al dopoguerra le superfici irrigue sono praticamente raddoppiate, l'approvvigionamento idrico si è fatto sempre più pro-

blematico per il crescere dei fabbisogni, l'irregolare distribuzione delle precipitazioni, l'esaurimento di certe falde, i crescenti rischi di salinizzazione, i frequenti casi di inquinamento, ecc (TAB. 7). L'uso efficiente dell'acqua è comunque legato a fattori tecnici ed economici, ha riflessi organizzativi e sociali e, se opportunamente gestito, può consentire di estendere la superficie irrigua nei limiti delle disponibilità della risorsa.

Dopo i primi studi di L.J. Briggs e H.L. Shantz in Colorado (1913) e di A. Manzoni e A. Puppo a Conegliano (1944) sui consumi idrici unitari, sono divenuti progressivamente disponibili strumenti sempre più raffinati per valutare l'evapotraspirazione potenziale di una coltura, per programmare il calendario della distribuzione, per apprezzare l'efficienza degli interventi e per stabilire l'utilità di applicare la *full-delta* o la *under irrigation* o i. ridotta.

Anche le tecnologie della distribuzione hanno fatto notevoli progressi. Nell'immediato dopoguerra si è assistito ad una grande espansione di sistemi per aspersione, in seguito hanno fatto la loro comparsa i grandi irrigatori semoventi a bobina e negli ultimi 20 anni hanno suscitato notevole interesse le torri semoventi con moto circolare (o *pivot*) oppure rettilineo, i mulinelli giganti (o *bome*) e gli impianti di irrigazione localizzata con erogatori di vario tipo (gocciolatori, microaspersori rotanti, ecc.).

A pari quantità di acqua l'agricoltore di oggi riesce a produrre molto di più di quello di 50 anni or sono, ma deve possedere, ed ancor più dovrà possedere in futuro, un bagaglio di nozioni tecniche, economiche ed organizzative che gli consentano di predisporre programmi, validi ma flessibili, capaci di rispondere a ogni esigenza aziendale e di mercato.

Le coltivazioni protette

Nate nella prima metà del XVI secolo le serre avevano raggiunto negli anni della seconda guerra mondiale un discreta evoluzione, ma erano ancora concepite come edifici metallici protetti da vetro, destinati ad ospitare specie pregiate come quelle da fiore ed erano diffuse prevalentemente in certe province liguri. Negli anni '60 coprivano solo 625 ha e a quei tempi non si sarebbe potuto immaginare che appena 8 anni dopo sarebbero riuscite a coprire una superficie 10 volte superiore fino a raggiungere nel 1995 i 24.000 ha (TAB. 8).

Tutte le forme di protezione hanno registrato tale sviluppo, dovuto in gran parte alla disponibilità dei nuovi materiali plastici. Oltre alle serre ricorderemo i tunnel impiegati per coltivare fragole, ravanelli, lattughe, carote e prez-

zemolo se piccoli (40-60 cm) oppure pomodori, peperoni e melanzane se medi (80-90 cm), la pacciamatura utilizzata per la fragola, il melone, il cetriolo, l'asparago, il peperone, la melanzana, ecc., le reti ombreggianti destinate a coprire semenzali, rose, tulipani oppure ritardare la maturazione degli agrumi ed anche le reti antigrandine impiegate per proteggere colture erbacee ed arboree di pregio (TAB. 9). Dato il loro crescente interesse, fin dagli anni '60 questi mezzi di protezione furono oggetto di pubblicazioni e incontri tecnici. Si tennero, ad esempio Convegni Nazionali per l'Applicazione di Materie Plastiche in Agricoltura nel 1963, 1965, 1967, 1969, 1971; se ne trattò alla Conferenza Nazionale per l'Ortofloricoltura di Napoli nel 1967 e L'Italia Agricola ritenne opportuno dedicargli un numero speciale nel 1968. Tra il 1966 ed il 1970 Favilli pubblicò i suoi studi sui materiali plastici di copertura e negli stessi anni vennero effettuate fondamentali ricerche sulle tecniche e i dispositivi di climatizzazione.

L'attività sperimentale affrontò con successo anche il tema della concimazione carbonica. I primi studi erano stati effettuati (anche in pieno campo) da Borneman nel 1919, da Riedel nel 1921 e da Ravenna e Rogai nel 1933-37. Nel dopoguerra l'applicazione prese a diffondersi soprattutto nei paesi aveva raggiunto maggiori progressi (Inghilterra, Olanda, Francia, ecc.) e negli anni '60 anche in Italia con i successi che avevano additato le ricerche di Favilli, Sturm, Paris, Odone e Alpi.

A quei tempi suscitavano grande interesse anche le nuove tecniche di coltivazione idroponica. Legate al lavoro di Liebig, le prime prove di coltivazione su mezzi inerti erano state effettuate da Wiegman e Polstroff nel 1842 e da Knop e Sachs tra il 1860 ed il 1865. La possibilità di applicare tale metodo per le produzioni orticole su scala commerciale fu intuiva da Gericke in California nel 1930 che attribuì al sistema il nome di *soilles culture* o *idroponica*. Dopo il secondo conflitto mondiale i primi studi su impianti pilota furono condotti in Israele, in Belgio e a Pisa (Massantini, Favilli). I fattori determinanti del successo risultarono la scelta del substrato, il controllo della soluzione, la scelta della specie, le tecniche di semina e di trapianto, gli investimenti per unità di superficie e la difesa fitosanitaria.

Naturalmente al perfezionamento ed alla diffusione dei mezzi di protezione e delle tecniche connesse al loro impiego, hanno corrisposto consistenti modifiche nella struttura e nella gestione stessa del settore. Una volta, ad esempio, la maggior parte delle serre si trovava in Liguria; oggi la superficie coperta a serre in quella regione interessa solo il 7,4% della superficie coperta da serre in Italia mentre in Sicilia tale superficie è salita al 34,5%. Nel 1960 le

serre coperte con vetro si estendevano sul 52,6% della superficie totale, oggi solo sul 10%; quelle destinate a fiori occupavano il 44,8% della superficie, oggi il solo 18%.

Le sementi

Il processo evolutivo ha dunque determinato sensibili modifiche degli indirizzi colturali, ha sollecitato l'applicazione di tecniche capaci di ridurre i tempi e la pesantezza del lavoro ed ha stimolato l'impiego di mezzi tecnici a più elevato rendimento. Tra questi mezzi debbono esser comprese anche le sementi il cui valore genetico e commerciale stanno alla base del successo produttivo. Il mondo rurale, forse per l'esperienza acquisita con i successi ottenuti dalle nuove costituzioni, aveva ben compreso l'importanza dell'approvvigionamento di buone sementi, tanto che il comparto sementiero già nel primo decennio dopo il conflitto aveva assunto un considerevole sviluppo.

Alcuni Enti (ad esempio l'Ente Consorziale Interprovinciale Toscano per le Sementi) ed anche certi Organismi consortili di produzione (ad esempio la Federconsorzi) suddividevano le sementi in categorie secondo il numero di generazioni derivate dal seme del genetista, effettuavano pre- e post controlli per accertare la purezza genetica, eseguivano analisi di laboratorio ed apponevano cartellini sulle partite commerciali.

A conferma dell'importanza assunta dal settore sementiero è bene ricordare che erano sorte organizzazioni e associazioni di categoria o a carattere sindacale come l'AISS che comprende Produttori di sementi, Operatori del settore e Costitutori di Razze vegetali e l'ASSOSEME che è l'Associazione Italiana dei Costitutori e dei Costitutori-produttori di Varietà Vegetali. Nel 1954 inoltre venne fondato a Milano l'Ente Nazionale delle Sementi elette (ENSE) col fine di promuovere e controllare la produzione smentiera.

Con la Legge 1096 promulgata il 25 novembre 1971, che accoglieva le direttive della Comunità Europea n. 458 del 29 settembre 1970, vennero disciplinate tutte le attività riguardanti il settore, vennero classificati i prodotti e le categorie di sementi, venne regolato il commercio con l'estero e vennero istituiti i registri delle varietà e designato l'istituto conservatore dei registri. L'ENSE fu trasformato in ente di diritto pubblico e ad esso furono affidati i controlli e la certificazione di tutte le partite di seme commercializzate in Italia. Il regolamento di esecuzione fu recepito dal DPR n. 1065 del 7 ottobre 1973 con il quale vennero anche precisate le norme di iscrizione a

registro, fissati i limiti di purezza varietale e gli altri parametri da accertare con le analisi di laboratorio e i laboratori autorizzati a rilasciare certificati ufficiali. In seguito il pacchetto legislativo venne perfezionato con l'emanazione di modifiche, integrazioni, norme aggiuntive come la L.722 del 16.07.1974 sulla protezione dei ritrovati vegetali a ratifica della convenzione di Parigi del 02.12.1961, la L. 195 del 20.04.1976, il DPR n° 27 del 18.01.1984, ecc.

La produzione delle sementi, che richiede particolari accorgimenti di tecnica colturale per evitare inquinamenti, assicurare germinabilità, ecc., assunse così, negli ambienti vocati per tradizione e caratteristiche pedoclimatiche, una crescente espansione sia per quanto riguarda le partite destinate al mercato nazionale quanto quelle riprodotte per l'estero

Piante infestanti, fitofarmaci, inquinamento, depurazione

Per tutta la seconda metà dell'Ottocento la difesa delle colture dalle piante infestanti venne condotta con tecniche semplici ma piuttosto efficaci, oggi non sempre proponibili. Tra queste l'impiego di letame ben maturo, lo sfalcio delle aree inerbite o incolte prima della maturazione dei semi, la sarciatura dei cereali, in certi casi la bruciatura delle stoppie e la stessa rotazione agraria che prevedeva l'alternanza del cereale con colture rinettanti come i rinnovi e il prato di leguminose.

L'impiego di molecole organiche di sintesi capaci di interferire sui processi vitali delle piante con azioni ben differenziate di selettività prese a diffondersi tra il 1940 ed il 1950.

Gli studi di G. Truffaut e I. Pastac in Francia, condotti tra il 1930 ed il 1935 sui dinitrocresoli (DNOC) erano stati preceduti dai primi tentativi di controllo selettivo sui cereali con prodotti inorganici svolti alla fine dell'800 da Bonnet in Francia, da Schultz in Germania e da Bolley negli Stati Uniti. Le ricerche sugli acidi fenossiacetici clorinati vennero intraprese tra il 1939 ed il 1944 dalla Rothamsted Exp. Sta. e dalla Jealott's Hill Res. Sta. Parallelamente a queste, in seguito ai lavori di F.A.F.C. Went (1928) vennero condotti studi su alcuni regolatori di sviluppo (IAA; IBA; NAA; ecc). L'azione di queste sostanze, come prodotto diserbante selettivo, venne esaminata da P.L. Marth e J.W. Mitchell tra il 1941 e il 1944; due di queste (il 2-4 D e l'MCPA) ebbero grande diffusione tra il 1945 ed il 1949.

Dagli anni 1945-50 gli studi sui prodotti organici di sintesi subirono un crescente impulso e fu veramente progressiva la loro espansione sul merca-

to, anche perché questo nuovo strumento produttivo ben si intonava con le nuove tecniche colturali che si affermavano in quel periodo. I dipiridilici vennero studiati fin dal 1947 dalla Jealott's Hill Res. Sta., dal 1948/50 le triazine ad opera della Geigy Agric. Chem. e dal 1948 con le ricerche di P.W. Zimmerman e A.E. Hitchoch i derivati degli acidi benzoici e dell'urea. Dello stesso periodo sono gli studi di P.W. Zimmerman *et al.* sulla selettività dell'acido cloroacetico e quelli di Bucha e Todd sul monuron. Le piridine vennero studiate negli anni '60 e un diserbante selettivo di questo tipo, il picloram, descritto da J.W. Hamaker *et al.* nel 1963 venne commercializzato dalla Dow Chemical col nome Tordon. In seguito alla diffusione dei disseccanti, i dipiridilici reglone e gramoxone (commercializzati come Diquat e Paraquat), acquistarono peso le idee sulla convenienza di abbandonare del tutto la lavorazione del terreno (*sod seeding*), ma emersero alcuni problemi ai quali si cercò di ovviare col *minimum tillage*. La crisi petrolifera degli anni '70 coincise con l'introduzione sul mercato di erbicidi totali come il glyphosate. Ciò fece riemergere l'idea della non lavorazione (*zero tillage*).

Negli anni successivi è stata messa a disposizione degli agricoltori una lunga serie di diserbanti nella quale sono compresi prodotti che differiscono tra loro nella composizione chimica e nelle azioni sulla flora infestante. Nonostante alcune difficoltà connesse alla necessità di impiegare adatte attrezzature di distribuzione, alla preparazione dei tecnici preposti all'assistenza degli agricoltori e soprattutto al prezzo sul mercato, l'impiego di questi prodotti è fortemente aumentato, non solo in Italia ma in ogni parte del mondo ed è previsto che il consumo rimanga più o meno inalterato anche negli anni avvenire (TAB. 10). Benché alcuni regolamenti e certe disposizioni legislative abbiano limitato o vietato l'impiego di alcuni formulati, negli ultimi 20 anni sono stati sempre più paventati i danni che potrebbero derivare ai terreni, alle falde, alle attività agricole ed alla stessa umanità da questi e da tutti gli altri fitofarmaci, in conseguenza di una loro indiscriminata applicazione. Per un migliore controllo dell'inquinamento ed allo scopo di regolare al meglio la distribuzione e ridurre l'impiego, sono stati studiati i coefficienti di solubilizzazione ($PC = \textit{partition coefficient}$), i fattori e i tempi di degrado, i coefficienti di sicurezza, ecc. Già nel 1962 Hoffman aveva avanzato l'idea di accentuare la tolleranza delle specie coltivate all'erbicida con particolari sostanze dette antidoti. L'induzione della tolleranza è possibile attraverso le vecchie tecniche del miglioramento genetico, come è avvenuto per la tolleranza alle triazine della *Brassica campestris* o con le più moderne tecniche di ingegneria genetica. Per

limitare l'uso di questi prodotti sono state applicate anche quelle tecniche di lotta biologica che fanno ricorso a parassiti specifici delle infestanti più invadenti, come è stato fatto, ad esempio, con la *Puccinia canaliculata* sul *Cyperus esculentus* negli Stati Uniti, con il *Cactoblastis cactorum* sull'*Opuntia* in Australia, con la *Chrisomelina quadrigemina* sull'iperico in California, ecc. Negli ultimi anni del secolo si è pensato anche di ridurre l'impiego dei diserbanti ricorrendo ai meccanismi che governano l'allelopatia.

Per quanto riguarda tutti gli interventi di difesa delle colture, nell'ultimo quarto di secolo è stato introdotto il principio della lotta guidata alla quale ha fatto seguito, come ulteriore perfezionamento quello di lotta integrata. Quest'ultimo, proponendosi la protezione dell'intero agrosistema, prevede ampie strategie di controllo basate su concetti multidisciplinari, e pone come obiettivo ultimo la salvaguardia dell'ambiente e della salute pubblica. Il Piano Nazionale per la lotta integrata, elaborato dal Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste e approvato l'11.9.1987 dalla Commissione di settore prevista dalla legge 752/86, mira, appunto, ad una progressiva riduzione dell'uso dei fitofarmaci e riconduce i problemi della difesa ad un ambito tecnico scientifico.

I reflui urbani o industriali contribuiscono oggi all'inquinamento delle falde e delle acque reflue, con un massiccio apporto di sostanze organiche caratterizzate da differente degradabilità, di sostanze inorganiche qualche volta tossiche e di microrganismi più o meno patogeni. Ciò solleva notevoli problemi quando tali acque, soprattutto quelle superficiali, debbono essere impiegate per l'irrigazione. Ancora nel 1974 L. Goldberg Federico aveva trovato forti accumuli di sali tossici nelle terre di marcita, quelle terre, ricorderemo, che in epoca comunale i monaci cistercensi di Chiaravalle avevano così sistemato per sfruttare l'apporto idrico caldo e fertilizzante della Vettabbia. Per risolvere il problema venne promulgata la L. n. 319 del 10.5.1976, conosciuta come «legge Merli» la quale prescrive che tutte le acque urbane o comunque reflue debbano essere sottoposte ad un processo di depurazione prima della loro restituzione agli organi riceventi naturali. Ricorderemo inoltre che nel 1985 esperti delle Nazioni Unite hanno stabilito i limiti massimi della presenza di coliformi fecali nelle acque di irrigazione e che organismi internazionali (FAO/OMS, 1984, US-EPA, 1976 e 1986), regolamenti e ricercatori (P.F. Pratt) hanno suggerito le soglie di accettabilità dei diversi inquinanti nelle acque destinate ad uso agricolo.

Il D.Lgs. dell'11 maggio 1999, che recepisce le direttive 91/271/CEE e 91/676/CEE e che contiene disposizioni per la tutela delle acque ai fini di realizzare azioni di salvaguardia ambientale e di risanamento, riguarda il tratta-

mento delle acque reflue, gli argomenti che debbono essere esaminati dai piani di tutela e i divieti di certi scarichi sul suolo. Richiama inoltre le disposizioni riguardanti le aree vulnerabili ed elenca alcuni parametri di base per la classificazione dei corpi idrici ai fini di un loro accurato monitoraggio in relazione alla specifica destinazione.

I processi di depurazione sono sempre costosi e non sempre assicurano una difesa completa. Con la fitodepurazione, che ha assunto crescente interesse nell'ultimo decennio del secolo, si è tentato di risolvere in modo del tutto nuovo il problema della depurazione e quello dell'abbattimento dei considerevoli costi degli impianti e della gestione.

Gli studi sugli ecosistemi delle aree umide hanno dimostrato la possibilità di autodepurazione. La vegetazione agisce con la parte sommersa come un filtro che fa da supporto alla popolazione microbica e, nel mentre avviene l'assorbimento di elementi chimici tossici o eutrofizzanti, produce residui organici che contribuiscono all'attività della microflora stessa. Il substrato, oltre ad avere funzione di supporto, gioca un ruolo importante nei processi di immobilizzazione degli elementi chimici grazie alla sua CSC.

Sono stati perciò allestiti impianti di depurazione di piccole e medie dimensioni che applicano tali principi secondo due sistemi: il sistema Wetlands, a costo molto basso, che mira alla ricostruzione artificiale delle condizioni ecologiche che si riscontrano nelle aree umide e il sistema GBH (*Gravel Bed Hydroponics*) che pur essendo in sostanza un perfezionamento del precedente e pur avvalendosi di tecniche già applicate nella coltura idroponica, mira alla riduzione dei cattivi odore e ad un miglioramento della efficienza depurante.

La scelta della specie, che riveste grande importanza ai fini del successo dell'impianto, è condizionata dal sistema adottato, dalle condizioni climatiche ed in modo particolare dall'andamento delle temperature, nel caso degli impianti GBH dalla successione colturale che si intende adottare, ecc. La *Phragmites australis* è una delle specie che meglio si adattano alla sommersione, specialmente nel sistema Wetlands. Il numero delle specie utilizzabili è comunque notevolmente cresciuto con l'introduzione delle tecniche GBH, che possono prevedere anche l'impiego di molte specie coltivate come ad esempio il mais, il sorgo, il girasole, ecc.

La tecnica della fitodepurazione, in conclusione, presenta i seguenti vantaggi: è estremamente semplice e poco costosa; può essere adottata anche per insediamenti poco numerosi, può sopperire alla fluttuazione del numero di abitanti data la sua struttura modulare e consente un rilevante risparmio energetico per-

ché le vasche sono alimentate per caduta naturale e perché non sono richieste attrezzature elettromeccaniche; inoltre nel caso del sistema GBH è eliminata l'emissione di cattivi odori e nel caso di aziende zootecniche gli impianti GBH potrebbero essere utilizzati per integrare la produzione foraggera.

I liquami

Nell'ultimo quarto di secolo e nelle aree ad agricoltura più avanzata, abbandonato l'impiego del bestiame come mezzo di lavoro, gli allevamenti hanno perduto il loro carattere poderale e si sono compattati con un sensibile aumento del numero dei capi (TAB. 11). In molti casi hanno assunto fisionomia industriale, non sempre collegata ad una azienda agraria, il luogo che di solito ha rappresentato la destinazione di smaltimento dei reflui zootecnici, specie quelli suini, che più di ogni altro sono accusati di inquinamento ed eutrofizzazione. Questi allevamenti applicano nuove tecniche di stabulazione che non prevedono più la lettiera e producono reflui di consistenza liquida, specie se vengono impiegate acque di lavaggio. Per la gestione delle deiezioni animali sono state sviluppate nuove tecnologie che si pongono l'obiettivo di ridurre i consumi idrici, eliminare le componenti nocive, ridurre i costi di stoccaggio e facilitarne la distribuzione. Una corretta gestione dei reflui può infatti esser garanzia di un sicuro rispetto per l'ambiente assieme ad una idonea utilizzazione agronomica. Di solito essi vengono lasciati maturare, per l'abbattimento del BOD e la riduzione dei patogeni e degli antibiotici, in vasche di cemento o laghetti in terr opportunamente impermeabilizzati per evitare l'inquinamento delle falde (*lagoons*). Vengono poi distribuiti, rispettando appositi regolamenti e disposizioni legislative (divieto di scarico in corsi d'acqua, ecc.), con apposite attrezzature in tempi e quantità adeguate.

INNOVAZIONI E PROSPETTIVE DI PROGRESSO

I sistemi agricoli

Come ci ha insegnato Serpieri, dobbiamo considerare il fondo agricolo sotto due aspetti, da un lato come un organismo autonomo con le sue opere fondiari ed i suoi interessi e dall'altro come un elemento di un sistema più vasto (il comprensorio) dotato di opere fondiari e interessi comuni.

Le risorse, l'abbiamo visto, si sono notevolmente accresciute per merito di nuove disponibilità quali, ad esempio, le varietà migliorate, la meccanizzazione, l'impiego dei fertilizzanti e dei fitofarmaci, ecc. con sensibili riflessi, non sempre positivi, sulle produzioni, sulla società e sui mercati. Ma il processo produttivo, ora sollecitato da maggiori possibilità d'intervento e, in certi casi, da particolari principi filosofici, ha prospettato nuovi sistemi di gestione della terra. Nel sistema, strumento modellabile della produzione, sono appunto coinvolte la scelta e la ripartizione delle colture, la tecnica colturale, i mezzi di produzione, la società.

Attorno alla fine degli anni '70, infatti, si è preso ad analizzare i meccanismi che regolano la produzione vegetale nelle aree naturali o coltivate come si trattasse di unità complesse, ossia sistemi, nel cui ambito operano certe componenti tra loro intimamente collegate. Ogni sistema è sempre governato da principi di validità generale che governano ogni elemento del sistema stesso. Il sistema perciò non dipende dal comportamento delle singole componenti ma queste componenti si adattano alle proprietà del sistema. Così nell'ecosistema naturale sono presenti organismi autotrofi che, utilizzando certe sostanze provenienti dall'atmosfera o dal suolo, impiegano l'energia solare per costruire un edificio formato da molecole organiche complesse e vi sono organismi eterotrofi capaci di utilizzare, trasformare e demolire queste molecole. I processi coinvolti sono legati ai meccanismi della conversione chimica e del trasferimento di energia. La stabilità del sistema dipende soprattutto dalle variazioni delle condizioni ambientali nelle quali il sistema stesso si è formato. Queste condizioni giocano infatti un ruolo importante sulla struttura e sulla composizione delle popolazioni che costituiscono la comunità.

In realtà l'ecosistema è formato da un complesso di sistemi che interagiscono tra loro pur essendo pertinenti a settori nettamente differenziati. Il loro studio richiede l'applicazione del metodo scientifico e lo sviluppo di modelli matematici. L'evoluzione del sistema è legata alla diversità che deve essere sempre esaminata sotto due aspetti: quello riguardante il patrimonio genetico delle popolazioni e quello riguardante la composizione e la struttura degli individui che formano l'insieme.

Nell'ultimo quarto di secolo si è parlato perciò di «sistemi colturali» (*cropping systems*) quando si è inteso analizzare la coltivazione e la produzione delle specie coltivate, di «sistemi aziendali» (*farming systems*) quando si è fatto riferimento alla gestione dell'azienda agraria ed alla distribuzione delle colture e di «sistemi agricoli» (*agricultural systems*) allorché si è voluto esa-

minare in ambito territoriale la struttura e la gestione dei sistemi aziendali.

Il termine «sistema agricolo» (*farming system*) è molto antico e ripetutamente è stato applicato per descrivere i complessi meccanismi di gestione della terra. I sistemi agricoli, che si inseriscono nell'ecosistema naturale accelerando o modificando alcuni processi, tendono ad accrescere la specializzazione e a modificare i flussi di energia. L'attività agricola che ha per ultimo obiettivo l'acquisizione di un reddito, impiega strumenti biologici per produrre alimenti, fibre ed altre sostanze a destinazione industriale. Le sue risorse sono la terra, il capitale, il lavoro, ecc. e le sue limitazioni il clima, la natura dei terreni, le disposizioni legislative, ecc. Per questo i sistemi agricoli tradizionali, che nel corso dei secoli hanno subito profonde evoluzioni nelle differenti condizioni ambientali e sociali di tutto il mondo, hanno imposto nell'ultimo secolo contributi particolarmente accentuati ai flussi di energia ed all'impiego dei mezzi di produzione.

L'unità coltivatrice è in effetti un organismo altamente integrato che vive in un ambiente molto complesso: naturale, sociale ed economico. È pertanto indispensabile che chi la dirige abbia la capacità di gestire le sue risorse senza danneggiare, anche nelle più lontane prospettive, la vitalità del sistema dal quale dipende la sua vita.

Agricoltura biologica

Il filosofo austriaco Rudolf Steiner prospettò nel 1924 una sua particolare visione dell'agricoltura derivante da certi principi antroposofici. Le sue idee interessarono un gruppo di agricoltori e ricercatori che nel 1927 costituirono la Demeter, una ditta commerciale che produceva alimenti con sistemi biodinamici. Qualche anno dopo Hans Müller fondò un movimento che ruotava attorno al principio cristiano della gestione e conservazione dell'azienda familiare la cui economia e autosufficienza si doveva basare sulla conservazione della fertilità attraverso la rotazione delle colture e l'uso dei fertilizzanti organici. Le idee di Steiner si diffusero anche in Inghilterra con indirizzo più orientato sui problemi della nutrizione e della salute umana. Ciò avvenne soprattutto per le iniziative di Lady Eve Balfour che dal 1939 al 1969 curò l'Haughley Experiment destinato a controllare i legami tra produzioni alimentari, qualità e salute. I nuovi principi trovarono ottima accoglienza anche negli Stati Uniti dove nel 1947 venne costituita la Soil and Health Foundation.

La pubblicazione di *Silent Spring* di R.L. Carson nel 1963, che aveva sollevato il problema dei fitofarmaci e la crisi energetica del 1973, pose in evidenza l'importanza di certe risorse legate alla difesa ed alle lavorazioni. Negli anni '80 e '90 nuovi problemi di carattere tecnico e sociale hanno messo in risalto l'utilità del sistema nel centrare importanti obiettivi: la conservazione della biodiversità, la globalizzazione e i commerci mondiali, l'accentuato sviluppo della grande industria alimentare, l'agricoltura dei paesi in via di sviluppo, ecc.

Le espressioni con le quali questo sistema viene identificato differiscono da paese a paese. Nella letteratura internazionale quando si parla di «*organic farming*» si ci si riferisce a un sistema che è comprensivo o è sinonimo di *agricoltura biologica*, di *agricoltura ecologica*, *agricoltura bio-dinamica*, *agricoltura naturale*, ecc. L'International Federation of Organic Agriculture Movement (IFOAM), fondata nel 1972, ha suggerito un prospetto per discutere e codificare i principi e le applicazioni che ispirano il sistema, principi e tecniche che, d'altra parte, sono soggetti a continua evoluzione, ma sempre con il proposito di conservare l'ecosistema naturale e assicurare la sanità delle produzioni.

L'*organic farming* perciò, è contemporaneamente una filosofia e un sistema agricolo. I suoi obiettivi sono ambientali, sociali economici e sanitari. Come sintetizza Stockdale l'azienda gestita con questo sistema è «come un organismo nel quale tutte le componenti – i minerali del suolo, la materia organica, i microrganismi, gli insetti, le piante, gli animali e gli uomini – interagiscono per creare un insieme coerente».

Oggi i sistemi di agricoltura biologica, ormai diffusi in ogni parte del mondo, rispondono, nonostante le forti sollecitazioni a principi unificatori, a differenti criteri di gestione e a differenti pratiche agricole.

La loro diffusione è legata alla crescente domanda di cibo più sano e ciò ha assicurato un consistente premio alle produzioni biologiche, nonostante che queste difettino di volume e aspetto. Nel 1985 in Europa si contavano 6300 aziende che coltivavano con criteri biologici circa 100.000 ha (0,1% del totale) ma già nel 1998 il numero delle aziende era passato a 113.000 e la superficie interessata a 2.800.000 ha (2,1% della superficie totale).

La crescente domanda dei mercati, il prezzo dei prodotti, gli obiettivi di salvaguardia e le limitazioni di certi interventi che si sono posti gli agricoltori che hanno adottato il sistema, nonché la facilità con la quale l'acquirente al dettaglio può essere ingannato, hanno sollecitato i produttori e i legislatori a regolare ufficialmente l'uso del termine «*organico*» o «*biologico*». Sono stati perciò formulati standards di produzione, stabilite idonee prescrizioni di

conversione dal convenzionale e introdotte adatte procedure di ispezione e certificazione. L'Unione Europea ha promulgato appositi regolamenti per disciplinare la produzione biologica vegetale e animale (2092/91 e 1804/99) demandando a ciascun stato membro la supervisione dei controlli che sono effettuati da organismi ufficialmente riconosciuti.

Se da un lato i sistemi biologici rappresentano oggi una tecnica di produzione con interessanti prospettive economiche, dall'altro questi sistemi costituiscono un meccanismo che con i suoi obiettivi agronomici, ambientali, sociali ed etici può essere ritenuto un valido supporto alla ricerca biologica, alla protezione dell'ambiente, alla conservazione della biodiversità, alla contrazione delle emissioni di CO² e ad una più accurata comprensione delle complesse interazioni dell'ecosistema.

Agricoltura sostenibile

Dagli anni della «*rivoluzione verde*» l'agricoltura ed in particolar modo quella dei paesi più industrializzati, sollecitata dall'obiettivo di accrescere l'utile economico e stimolata da una consistente domanda di beni di consumo, ha favorito un progressivo degrado dell'ambiente provocando il dissesto idrogeologico, l'inquinamento dell'atmosfera, dei terreni e delle falde, l'esaurimento delle riserve idriche, ecc. Le ripercussioni sull'ecosistema si sono già fatte sentire e la qualità della vita potrebbe risultare in anni avvenire seriamente compromessa.

Da qui la necessità di agire sullo sviluppo agricolo in modo che l'agrosistema possa soddisfare, non solo le necessità del mondo attuale ma anche i bisogni delle generazioni future. Con questi intenti fu formulato il principio dell'«*agricoltura sostenibile*», un'agricoltura che, secondo l'International Alliance for Sustainable Agriculture deve essere «ecologicamente idonea, economicamente valida e socialmente giusta ed umana».

Tale gestione agricola del territorio, che secondo il Technical Advisory Committee del CGIAR (Committee Group on International Agricultural Research) può essere definita un'agricoltura che attua una proficua utilizzazione delle risorse agricole per soddisfare le necessità umane nel mentre mantiene o migliora la qualità dell'ambiente e conserva i beni naturali, stava alla base del Wageningen Memorandum redatto da un gruppo di esperti europei nel settembre 1991 a Luntzen con l'intento di aprire nuove prospettive alla sovrapproduzione, al crollo dei prezzi e all'inquinamento ambientale.

Il documento suggerisce l'applicazione di tecniche capaci di assicurare la tutela dell'ambiente e un reddito accettabile per gli agricoltori che, rispettosi del territorio, divengono «i guardiani della natura perché svolgono un ruolo decisivo nella conservazione delle infrastrutture ecologiche» e meritano un premio per la loro concreta ed efficace azione.

Agricoltura integrata

Se è difficile definire o misurare l'impatto dei sistemi agricoli convenzionali sull'ecosistema, molto più difficile è valutare i limiti d'impiego di certi mezzi di produzione (concimi, fitofarmaci, ecc.) nell'ambito di un'agricoltura sostenibile.

I sistemi biologici sono sistemi alternativi a quelli convenzionali che mirano alla soluzione dei problemi ambientali e sanitari ricorrendo a tecniche di produzione basate su appositi standards e su procedure ufficiali di certificazione. Esistono però sistemi a basso input (*Low-input sustainable agriculture* o LISA) che mirano alla riduzione, ma non all'esclusione di determinati fitofarmaci o fertilizzanti. In tali casi si cerca di raggiungere l'obiettivo della sostenibilità integrando interventi meccanici, chimici e biologici a basso livello. Si parla in questo caso di «*agricoltura integrata*», con evidente riferimento al significato di lotta integrata nel settore fitopatologico.

Agricoltura di precisione

Nell'ultimo decennio del secolo scorso i principi dell'«*agricoltura di precisione*» hanno assunto un crescente interesse. L'obiettivo è quello di adeguare l'applicazione dei mezzi tecnologici per gestire la grande variabilità, nel tempo e nello spazio, di tutti gli aspetti della produzione agricola, allo scopo di migliorare la produttività delle colture e la qualità dell'ambiente.

Il successo dell'agricoltura di precisione dipende dalla capacità di rilevare, valutare e gestire la produzione. Attraverso un preciso controllo della variabilità e l'applicazione integrata di specifiche tecnologie, le possibilità potenziali dell'agricoltura possono essere sensibilmente accresciute. Molti studiosi si sono impegnati fin dalla fine degli anni '80 nella descrizione di tali principi, sintetizzandone le tecniche applicative con termini diversi (*farming by the foot, farming by soil, variable rate technology, site-specific crop production*, ecc). L'agri-

coltura di precisione vuole, insomma, regolare interventi integrati in funzione delle esigenze della coltura nel luogo e nel tempo nel quale viene attuata.

Il termine «*precisione*» non ha quindi il significato matematico di «esatto» ma piuttosto quello di «corretto» per l'ambiente e il tempo nel quale l'intervento viene programmato.

L'applicazione di questi principi è oggi facilitata dalle nuove tecnologie che consentono di acquisire, analizzare e gestire una grande quantità di dati, come i sistemi GIS (Geographic Information Systems), i GPS (Global Positioning System), i sensori ad alta risoluzione, lo studio dei modelli, ecc. Tutto ciò consente di attuare adeguate tecniche colturali per realizzare la migliore interazione genotipo-ambiente e regolare le disponibilità idriche per la coltura.

CONCLUSIONI

L'imponente sviluppo tecnologico degli ultimi cinquanta anni è indubbiamente conseguenza di un progresso scientifico sempre più ampio e complesso dal quale coltivazioni e tecnica colturale hanno tratto nuove ed utili nozioni. L'agricoltura, d'altra parte, sta assumendo i caratteri di un processo produttivo regolato da politiche nazionali e comunitarie dotate strumenti di controllo indiretto (incentivi, quote, penalizzazioni, ecc.) che possono mutare in breve tempo gli indirizzi della gestione aziendale. Questo impone una grande elasticità degli ordinamenti colturali e delle tecnologie di produzione. Nasce da qui la necessità di rendere facilmente accessibili le più avanzate nozioni tecniche e il ricorso ai mezzi d'informazione, di assistenza tecnica e, soprattutto, dei più aggiornati strumenti di gestione tecnica ed economica della produzione (programmi di progettazione, di contabilità, ecc.).

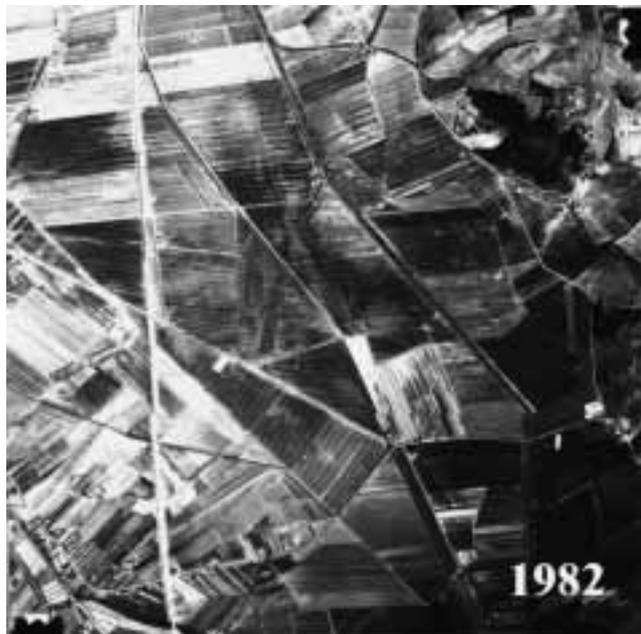
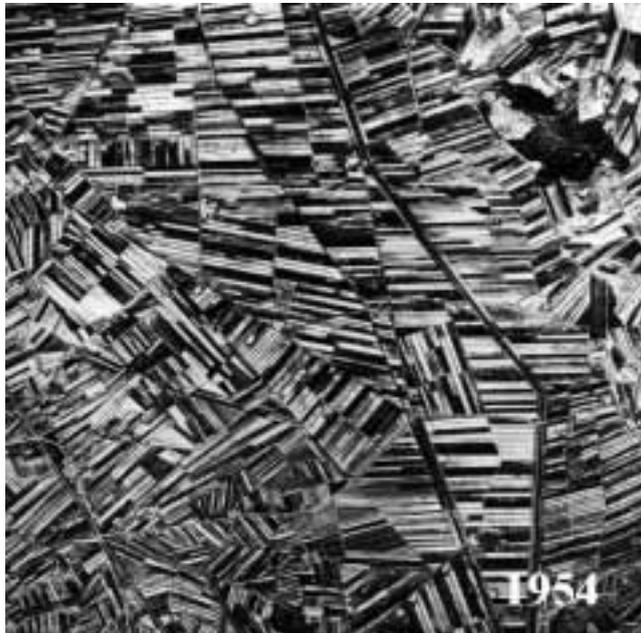


FIG. 1 - Evoluzione delle sistemazioni idraulico-agrarie. Fotografie aeree di una stessa zona della Val di Chiana

TAB. 1
Popolazione italiana dal 1936 al 1991 - (*) = x 1.000

Anno	abitanti (*)	per km2	attiva (*)	a. in agric (*)	%
1936	42.025	139.6	17.943	8.689	48.43
1951	46528	154.6	19.577	8.261	42.20
1961	50.536	167.9	20.851	6.184	29.66
1971	54.074	179.6	20.859	3.742	17.94
1981	56.507	187.9	21.769	2.484	11.41
1991	57.807	192.0	23.531	1.577	6.70
2000	57.655	191.3	23.454	1.338	5.7

TAB. 2
Superfici, aziende agrarie e mezzi di produzione
dal 1948 al 1998

	1948	1960	1970	1980	1990	1998
Superficie (ha x 1000)						
semintivo	13.026	13.161	9.455	9.466	8.900	8.329
colt. specializzate	2.554	2.690	2.898	2.970	2.960	2.808
prati e pascoli	5.102	5.114	5.240	5.126	4.878	3.829
boschi	5.617	5.812	6.169	6.355	6.751	3.705
altre	1.458	1.013	3.320	3.057	2.714	1.526
tot. agricola e forest.	27.757	27.790	27.088	26.974	26.203	20.197
Aziende agrarie:						
numero (x 1000)	4.196	4.294 (*)	3.607	3.280 (**)	3.023	2.300
superf.tot.(x 1000 ha)	26.252	26.572	25.091	23.515	22.702	20.197
sup. per az. (ha)	6.25	6.19	6.96	7.17	7.51	8.78
S.A.U. tot (x 1000ha)	.....	.....	.....	15.804	15.046	14.966
S.A.U. per az. (ha)	.....	.....	.....	4.81	4.98	6.51
Mezzi di produzione:						
trattrici:						
numero (x 1000)	55	249	631	1.072	1.399	1.700
potenza (HP x 1000)	1.530		24.024	52.139	76.409	.....
concimi:						
N (t x 100)	880	3.507	5.611	9.532	7.575	7.852
P2O5 (t x 1000)	1.588	3.899	5.061	6.258	6.034	4.845
K2O (t x 1000)	122	1.082	2.074	3.663	3.552	3.184

TAB. 3
Ore-operaio necessarie per la coltivazione di 1 ha di frumento o mais (valori indicativi)

	1935-1945			1990-2000
	<i>manuale</i>	<i>Traz. animale</i>	<i>Tr. meccanica</i>	<i>Tr. meccanica</i>
Frumento				
Aratura	(24-28)	24-28	11-13	2,5-3,0
Erpicatura	(6-10)	6-10	3-4	1,5-2,5
Concim. miner. presemina	10	2,0 (10)	2,0 (10)	1,0-1,5
Semina	2,5-3,0 (volata)	2-3	1,5-2,0	0,5-1,5
Diserbo	---	---	---	0,2-0,3
Concimaz. in copertura	10	10	10	1,0-1,5
Sarchiatura	130-150	130-150	130-150	---
Raccolta: mietitura	60-80	> 2,5-3,0	> 1,5-2,0	---
legat. covoni	20-30			---
prepar. biche	15-20	15-20	15-20	---
trebbiarura	30-35	30-35	30-35	---
mietitrebbiatura	---	---	---	0,5-1,0
<i>totale</i>	307-637	220-261	205-239	7,2-11,3
Secondo Niccoli	(450-600)			
Mais				
Rottura delle stoppie	20-40	20-40	10-12	---
Distribuzione letame	40	---	---	0,3-0,7 (0,2-0,3)
Aratura	24-28	24-28	12-13	2,5-3,0
Estirpatura	6,5-8,0	6,5-8,0	4-5	1,5-2,0
Concim. miner. presemina	10	(2,0)	(2,0)	1,0-1,5
Semina: assolcatura	90-120	8-11	6-10	---
semina	55-85	55-85	55-85	0,5-1,0
Diserbo	---	---	---	0,2-0,3
Concimaz. in copertura	10	10	10	1,0-1,5
Sarchiatura: 1.a sarch. e dirad	150-170	150-170	150-170	1,0-2,0
2.a sarch.	70-90	70-90	70-90	---
rincalzatura	140-180	140-180	140-180	1,4-2,0
Sfogliatura e cimatura	25-35	25-35	25-35	---
Raccolta: raccolta e sgranat. ?	100-120	100-120	100-120	---
mietitrebbiatura	---	---	---	0,7-2,0
<i>totale</i>	740-921	650-804	624-772	10,1-16,0
Secondo Niccoli	(700-900)			

Tab. 4
Superfici e produzione delle principali colture
dal 1948 al 2000

Coltura		1948	1960	1970	1980	1990	2000
Frumento	(a)	4.663	4.556	4.138	3.408	2.775	2.330
	(b)	6.144,4	6.803,0	9.630,1	9.156,0	8.106,6	7.464,6
	(c)	1,32	1,49	2,33	2,69	2,92	3,20
Frumento tenero	(a)		3.167	2.551	1.696	1.061	666
	(b)		5.705,7	7.013,9	5.561,2	4.487,5	3.151,6
	(c)		1,80	2,75	3,28	4,23	4,73
	(d)		693,26	447,23	407,07	215,30	234,16
Frumento duro	(a)		1.386	1.587	1.712	1.699	1.664
	(b)		1.088,5	2.674,7	3.734,0	3.704,4	4.313,0
	(c)		0,79	1,69	2,18	2,18	2,59
	(d)		870,67	560,67	491,17	270,12	260,03
Mais	(a)	1.244	1.190	1.026	941	767	1.063
	(b)	2.249,8	3.815,6	4.728,9	6.376,7	5.863,9	10.128,5
	(c)	1,81	3,21	4,61	6,84	7,72	9,53
	(d)		421,70	415,37	421,23	251,57	189,33
Riso	(a)	143	136	173	178	213	220
	(b)	618,7	618,9	818,6	967,7	1.282,2	1.185,8
	(c)	4,34	4,81	4,73	5,59	6,02	5,39
Patata	(a)	406	379	286	161	121	82
	(b)	3.010,8	3.824,1	3.667,7	2.923,2	2.337,9	2.049,6
	(c)	7,4	10,1	12,8	18,4	19,7	25,0
Pomodoro	(a)	68	118	113	127	131	137
	(b)	965,8	2.428,1	3.617,9	4.560,4	5.576,7	7.880,7
	(c)	14,2	20,6	27,8	37,4	45,2	55,0
Colza	(a)	11	5	2		15	36
	(b)	11,9	6,6	4,5	0,6	41,4	40,5
	(c)	1,08	1,44	1,94		2,75	1,12
Girasole	(a)	6	5	4	32	112	218
	(b)	7,3	5,0	8,0	58,5	231,9	456,3
	(c)	1,32	1,66	2,01	1,84	2,07	2,09
Soia	(a)	2	0,2	0,1	3	514	253
	(b)	2,8	0,4	0,2	2,6	1.854,2	903,5
	(c)	1,47	1,89	2,05	0,88	2,61	3,57
Barbabietola da z.	(a)	173	245	282	291	274	267
	(b)	3.408,6	7.818,8	9.556,8	13.477,6	11.915,4	12.788,4
	(c)	30,2	31,9	33,9	46,9	44,1	479,0
Tabacco	(a)	58	53	42	59	109	39
	(b)	74,4	79,5	73,6	129,6	214,4	130,5
	(c)	1,27	1,50	1,72	2,20	1,97	3,35

(a) - Superficie (x 1000 ha)

(b) - Produzione totale (x 1000 t)

(c) - Produzione per ha (t)

(d) - Prezzo (€/t) - Euro corrette per il costo della vita (base 2000: € = 1)

TAB. 5
Superfici, produzione e prezzi del mais dal 1948 al 2000

	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000
Superficie (x 1.000 ha)	1.509	1.190	1.190	1.026	941	767	1063
Produzione totale (x 1.000 t)	3.728,1	3.815,6	3.815,6	4.728,9	5.376,7	5.863,9	10.196,3
Produzione per ha (t)	2,47	1,55	3,21	4,61	6,84	7,72	9,62
Prezzo (?/t) (*)	642,56	635,03	421,70	415,37	421,23	251,59	189,33

(*) = Euro corrette per il costo della vita (base 2000: € = 1)

TAB. 6
Coltivazione del kiwi in Italia

	1984	1990	1995	2000
Superficie (ha)	1.894	16.314	18.206	17.648
Produzione totale (x 1000 t)	23.150	321.820	314.032	352.892
Produrre t/ha	12,228	19,727	16,969	19,996

TAB. 7
Superfici irrigabili in Italia

	1905	1948	1956	1958	1962	1970	1977	1990
Superficie (x 1.000 ha)	1.365	2.185	2.577	2.778	3.100	3.345	3.612	3.882

TAB. 8
Colture protette (ha)

	1960	1967	1969	1978	1995
Superficie totale (ha)	625	6.523	5.141	15.000	24.000
fisse	249	1.331			
mobili	376	5.192			
fredde	488	6.014	2.005		
calde	177	509	3.136		
% calde	28	8	39	35	30
vetro	329*	1.644			
plastica	287*	4.710			
% plastica	46	72	17	13	10
ortaggi	345*	4.970			
fiori	280*	1.553			
% fiori	45	24	17	16	18

*=1964

TAB. 9
Superfici coperte da tunnel e pacciamatura i Italia (ha)

	1967	1971	1976	1986
Tunnel		2.500		18.000
Pacciamatura	4.000		20.000	40.000

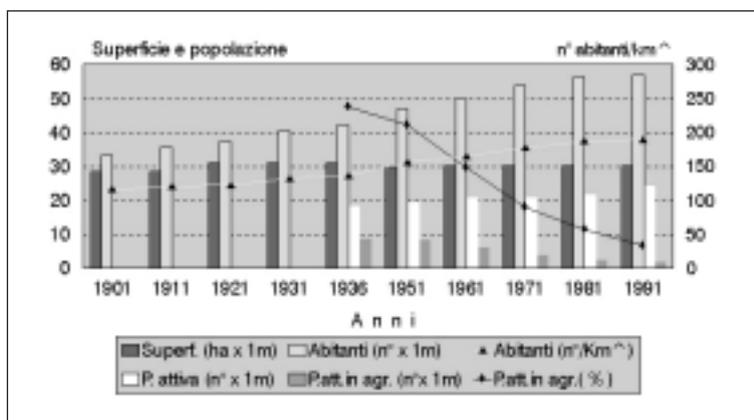
TAB. 10
Diserbanti

	1971-75	1976-80	1981-85	1986	1987	1988
2,4 - D	743,3					
MCPA	418,5					
Triazine	2.822,4	3.628,4	3.695,7	3.585,9	2.642,7	1.798,5
Carbammati	3.402,4	4.657,4	5.417,9	4.171,6	1.846,7	2.286,2
Derivati Urea		66,9	191,0	318,1	625,0	486,8
Altri	3.323,8	10.020,4	16.653,0	21.701,0	26.124,5	26.538,4

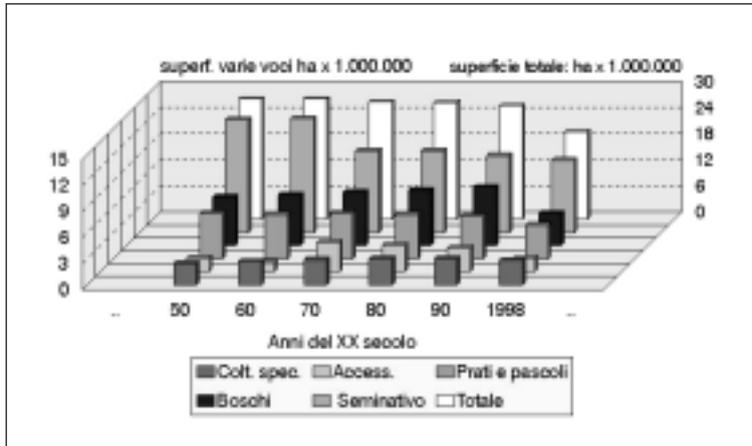
TAB. 11
Patrimonio zootecnico dal 1948 al 2000 (x 1000 capi)

	1948	1960	1970	1980	1990	2000
Equini	968	1290	708	483	372	45
Bovini	7.772	9.399	8.776	8.836	8.235	7.211
Suini	3.757	4.148	8.980	8.928	8.837	8.329
Ovini	9.434	8.343	7.948	9.277	10.848	11.089

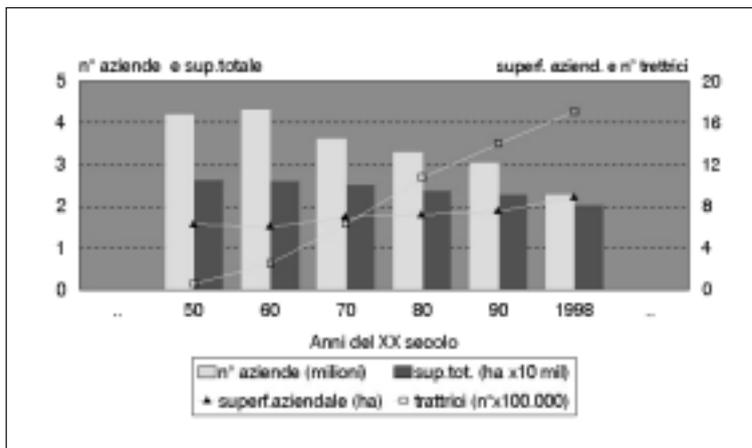
SUPERFICIE E POPOLAZIONE ITALIANA (Censimenti dal 1901 al 1991)



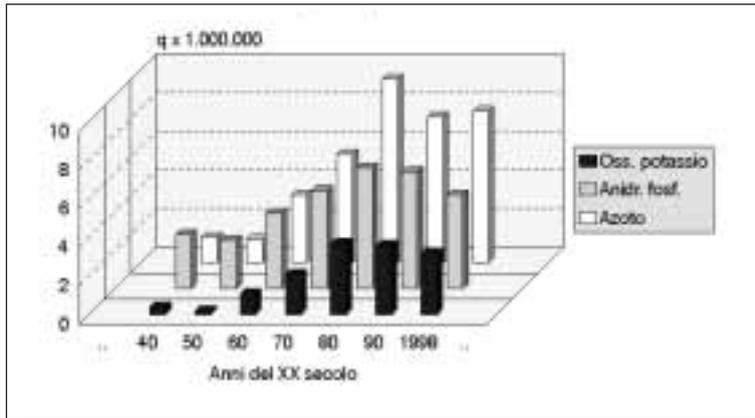
RIPARTIZIONE DELLA SUPERFICIE AGRARIA E FORESTALE



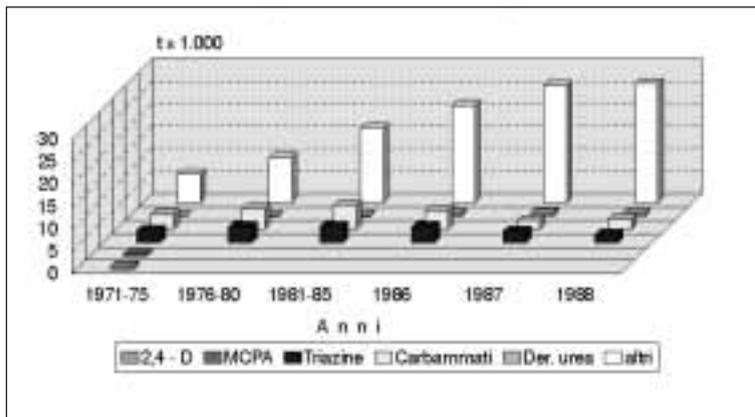
AZIENDE AGRARIE E MECCANIZZAZIONE



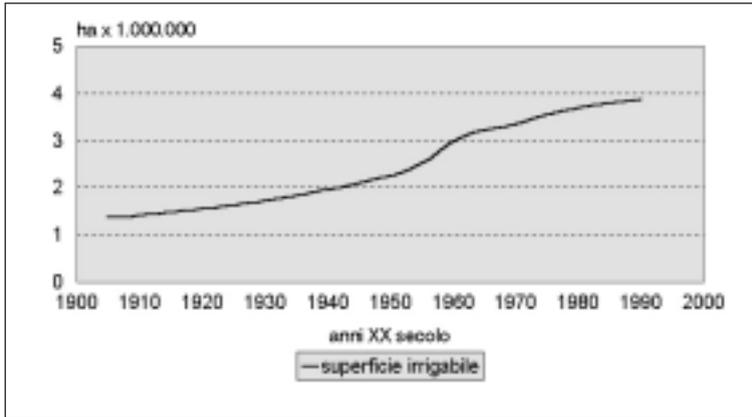
CONCIMI
(principi fertilizzanti)



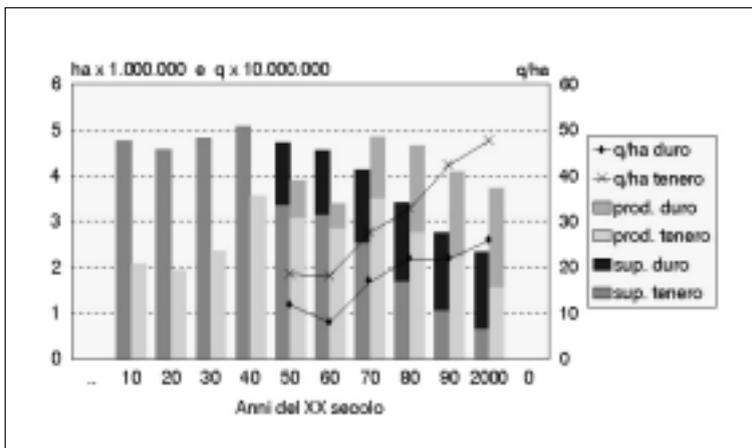
CONSUMO DEI DISERBANTI IN ITALIA
(consumo annuale t)



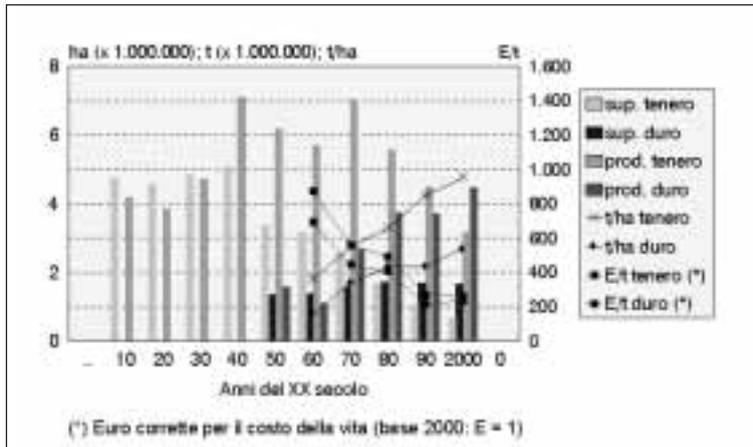
SUPERFICI IRRIGABILI in Italia



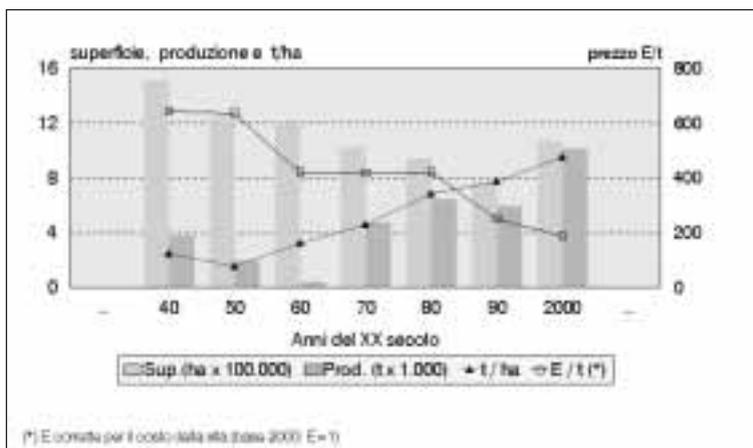
FRUMENTO



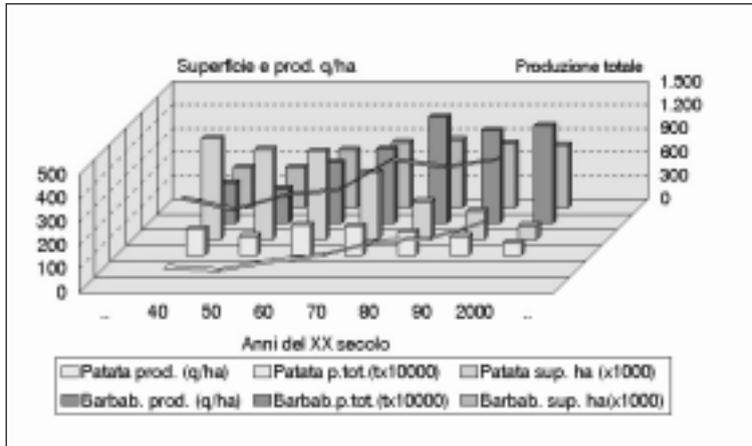
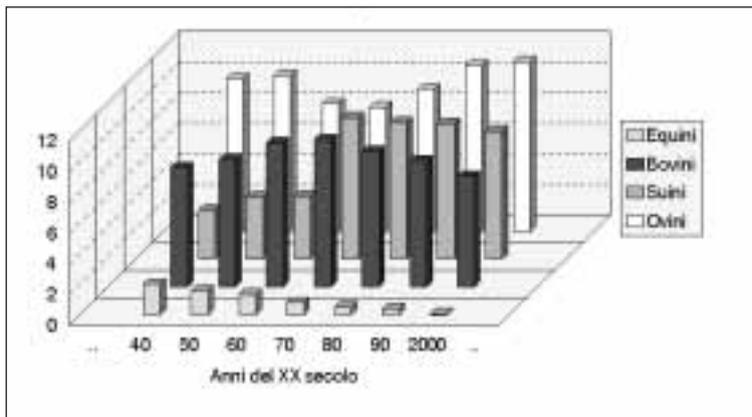
FRUMENTO



MAIS



PATATA E BARBABIETOLA DA ZUCCHERO

PATRIMONIO ZOOTECNICO
(n° capi x 1.000.000)

BIBLIOGRAFIA

- ACCADEMIA NAZIONALE DI AGRICOLTURA, *Agricoltura e ambiente*, Bologna, 1991.
- ALLEN H. P., *I.C.I. Plant protection Division experience with direct drilling systems 1961-1974*, «*Outlook Agricul.*», 8, 1975, pp. 213-215.
- ANDERLINI R., *9000 anni di fertilità*, Bologna, 1981.
- ARNON D.L., *The effect of ammonium and nitrate nitrogen on the mineral composition and sap characteristics of barley*, «*Soil. Sci.*», 48, 1939, pp. 295-307.
- BALDONI R. e CANDURA G., *Sull'aratura a profondità variabile*, «*Progresso agricolo*», 12, 1956, pp. 1108-1123.
- BALLATORE G.P., ZANINI E., *Fertilizzazioni in funzione dell'irrigazione*, «*Concimi e concimazioni*», 6, 1968, pp. 3-9.
- BEIJERINK M.W., *Ueber oligonitrophile Mikroben*, «*Centr. Bakt.*», 7, 1901, p. 561.
- BERTELOT M., *C. R. Acad. Sci.*, 1885, 101, 775.
- BLANEY H.F., CRIDDLE W.D., *Determining water requirements in irrigated areas from climatological and irrigation data*, U.S. Department SCS, TP - 96, 1950.
- BONCIARELLI F., *Agronomia*, Bologna, 1976.
- BONCIARELLI F., *Fondamenti di agronomia generale*, Bologna, 1989.
- BRIAN R. C., *The history and classification of herbicides*, in *Herbicides* v.1, 1-54. London, 1976.
- BRIGGS L. J. e SHANTZ H. L., *The water requirements of plants*, U.S. Dept. of Agr., Bureau of plant Industry, 1913, Bull. 285.
- CATTIVELLI L., LORENZETTI F., SALAMINI F., *Biotechnologia e miglioramento genetico delle piante*, «*Agricoltura*», 1989, a. 37, n. 201-202, pp. 66-79.
- CAVAZZA L., *Il problema dell'avvicendamento delle colture nella moderna agricoltura*, «*Rivista di Agronomia*», 1975, VIII, pp. 5-22.
- CAVAZZA L., *Fisica del terreno agrario*, Torino, 1981.
- CEOTTO E., DONATELLI M., QUARANTA F., RINALDI M., *Il modello EPIC nella simulazione di sistemi culturali attuati in ambienti italiani: I. Analisi della sensibilità*, «*Agricoltura Ricerca*», 1993, 141, pp. 27-39.
- CHOW V.T., *General formula for hydrologic frequency analysis*, *Trans. Amer. Geophys. Union*, 1951, 32, pp. 231-237.
- CHOW V.T., *The log-probability law and its engineering applications*, *Amer. Soc. Civil Engin.*, 80, 1954, (sep.536).
- CLARK K.G., *Urea-Form. New nitrogen fertilizer*, «*Crop and Soils*», 1952, 4, pp. 14-15.
- COOKE G. W., *Les engrais en l'an 2000*, «*Phosphore et agriculture*», 1972, a. 23, n. 53, pp. 1-16.
- COVARELLI G., *Prove sperimentali con concimazione liquida azotata localizzata a mais e sorgo*, «*Maydica*», 1968, 13, pp. 70-80.
- DE CILLIS U., *L'apporto del miglioramento genetico alla produzione frumentaria italiana*, *Atti Conv. Naz. sulla Cerealcoltura*, Forlì, Bologna, 1960, pp. 17-27.
- DE DOMINICIS A., *Absorbimento di cationi e anioni da parte del terreno*, *Staz. Sper. Agr. Ital.*, 1914, pp. 47-449.
- DOORENBOS J., KASSAN A.H., *Yield response to water*, «*Irrigation and drainage*», paper n. 33, FAO, Roma, 1977.
- DOORENBOS J., PRUITT W. O., *Guidelines for predicting crop water requirements*, «*Irrigation and drainage*», paper n. 24, FAO, Roma, 1977.

- DRAKE M., VENGRIS J., COLBY W.G., *Cation exchange capacity of plant roots*, «Soil Science», 1951, 72, pp. 139-148.
- EGGELSMANN R., *Drän-anleitung*, Hamburg, 1973.
- FISHER R.A., *Statistical methods for research workers*, Edinburgh, 1925.
- FISHER R.A., YATES F., *Statistical tables*, Edinburgh, 1938.
- FOTI S., *Lavori profondi e concimi minerali in ambiente caldo arido*, «L'Italia Agricola», 1958, n. 12.
- GASPARINI M., *Aspetti agronomici della meccanizzazione collinare in Toscana*, in *Meccanizzazione collinare*, Atti Conv., Firenze, 1959.
- GASPARINI M., *La esaltazione della capacità produttiva del terreno attraverso la perfezione del lavoro meccanico e la regimazione delle acque profonde*, in *Conv. Naz. sulla Meccanizzazione agric. nei terreni declivi*, Pesaro, 1964.
- GASPARINI M., *Evoluzione delle sistemazioni idraulico-agrarie nelle terre declivi*, in *Difesa e conservazione del suolo dalle erosioni idrogeologiche*, Roma, 1970.
- GASPARINI M., ALINARI E., *La correzione dei terreni argillosi alcalini*, «L'Italia Agricola», 1949, 5, pp. 3-6.
- GASPARINI M., ALINARI E., *Ricerche sui fenomeni chimico-fisici relativi alla struttura dei terreni argillosi*, Firenze, 1951.
- GEDROIZ K.K., *Soil-absorbing complex and the absorbed cations as a basis of genetic soil classification*, Nossov Agric. Exp. Sta., 1925, Agr. Chem. Div., paper 38.
- GIORGI E., *Su alcuni aspetti del mondo rurale italiano*, Milano, 1961.
- GOLDBERG FEDERICO L., *Aspetti chimici dell'inquinamento del suolo*, in *Aspetti chimici e microbiologici dell'inquinamento del suolo*, Atti Conv., Milano, 1974, pp. 9-70.
- GORING C.A.I., *Control of nitrification by 2-chloro-6-(trichloromethyl) piridine*, «Soil Sci.», 1962, 93, pp. 211-224.
- GORING C.A.I., *Control of nitrification of ammonium fertilizers and urea by 2-chloro-6-(trichloromethyl) piridine*, «Soil Sci.», 1962, 93, pp. 431-439.
- GREEN M.B., McCULLOCH A., *Energy consideration in the use of erbicides*, «Journ. Sci. Agric.», 1976, 27, pp. 95-100.
- GUIDOBONI G., MANNINI P., *Drenaggio e subirrigazione*, Bologna, 1993.
- GUMBEL E.J., *Statistical theory of extreme values and some practical applications*, US Bureau of Standards, 1954, s. 33.
- HELLRIEGEL H., WILFATH H., *Recherches sur l'alimentation azotée des graminées et des légumineuses*, «Ann. Sci. Agron.», 1891, 7, pp. 84 e 189.
- HENDRICKS S.B., FRAY W.H., *The results of X-ray and microscopical examination of soil colloids*, «Soil Science», 1930, 29, p. 457.
- HÉNIN S., FEOFOROFF A., GRAS R., MONNIER G., *Le profil cultural*, Paris, 1960.
- HÉNIN S., GRAS R., MONNIER G., *Le profil cultural*, Paris, 1969.
- HOMÈS M.V.L., *Alimentation minérale équilibrée des végétaux*, Universa, 1961
- JONES H.A., CLARKE A.E., *Inheritance of male sterility in the onion and the production of hybrid seed*, «Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.», 1943, 43, pp. 189-194.
- KIRPICH P.Z., *Time of concentration of small agricultural watersheds*, «Civil Engin.», 1940, 10, p. 362.
- LANDI R., *Agronomia e ambiente*, Bologna, 1999.
- LANDI R., *I fertilizzanti azotati a lento effetto: meccanismi d'azione e prospettive d'impiego*, «Rivista di Agronomia», 1972, a. VI, pp. 28-43.

- LANDI R., *I problemi della concimazione azotata ed i nuovi fertilizzanti a lento effetto*, «Atti Accademia dei Georgofili», 1970, v. XVII, s. VII, pp. 1-42.
- LANDI R., *La concimazione fluida*, «L'Italia agricola», 1978, a. 115; 9, 29-71.
- LANDI R., *La profonda evoluzione del «corpo agronomico» nel XX secolo*, «Atti Acc. Naz. di Agricoltura», 1997, a. CXVI e CXVII, pp. 185-216.
- LANDI R., *Riflessioni sull'evoluzione del pensiero agronomico in materia di fertilità*, «L'Italia Agricola», 1979, a. 116, 2, pp. 70-91.
- LIEBIG J., *Chimie appliqué à la physiologie végétale et à l'agriculture*, Paris, 1844.
- MANNOZZI TORINI S., *Sugli avvicendamenti*, «Atti Accademia dei Georgofili», Cont. 3, 1823, pp. 272-313.
- MANNOZZI TORINI S., *Sugli avvicendamenti*, in *Memorie dei Georgofili (1753-1853) rilette oggi*, Firenze, Accademia dei Georgofili, 1995, pp. 333-387
- MANZONI L., PUPPO A., *Ricerche sulla traspirazione e sul consumo idrico delle piante*, CNR, Comitato per l'Agricoltura, Roma, 1944.
- MEDICI G., *L'irrigazione in Italia*, Bologna, 1985.
- MITCHERLICH E.A., *Die Bestimmungdes Dungerbedürfnisses des Bodens*, Berlin, 1930.
- NICCOLI V., FANTI A., *Prontuario dell'agricoltore*, Milano, 1941.
- OLIVA A., *Le sistemazioni idraulico agrarie*, Firenze, 1938.
- OLIVA A., *Trattato di agronomia generale*, Milano, 1948.
- OLIVA A., GASPARINI M., *Il frumento nella montagna*, Bologna, 1943.
- OWEN F.V., *Cytoplasmically inherited male-sterility in sugar beets*, «Journ. of Agricultural Research», 1945, 71, pp. 423-440.
- PASQUINUCCI G., *Messa a punto della priorità nella scoperta delle applicazioni nitriche in inverno ai frumenti*, Montevarchi, 1949.
- PELLIZZI G., *Meccanica e meccanizzazione agricola*, Bologna, 1996.
- PENMAN H.L., *Natural evapotranspiration from open water, bare soil and grass*, «Proc. Roy. Soc. of London», 1948, 193, pp. 120-145
- PENMAN H.L., *Estimating evapotranspiration*, Trans. Amer. Geophysic. Union, 1956, 37, pp. 43-46.
- PERICCIOLI M., *Le sistemazioni della collina argillosa in funzione dei nuovi mezzi agronomici*, «Atti Accademia dei Georgofili», 1956, a. II.
- POIRÉE M., OLLIER C., *Assainissement agricole*, Paris, 1965.
- PRATT P.F., *Quality criteria for trace elements in irrigation waters*, Riverside Exper. Station, Univ. of California, 1972.
- Problematiche dell'agricoltura italiana. Scenari possibili 2. L'acqua una risorsa preziosa*, a cura di L. Cavazza, Bologna, 2001.
- Problematiche dell'agricoltura italiana. Scenari possibili 3. Possibilità evolutive di destinazioni culturali e pacchetti tecnologici*, a cura di E. Bonari, Bologna, 2001.
- RIDOLFI C., *Teoria degli avvicendamenti*, «Giornale agrario toscano», 1847, XXII, pp. 67-68.
- RIDOLFI C., *Della coltura miglioratrice*, Firenze, 1860.
- RIDOLFI C., *Lezioni orali di agraria*, 3.a edizione, Firenze, 1868.
- ROTINI O.T., SEQUI P., *Progressi nella fertilità del suolo e nella nutrizione delle piante*, «Agricoltura», 1974, 6, pp. 40-48.
- ROTINI O.T., *La trasformazione enzimatica dell'urea nel terreno*, Ann. Lab. Farm. «Spallanzani» 3, 1935, p. 143.

- RUSSELL J., *Soil conditions and plant growth*, London, 1950.
- SERPIERI A., *Istituzioni di Economia Agraria*, Bologna, 1946.
- SIA, *Atti del XIX Convegno annuale sulla «Lavorazione del suolo»*, «Rivista di Agronomia», 1986, a. XX, n. 2/3.
- SMITH D.D., *Interpretation of soil conservation data for field use*, «Agric. Eng.», 1941, 22, pp. 173-175.
- SMITH D.D., WISCHMEIER W.H., *Rainfall erosion*, «Advances in Agronomy», 1962, 14, pp. 109-148.
- SMITH M., *Report on the expert consultation procedures for revision of FAO guidelines for prediction of crop water requirements*, Roma, FAO, 1991.
- S.O.I. Sezione Frutticoltura, *Atti Conv. Naz. «La coltura dell'Actinidia»*, Faenza, 1996.
- STEFANELLI G., *La meccanica agraria e le lavorazioni profonde nei terreni argillosi di pianura*, in *Atti del conv. Naz. sulle lavorazioni dei terr. argill. di pianura*, Rovigo, 1954.
- STEFANELLI G., *La lavorazione dei terreni argillosi*, in *Le argille e i terreni argillosi*, 1° Simp. Intern. di Agrochimica, Pisa, 1957.
- STEPHENS J.C., HOLLAND R.F., *Cytoplasmic male-sterility for hybrid sorghum seed production*, «Agronomy Journal», 1954, 46, pp. 20-23.
- STUDENT (W.S.GOSSET), *On the probable error of a mean*, «Biometrika», 1908, v. 6.
- TASSINARI G., *Manuale dell'agronomo*, Roma, 1941.
- TESI R., *Colture protette*, Bologna, 1994.
- TESI R., *Mezzi di protezione per l'ortoflorofruitticoltura ed il vivaismo*, Bologna, 1999.
- THORNTHWAITE C.W., HOLZMAN B., *Measurement of evaporation from land and water surfaces*, U. S. Dept. Agr. Techn., 1942, bell. 817.
- TODERI G., *Moderni orientamenti nella lavorazione dei terreni*, «L'Informatore Agrario», 1995, 23, pp. 27-31.
- UNACOMA, *50 anni di meccanizzazione agricola*, Firenze, Accademia dei Georgofili, 1995.
- WISCHMEIER W.H., SMITH D.D. (1958) *Rainfall energy and its relationship to soil loss*, Trans. Amer. Geoph. Union, 39, pp. 285-291.
- WISCHMEIER W.H., SMITH D.D., *A universal soil loss equation to guide conservation farm planning*, Trans. 7th Intern. Congr. of soil science, 1960, 1, pp. 418-425.
- WISCHMEIER W.H., SMITH D.D. *Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning*, USDA Agric. Handbook, 1978, n. 537.
- YEE J.Y., LOVE K.S., *Nitrification of urea-formaldehyde reaction products*, Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 1946, 11, pp. 389-392.

MARIO LUCIFERO, ALESSANDRO GIORGETTI

ALLEVAMENTI ZOOTECNICI

Le acquisizioni scientifiche degli ultimi due secoli hanno consentito innovazioni tecnologiche che hanno interessato tutti i settori produttivi, compresa l'agricoltura. All'interno del settore agricolo il comparto zootecnico ha mostrato all'inizio alcuni ritardi, più accentuati in Italia e in altri Paesi mediterranei rispetto a quelli dell'Europa centrale e settentrionale. Infatti nel passato la zootecnia era prevalentemente considerata, specialmente nel nostro Paese, in cui lo sviluppo economico e la meccanizzazione agricola sono avvenuti in epoca più recente, fornitrice di servizi (lavoro e letame) più che attività produttiva indipendente e in grado di fornire reddito.

Dalla fine del XIX secolo tuttavia, grazie soprattutto alle numerose scoperte in campo biologico, che hanno portato ad una progressiva conoscenza dei meccanismi della trasmissione ereditaria dei caratteri, dell'utilizzazione nutritiva degli alimenti, della riproduzione e dei sistemi di integrazione nervosi e ormonali, l'allevamento animale ha iniziato un'evoluzione che ha interessato tutte le specie zootecniche e che ha consentito miglioramenti produttivi di grande entità, favoriti dagli enormi progressi nella medicina veterinaria. Basti pensare alla produzione di latte che, in appena cento anni, nelle razze bovine specializzate, è incrementata di 6-7 volte, o a quella della carne che ha visto, nei bovini selezionati per questa attitudine, un miglioramento dell'indice di conversione degli alimenti e dell'incremento medio giornaliero di circa il 50%. Tali incrementi produttivi sono ancora più sorprendenti se si considera che in migliaia di anni di storia dell'allevamento animale i progressi erano stati di scarsissima entità.

Le scoperte scientifiche di base che hanno favorito l'evoluzione della zootecnica, nei campi della nutrizione, della genetica e della riproduzione animale, si devono soprattutto a studiosi tedeschi, britannici, scandinavi e americani e, solo in parte, francesi, olandesi e italiani.

È difficile quantificare l'apporto dell'Italia al progresso scientifico applicato alla zootecnica; gli autori di riferimento, soprattutto nei settori trainanti

della nutrizione e della genetica, sono prevalentemente nordeuropei o americani, dal che si può dedurre che esso sia stato inferiore a quello d'altri Paesi tecnologicamente avanzati. D'altra parte una situazione simile si osserva anche in molti altri settori delle scienze e delle tecnologie, con le aggravanti, nel campo specifico, del ritardo con il quale l'Italia è entrata nel novero dei Paesi sviluppati, delle profonde modificazioni che hanno caratterizzato la zootecnia del secondo dopoguerra e delle esigue risorse finanziarie destinate alla ricerca zootecnica. Ciò nonostante, negli ultimi decenni sono andate sviluppandosi tematiche di ricerca, quali quelle sulla qualità dei prodotti d'origine animale e sui rapporti tra produzioni e salute umana, sui metodi di produzione biologica, sull'allevamento di specie non convenzionali, sull'ottimizzazione dei sistemi di produzione, sulle biotecnologie avanzate, che vedono il nostro Paese in linea con quelli più progrediti o addirittura assumere, in alcuni casi, un ruolo di leader. A valle della ricerca, l'imprenditoria zootecnica ha fatto tesoro delle emergenti acquisizioni, applicando, spesso con originalità, i nuovi saperi ai sistemi di produzione, con risultati spesso molto positivi sia in termini di quantità, sia in termini di qualità dei prodotti.

Certamente non era così, ancora nei primi anni settanta, quando per iniziativa di alcuni studiosi di diversi Atenei nel 1973 nasceva l'Associazione Scientifica di Produzione Animale (ASPA), sull'esempio d'iniziative analoghe che avevano interessato, spesso in periodi di molto precedenti, altri Paesi sviluppati. L'ASPA, come scrisse Giancarlo Geri due anni dopo, era «destinata a riunire i docenti di discipline zootecniche delle Università italiane e quanti, come costoro, esplicano prevalente attività di studio e di ricerca nel medesimo campo». I tempi erano ormai maturi per «un'alleanza che stimolasse il progresso della scienza zootecnica e coordinasse lo studio dei problemi tecnici ed economici della produzione animale». Nel 1975, appena due anni dopo la nascita dell'ASPA, iniziava la pubblicazione dell'organo ufficiale dell'Associazione, la rivista «Zootecnica e Nutrizione Animale» (oggi pubblicata in lingua inglese con il titolo «Italian Journal of Animal Science»), con il coordinamento scientifico di Elvio Borgioli, che ha contribuito in maniera significativa allo sviluppo scientifico ed a quello dell'allevamento animale nel nostro Paese.

A tre decenni di distanza dalla sua fondazione si può affermare che l'ASPA ha soddisfatto in pieno le aspettative, divenendo uno dei motori principali dell'evoluzione zootecnica del nostro Paese e rappresentando il punto di riferimento per studiosi, tecnici e operatori del settore.

Una riflessione sulla zootecnia nazionale degli ultimi anni e sullo sviluppo scientifico e tecnologico che ne ha determinato l'evoluzione non può comunque prescindere da alcune considerazioni preliminari. La prima è che i processi e le finalità produttive si sono in gran parte «globalizzate» e sono diventate comuni a tutti i Paesi industrializzati, come risultato della circolazione delle conoscenze scientifiche e della loro applicazione. Ciò non significa che l'efficienza di produzione e la qualità dei prodotti siano uguali ovunque; anzi, da questo punto di vista si può affermare che l'Italia ha, in molti comparti zootecnici, superato il gap tecnologico rispetto ai Paesi con le più forti tradizioni zootecniche ancora presente nella prima metà del secolo scorso e, in certi casi, ha assunto un ruolo di eccellenza.

La seconda è la notevole multiformità e differenziazione su base locale degli allevamenti, in parte quale eredità del passato, con diverse impostazioni, da regione a regione, delle attività agrozootecniche, e in parte quale adattamento alle specifiche situazioni locali, riflesso delle differenti vocazioni del territorio e delle diverse sensibilità imprenditoriali. Ne risulta un quadro zootecnico complessivo estremamente variegato con altissimo grado di diversificazione, causa insieme di debolezza e di forza per l'intero settore.

Infine, la graduale trasformazione della zootecnica da un coacervo di conoscenze empiriche ad un insieme di scienze che trovano le loro basi dottrinarie nella fisiologia animale e nelle scienze matematiche, chimiche e biologiche ha avuto, nel nostro Paese, un primo impulso solo a partire dalla prima metà del secolo scorso e poi, più intensamente, nell'ultimo trentennio. Le origini di questa evoluzione vanno perciò ricercate almeno un secolo indietro.

IL PROGRESSO SCIENTIFICO

Nutrizione e alimentazione animale

L'importanza dell'alimentazione è conosciuta, a livello empirico, fin dal mondo classico, ma solo negli ultimi 150 anni sono stati affrontati scientificamente i problemi legati ad un'alimentazione corretta, in grado cioè di soddisfare le esigenze nutritive degli animali in produzione zootecnica, a partire da specifiche conoscenze della fisiologia della nutrizione e da stime attendibili del valore nutrizionale degli alimenti utilizzati. Solo un'alimentazione appropriata, in termini quantitativi e qualitativi, è in grado infatti di realizzare le produzioni «attese» sulla base delle intrinseche potenzialità degli ani-

mali allevati e questa consapevolezza è stata sempre presente negli allevatori, indipendentemente dal livello di sviluppo tecnologico, dal periodo storico e dall'area geografica e culturale considerata.

In Italia notevoli progressi nelle tecniche di allevamento e nella salvaguardia della salute degli animali furono compiuti nella prima metà del secolo scorso, tenuto conto anche del fatto che la scienza zootecnica era stata per secoli «cenerentola» all'interno del già arretrato scenario del sapere agrario, che fino alla seconda metà del Settecento era più basato su superstizioni e sulle predizioni astrologiche che sulla sperimentazione. La Toscana dei Lorena, con la sua Accademia dei Georgofili, il Lombardo-Veneto con la Società Agraria di Lombardia e il Piemonte con l'Accademia dell'Agricoltura di Torino furono i primi a uscire dal buio dell'ignoranza agraria e posero le fondamenta di quello sviluppo che, dopo l'Unità, cominciò a dare i suoi frutti agli inizi del ventesimo secolo.

È tuttavia solo nella seconda metà del secolo scorso che si è cominciato, non solo nel mondo della ricerca ma anche in quello imprenditoriale, a quantificare scientificamente il rapporto tra nutrizione da un lato e produzione (quantitativa e qualitativa) dall'altro nei diversi ambienti e con i differenti mezzi tecnici caratteristici della multiforme realtà agrozootecnica del nostro Paese.

Le basi della scienza della nutrizione sono in gran parte di provenienza straniera. Le caratteristiche oggettive degli alimenti (d'uso umano e animale) hanno cominciato ad essere conosciute alla fine del XVIII secolo grazie agli studi di calorimetria effettuati dal francese Antoine Lavoisier che è considerato il fondatore della chimica moderna.

Nel campo della nutrizione animale agli inizi del XIX secolo i tedeschi Thaer ed Einhoff avevano proposto un metodo di stima del valore nutritivo dei foraggi, noto come «metodo degli equivalenti in fieno»; Henneberg e Stohmann avevano messo a punto un sistema di valutazione chimica (sistema Weende) che, nei suoi principi generali, è rimasto quasi immutato fino ai nostri giorni; Wolff e Lehmann avevano proposto il primo metodo di valutazione scientifica degli alimenti introducendo il concetto di potere energetico. Più o meno negli stessi anni Magendie e Boussingault avevano dimostrato l'indispensabilità della presenza di azoto negli alimenti e von Liebig aveva distinto le sostanze nutritive in «respiratorie» (glucidi e lipidi) e «plastiche» (proteine).

Gli inizi del XX secolo videro la comparsa e l'ampia utilizzazione di metodi rigorosi di valutazione degli alimenti destinati ai ruminanti: il metodo

delle Unità Amido di Kellner, quello delle Unità Foraggiere di Fijord e Hansson e quello dell'Energia Netta di Armsby.

Si era andata così costruendo, in poco più di un secolo, la base scientifica che consentirà, di lì a poco, di ottenere quei progressi in campo produttivo che hanno caratterizzato gli ultimi 50 anni.

Nella seconda metà del secolo scorso le tecniche di valutazione degli alimenti per il bestiame si affinarono ulteriormente, con la considerazione di parametri, indipendenti dall'alimento ma dipendenti dall'animale utilizzatore, in grado di influenzare notevolmente il valore nutrizionale di una dieta e la sua risposta produttiva. Prendeva così maggiore sostanza scientifica e soprattutto pratica non solo la differenziazione fondamentale tra mammiferi monogastrici (e, all'interno di questo gruppo, tra gli onnivori come i suini, gli erbivori con grande sviluppo del cieco come gli equini e gli erbivori che sfruttano il meccanismo della ciecotrofia per il miglioramento dell'efficienza di digestione come i lagomorfi) e ruminanti ma, tra questi ultimi, anche la distinzione tra le diverse attitudini produttive.

La prima innovazione scientifica rispetto al passato ha riguardato la comprensione della non-linearità tra livello nutritivo fornito ad un animale ed energia disponibile per le produzioni, definita energia netta. Già negli anni Trenta, infatti, era stato osservato che l'energia netta di un alimento non è costante ma tende a diminuire all'aumentare del livello nutritivo. Nel secondo dopoguerra numerosi ricercatori, tra i quali spiccano Blaxter e Van Es, ampliarono le conoscenze sull'utilizzazione dell'energia metabolizzabile, individuando in alcune caratteristiche qualitative della razione, e principalmente nel rapporto tra foraggi e concentrati, e naturalmente nella composizione degli stessi, altri fattori responsabili dell'efficienza di trasformazione dell'energia metabolizzabile in energia netta. Tra gli anni Cinquanta e Settanta fu accertato che l'efficienza di conversione dell'energia metabolizzabile in netta è diversa a seconda del tipo di produzione: il rendimento è massimo quando la razione viene utilizzata per il mantenimento dell'animale, è più bassa per la produzione di latte, è ancora più bassa per l'ingrasso dei soggetti adulti e subadulti.

In conclusione l'energia netta di un alimento non è una costante ma una variabile dipendente dalla specie animale utilizzatrice, dal tipo di produzione, dal livello nutritivo globale della razione, nonché, come è stato messo in luce negli anni Settanta e Ottanta, dalla composizione della razione: un alimento povero, di scarsa digeribilità e di modesto valore nutritivo, può mi-

gliorare sensibilmente le sue caratteristiche nutrizionali, compresa la sua energia netta, in seguito all'associazione con alimenti facilmente digeribili e di elevato valore energetico. Questi effetti associativi vengono considerati nel cosiddetto «sistema Rostock», proposto nel 1971 da Schiemann ed utilizzato, nei decenni scorsi, soprattutto nella Repubblica Democratica Tedesca.

Negli anni dal 1950 al 1980 sono stati proposti numerosi metodi di stima del valore nutritivo, spesso abbastanza diversi a seconda del singolo Paese o, più spesso, del sistema di produzione prevalente in certe condizioni produttive. Basti pensare al metodo francese di Leroy, basato sui cosiddetti «equivalenti foraggeri», al sistema britannico dell'energia metabolizzabile, a quello di Nehring per gli animali da carne (che si può considerare un'evoluzione del sistema Kellner), al sistema olandese di Van Es, ai sistemi americani per le vacche da latte (Flatt) e per i bovini da carne (Lofgreen e Garret).

Gli effetti associativi coinvolgono non solo gli aspetti energetici ma anche quelli proteici, ed è proprio sulla qualità proteica che sono andate sviluppandosi, negli ultimi decenni, metodologie corrette di stima del valore nutrizionale a partire da importanti acquisizioni scientifiche.

Già dai primi anni del secolo scorso ci si rese conto che per l'uomo e gli altri monogastrici era necessario assumere con la dieta alcuni aminoacidi, chiamati «indispensabili» o «essenziali» perché non possono essere sintetizzati dall'organismo. Venne quindi coniato il termine «valore biologico» delle proteine da Thomas e, intorno agli anni venti, Mitchell lo definì correttamente come il rapporto tra azoto trattenuto dall'animale e azoto effettivamente assorbito dallo stesso. Successivamente vennero proposti numerosi metodi di stima del valore biologico semplicemente a partire dal contenuto in aminoacidi essenziali, senza ricorrere alle complesse sperimentazioni *in vivo*. Tali stime sarebbero diventate, a partire dagli anni sessanta, estremamente semplici e rapide con l'introduzione e l'ampia diffusione, nei laboratori scientifici, degli analizzatori automatici di aminoacidi.

Questi aspetti della nutrizione avevano però riguardato esclusivamente i monogastrici, dato che i ruminanti, a causa dei batteri e dei protozoi simbiotici, in grado di sintetizzare, almeno in teoria, tutti gli aminoacidi, venivano considerati completamente svincolati dall'esigenza di assumere aminoacidi essenziali con la dieta. In seguito, intorno agli anni '60, ci si rese conto dell'importanza della composizione aminoacidica della dieta anche per i ruminanti che, pure se non esigenti come i monogastrici, dimostravano di av-

vantaggiarsi di diete equilibrate anche dal punto di vista proteico. Così tutti gli ultimi metodi di stima del valore nutritivo degli alimenti destinati ai ruminanti che, direttamente o indirettamente, si rifanno agli studi del Blaxter: sistema britannico dell'energia metabolizzabile; sistemi francese, svizzero e olandese; sistema americano Cornell (Cornell Net Carbohydrate and Protein System) prendono contemporaneamente in considerazione sia l'aspetto energetico che la qualità proteica.

È opportuno ricordare che di norma, a livello ruminale, si ha una nobilitazione dell'azoto alimentare a causa delle grandi capacità aminoacido-sintetiche dei batteri ruminanti e, di conseguenza, della parziale trasformazione delle proteine vegetali alimentari, generalmente di scarso valore biologico, in proteine batteriche, di più alto valore. I batteri rappresentano poi una voce importante nell'alimentazione dei protozoi; questi, a loro volta, trasformano parte della proteina batterica in proteina protozoaria, di ancora più elevato valore biologico, che poi sarà digerita dall'ospite a livello gastrico e intestinale.

In altri termini, nei ruminanti, quello che giunge a livello dello stomaco ghiandolare (abomaso) è profondamente diverso da quello che gli animali introducono nella bocca, non solo dal punto di vista dei carboidrati (trasformati in acidi grassi volatili) ma anche sotto il profilo azotato e i progressi nella comprensione del funzionamento del rumine hanno fatto compiere un salto di qualità fondamentale per l'ottimizzazione dell'alimentazione. Queste conoscenze di fisiologia, già note da alcuni decenni, sono state più o meno completamente utilizzate nei moderni metodi di stima del valore nutritivo, il quale, vista l'importanza delle componenti azotate, non può più essere considerato un semplice sinonimo di energia netta, come avveniva nei metodi della prima metà del secolo scorso ed anche delle prime decadi della seconda metà, ma assume un significato più ampio che va al di là del semplice valore energetico.

Il nostro Paese, nel campo della nutrizione animale, è stato per molte decadi a rimorchio di altre nazioni europee, più organizzate e attive sia nel settore più propriamente sperimentale che in quello, applicato, delle produzioni. Fino a pochi anni fa, per l'analisi degli alimenti, si faceva riferimento a metodologie derivate pedissequamente dal sistema Weende, o sviluppati dall'«Agricultural Research Council» britannico o dal «National Research Council» americano ed era ancora in uso un sistema di stima del valore nutritivo degli alimenti per i ruminanti basato, almeno nominalmente, sulle Unità Foraggiere scandinave, anche se in realtà i calcoli erano realizzati a par-

tire dalle metodologie caratteristiche delle Unità Amido di Kellner. Solo a partire dai primi anni ottanta è stato adottato, anche nella pratica zootecnica, il più affidabile nuovo sistema francese, proposto dall'INRA, delle cosiddette Unità Foraggiere Carne (UFC) e Unità Foraggiere Latte (UFL) e, contemporaneamente, il mondo italiano della ricerca nel settore della nutrizione si è mosso con una certa autonomia attraverso il lavoro di varie commissioni di studio promosse dalla già ricordata ASPA. Da queste sono scaturite, con uno sforzo di razionalizzazione e ammodernamento, metodologie più idonee per la valutazione chimico-biologica degli alimenti, che hanno fornito non solo uno strumento operativo di riferimento ma anche evidenziato le caratteristiche peculiari di alimenti o sottoprodotti specifici del nostro Paese o comunque con caratteristiche diverse nel nostro rispetto a quelli di Paesi limitrofi, per differenze climatiche, pedologiche o culturali.

Un settore parallelo di ricerca, fortemente sviluppatosi a partire dagli anni sessanta, è stato quello della stima della digeribilità *in vitro* degli alimenti destinati ai ruminanti. È infatti da tenere presente che la conoscenza della digeribilità rappresenta un passo fondamentale e ineludibile per la valutazione dell'energia netta di un alimento e, d'altro canto, le classiche prove di digeribilità che si compiono sugli animali necessitano di attrezzature ingombranti, richiedono grande dispendio di tempo e sono piuttosto costose. Da qui l'esigenza, per i nutrizionisti, di trovare alternative alle prove *in vivo*, in grado di fornire risposte rapide e affidabili, magari contemporaneamente per molti alimenti, a costi contenuti. Il sistema del *rumine artificiale*, sorta di fermentatore da laboratorio in grado di simulare i processi di degradazione ruminale e soprattutto i *microrumini*, hanno cominciato a risolvere il problema a partire dalla seconda metà del secolo scorso. Particolare successo ha avuto il metodo messo a punto in Gran Bretagna da Tilley e Terry nel 1963 che simula sia la digestione a livello ruminale che quella a livello abomasale.

Negli anni immediatamente successivi il sistema fu trasferito in Italia da Giancarlo Geri, che apportò anche alcune modifiche tecniche migliorative e cominciò ad usare, come donatori del liquido ruminale, ovini mantenuti ad alimentazione controllata ai quali veniva applicata una cannula semipermanente al primo prestomaco. Il metodo *Tilley-Terry* originale, o più spesso modificato (in Italia secondo le proposte di Geri e della sua *équipe*), fu usato per la stima della digeribilità di un grandissimo numero di alimenti in tutti i Paesi, e qualche volta viene impiegato ancora oggi per la sua notevole semplicità, rapidità e per i costi contenuti, anche se ormai superato dai più moderni si-

stemi basati sul cosiddetto *nylon bag*, che prevede l'introduzione, direttamente nel rumine, di campioni di alimento da saggiare. La crescente sensibilità nel mondo della ricerca zootecnica per il reperimento di soluzioni il meno stressanti possibile per gli animali, ha determinato il recente sviluppo, anche nel nostro Paese, delle tecniche dei fermentatori *in vitro*, che consentono accurate determinazioni dei gas ruminali prodotti e della loro cinetica. Mentre il metodo dei nylon bag, che si può considerare un *vivo-vitro*, utilizza animali sperimentali, il metodo dei fermentatori, evoluzione di quelli in uso negli anni sessanta, può far ricorso a contenuto ruminale prelevato al momento della macellazione presso gli impianti commerciali (come peraltro anche nel caso dei microrumini), anche se finora, nella maggior parte dei centri di ricerca italiani e stranieri, si sono utilizzati animali cannulati.

Sempre nel campo della nutrizione non possono infine essere dimenticate le scoperte scientifiche riguardanti le vitamine e gli oligoelementi minerali, per i riflessi che queste hanno avuto, prima ancora che in campo zootecnico, nella medicina umana. Le principali conoscenze in questo settore sono avvenute nella prima metà del secolo scorso, ma l'applicazione pratica delle scoperte e la loro ampia utilizzazione a livello zootecnico, ovviamente soprattutto nei settori suinicolo e avicolo, è avvenuta, nel nostro Paese, solo negli ultimi 50 anni.

La prima vitamina scoperta fu la tiamina, conosciuta anche come anti-beriberica o vitamina B1. La tiamina, come le altre sostanze vitaminiche, è presente in alcuni alimenti solo in piccola quantità, almeno in confronto ai grossi raggruppamenti molecolari che formano la stragrande maggioranza della sostanza secca di un alimento e, d'altra parte, è biologicamente attiva in piccolissime dosi; questa può essere la ragione principale del perché le vitamine sono state scoperte così tardi. Dopo la tiamina, nel corso del XX secolo, sono state scoperte una ventina di altre molecole indispensabili alla vita e attive a dosaggi molto bassi, e non è escluso che altre vitamine aspettino ancora una loro identificazione.

Genetica e riproduzione

Come è noto la genetica è nata nella seconda metà dell'Ottocento con le esperienze di Gregor Mendel, le cui «leggi», ignorate per decenni, furono riscoperte solo nella prima metà del XX secolo; le sue basi scientifiche sono per-

ciò ancora più recenti rispetto a quelle della nutrizione ed alimentazione. Anche in questo campo l'Italia è entrata con ritardo nella comprensione ed utilizzazione dei suoi principi fondamentali; ancora nei primi decenni del secolo scorso la zootecnia italiana, influenzata più dalla scuola francese che da quelle tedesca e britannica, era infatti legata ai vecchi concetti della ginnastica funzionale come responsabile di modificazioni morfofunzionali ereditarie. Di questa situazione era peraltro cosciente Renzo Giuliani che, già nel 1921, lamentava come in Italia si affrontassero le problematiche dell'allevamento animale in maniera completamente svincolata dalle nuove acquisizioni delle scienze biologiche ed auspicava un nostro impegno nello studio della genetica. Nell'Europa settentrionale e negli Stati Uniti infatti, dopo la riscoperta delle leggi di Mendel e la verifica della loro validità per alcuni caratteri qualitativi, già nel periodo tra le due guerre mondiali si erano cominciati ad affrontare i problemi della trasmissione ereditaria dei caratteri quantitativi, legati alle produzioni animali. In seguito, a partire dalle ricerche di numerosi studiosi americani e britannici, il Lush, della Iowa State University, che è giustamente considerato il padre della genetica applicata all'allevamento animale, formulò la teoria generale dell'eredità dei caratteri quantitativi, pubblicata nel 1945, introducendo i principi della genetica di popolazione nel miglioramento degli animali domestici.

Nel frattempo si registravano notevoli progressi nell'*Inseminazione strumentale*, più nota con il termine improprio di *Fecondazione artificiale* che, a partire dalle storiche esperienze di Lazzaro Spallanzani sul cane alla fine del Settecento, già ai primi del secolo scorso, soprattutto ad opera di ricercatori russi e italiani (Ivanov, Amantea, Pirocchi) aveva trovato importanti applicazioni al comparto degli animali in produzione zootecnica. Quest'innovazione tecnologica ebbe all'inizio prevalentemente un significato igienico-sanitario, oltre che economico, anche se le implicazioni nel miglioramento genetico erano già evidenti. Tra le due guerre in Italia era stato fondato a Milano da Telesforo Bonadonna l'Istituto «Lazzaro Spallanzani» (1937) e veterinari d'avanguardia, come Ettore Gentili a Pavia, avevano cominciato a impiegare l'inseminazione artificiale sulle bovine da latte, non solo per scopi igienico sanitari, ma anche per il miglioramento genetico all'interno di allevamenti o intere aree.

È tuttavia solo a partire dagli anni cinquanta che l'inseminazione strumentale diviene vero motore del miglioramento genetico, quando, ad opera soprattutto di ricercatori inglesi (Polge, Smith e Parker), vengono messe a

punto tecniche di congelamento del seme a bassissima temperatura, prima a -79°C e successivamente a -196°C .

Questa tecnica si è rapidamente diffusa in tutto il mondo, anche in Paesi in via di sviluppo, per la sua semplicità e per i vantaggi economici (alcune dosi di seme congelato, anche se trasportate da un continente all'altro, hanno un costo di gran lunga inferiore a quello di mantenimento di un riproduttore) oltre a quelli di natura genetica.

Un'altra tecnologia riproduttiva importante soprattutto ai fini del miglioramento genetico, ottenibile in questo caso dalla linea femminile, è il *Trasferimento embrionale* o *Embryo-transfer* (ET), largamente applicata anche in Italia solo dagli anni ottanta, ma le prime esperienze della scuola di Cambridge diretta da Sir Hammond risalgono ai primi anni cinquanta.

Le tecniche di inseminazione strumentale e, successivamente, di trasferimento embrionale, si sono rivelate, specialmente negli ultimi decenni, uno strumento essenziale del progresso genetico. La rapida diffusione di queste tecnologie ha infatti consentito un enorme aumento del differenziale selettivo e di conseguenza dell'intensità di selezione, elementi che, congiuntamente all'organizzazione dei centri genetici che hanno consentito la messa a punto e l'applicazione di sistemi di valutazione dei riproduttori sempre più efficaci, hanno fortemente contribuito al progresso genetico degli animali allevati. Dalle *prove di progenie*, le cui basi teoriche sul confronto madri-figlie risalgono alle prime decadi del secolo scorso, al *performance test* e al *combined test*, si è passati all'ampia utilizzazione delle metodiche BLUP (Best Linear Unbiased Prediction), rese possibili anche dalla disponibilità di elaboratori sempre più potenti, e più recentemente al *Sire Model*, al *Grand Sire Model* e all'*Animal Model*.

In Italia negli ultimi decenni le Associazioni di razza ed i Centri genetici hanno opportunamente applicato le metodiche più avanzate, a seconda della razza e del tipo di produzione, e ciò ha favorito il notevole miglioramento del valore genetico dei riproduttori di tutte le più importanti razze nazionali o naturalizzate.

A livello mondiale la genetica, prima limitata alle sole leggi di Mendel e successivi approfondimenti e integrazioni, dalla seconda metà del secolo scorso ha visto sorgere o svilupparsi tre importanti branche che per molti aspetti hanno rivoluzionato il modo di interpretare la variabilità esistente all'interno di una popolazione o di una specie e l'ereditarietà dei caratteri: la g. molecolare, la g. delle popolazioni e la g. quantitativa. Tutte hanno contri-

buito in maniera significativa al miglioramento genetico degli animali in produzione zootecnica ed hanno a loro volta posto le basi per gli sviluppi attuali.

La *genetica molecolare*, nata con la scoperta della struttura e delle funzioni generali degli acidi nucleici, ha fornito una spiegazione biochimica e citologica ai cosiddetti geni, unità biologiche contenute in gran parte all'interno dei cromosomi e responsabili dei caratteri ereditari. Oggi questa branca vede lo sviluppo dell'impiego dei cosiddetti marcatori molecolari, all'interno delle applicazioni biotecnologiche, per l'analisi e la caratterizzazione genetica di razze e popolazioni.

La *genetica delle popolazioni*, nata con la scoperta, nella prima metà del secolo scorso, della legge di *Hardy-Weinberg* sulla distribuzione di una coppia di alleli in una popolazione teorica in equilibrio, si è fortemente sviluppata in anni recenti grazie anche all'uso di sempre più efficienti metodologie statistiche e di sempre più potenti elaboratori e si è rivelata uno strumento importante per la salvaguardia della biodiversità e per la conservazione e la valorizzazione di popolazioni o razze a rischio di estinzione.

La *genetica quantitativa*, che ha per oggetto lo studio dei complessi di geni (poligeni) responsabili dei caratteri produttivi negli animali in produzione zootecnica, a partire dalle formulazioni del Lush ha avuto notevole impulso ed ha contribuito più di ogni altra branca al poderoso miglioramento del valore genetico dei riproduttori ottenuto nell'ultimo mezzo secolo. Infatti molte caratteristiche vitali, quali la capacità riproduttiva, la resistenza e la difesa dalle malattie, l'efficienza di utilizzazione alimentare, e le caratteristiche (quantitative e qualitative) produttive, come il latte, la carne, le uova, la lana sono controllate non da singoli geni, come quelle della genetica mendeliana ma, appunto, da un gran numero di geni «in collaborazione» tra loro e interagenti con l'ambiente.

Nelle ultime decenni sono nate tre nuove branche della genetica (o, in parte, ad essa riconducibili): la *genetica dei proteomi*, l'*ingegneria genetica* e la *genetica modellistica*.

La prima prende in considerazione i rapporti tra i geni, singoli o associati, e le proteine da loro codificate e quindi scandaglia i meccanismi di azione degli stessi geni attraverso lo studio della funzione delle proteine e dei legami biochimici e fisiologici tra codificante e codificato. Un gene (o un complesso genico) infatti è una sequenza di basi azotate all'interno di un lungo filamento di acido desossiribonucleico (DNA), localizzato a livello di un cromosoma o di un mitocondrio, senza alcun rapporto diretto con la manifestazione del carattere da lui codificato. Il legame tra gene e carattere è rappresenta-

to dalla specifica funzione (enzimatica, ormonale, plastica) della proteina la cui sequenza aminoacidica è determinata dalla sequenza delle basi sull'acido ribonucleico (RNA) messaggero il quale, a sua volta, è pressoché la copia speculare di un singolo filamento di DNA. Le origini di questa branca, che per alcuni aspetti si può considerare derivata dalla genetica molecolare, si possono far risalire ai primi anni sessanta, quando cominciarono ad essere chiariti i meccanismi della sintesi proteica, ma essa ha avuto impulsi significativi solo in anni recenti; in futuro potrebbe avere un ruolo importante nel mantenimento della salute e nel superamento delle malattie, nell'uomo e negli animali e, in questi, nel miglioramento qualitativo delle produzioni.

L'ingegneria genetica fa parte del vasto campo delle biotecnologie ed ha come finalità lo studio di animali transgenici e la loro produzione. Gli scopi principali non sono perciò quelli del miglioramento genetico, come avviene nel settore vegetale (dove la transgenesi è tecnicamente più semplice e le possibilità di moltiplicazione del materiale geneticamente modificato enormemente più ampie), mirata principalmente alla creazione di varietà resistenti a stress biotici o abiotici. Negli animali riguarda essenzialmente l'ottenimento di prodotti (carne o, più spesso, latte) contenenti sostanze ad azione terapeutica, o privati di costituenti potenzialmente dannosi o arricchiti di costituenti a riconosciuta funzione preventiva nei confronti di patologie cardiovascolari, come certi acidi grassi. Molti di questi argomenti sono solo in fase di sperimentazione, ma è prevedibile che nel volgere di pochi anni si potrà arrivare, nei Paesi più sviluppati, compresa l'Italia, alla fase applicativa e produttiva.

La *genetica modellistica* nasce dalla constatazione dell'estrema complessità di ogni singolo individuo e, per estensione, di una popolazione, una razza, una specie o un qualsiasi gruppo tassonomico, e dalla consapevolezza che le produzioni degli animali domestici, lungi dall'essere determinate dal solo patrimonio genetico, sono invece il risultato delle interazioni tra informazione genetica, ruolo e funzioni delle proteine codificate dai geni e influenze «ambientali», che spaziano, a loro volta, dal clima, all'alimentazione, al sistema di allevamento, alle infrastrutture, alle capacità professionali e alle disponibilità finanziarie dell'allevatore. Di qui l'esigenza di un approccio «olistico», interdisciplinare, attraverso lo studio e la proposizione di un modello «animale» completo e non solamente un insieme di geni (come nella genetica mendeliana) o una sequenza di DNA (come nella g. molecolare) o una combinazione di numeri (come nella g. quantitativa). Infatti, come giustamente rileva Giovanni Bittante, «le nostre conoscenze e acquisizioni scientifiche

sono basate sulla specializzazione e sui processi analitici. Adesso è necessario integrare l'enorme quantità di informazioni ottenute dai ricercatori dei diversi campi con la finalità di sintetizzare le conoscenze per fornire risposte corrette ai molti problemi da affrontare e formulare nuovi quesiti importanti per il progresso scientifico».

Applicazioni biotecnologiche in zootecnia

In campo animale le biotecnologie, oltre che per diretta utilizzazione umana, prevalentemente nei settori della produzione dei farmaci e, molto recentemente, di organi «umanizzati» per i trapianti, sono andate progressivamente sviluppandosi, soprattutto negli ultimi 30 anni, quelle di uso umano «indiretto», tendenti a migliorare le produzioni animali, cioè le cosiddette «biotecnologie zootecniche». In questo ambito sono stati sviluppati i settori riguardanti la prevenzione e il controllo delle malattie; il miglioramento dell'efficienza delle produzioni, sia per il latte che per la carne o l'ottenimento di produzioni qualitativamente diverse da quelle caratteristiche della specie; il miglioramento qualitativo dei prodotti; il miglioramento dell'efficienza della riproduzione; la caratterizzazione genetica di razze e popolazioni; la conservazione delle razze in via di estinzione.

Il primo argomento, di stretta pertinenza della medicina veterinaria, ha avuto grande sviluppo nel settore della produzione degli *anticorpi monoclonali* a fini diagnostici, biochimici e, talvolta, terapeutici. Oggi esistono tecniche diagnostiche affidabili per numerose malattie infettive e sono state sviluppate tecniche per la diagnosi e il trattamento di neoplasie, per la tipizzazione delle cellule del sangue, per la diagnosi di gravidanza.

Per quanto riguarda il latte le applicazioni biotecnologiche sono state utilizzate, in gran parte solo a livello sperimentale, sia per aumentare la produzione sia per ottenere latti particolari. Il primo prevede l'impiego di somatotropina bovina da colture di cellule transgeniche e quindi la pratica in allevamento può riguardare solo paesi extraeuropei perché i trattamenti ormonali, com'è noto, sono proibiti nell'Unione Europea.

Il secondo, più complesso e che necessita delle biotecnologie genetiche, è rivolto principalmente alla sintesi di latte contenente molecole ad effetto terapeutico oppure privato di quella componente, indigeribile per fasce crescenti della popolazione mondiale, rappresentata dallo zucchero caratteristico di questo prodotto, il lattosio. Tutto il settore riguardante il *miglioramento*

qualitativo dei prodotti attraverso strumenti biotecnologici è ancora agli stadi iniziali della ricerca, ma indubbiamente è destinato ad avere un notevole sviluppo applicativo.

Per quanto riguarda il *miglioramento dell'efficienza della riproduzione* già è stato accennato alle tecniche d'inseminazione strumentale e di trasferimento embrionale che, per esteso, possono essere considerate applicazioni biotecnologiche. Nelle ultime decadi in Italia sono andati sviluppandosi Centri pubblici e privati per il prelievo, la diluizione e il congelamento (o la refrigerazione nel caso dei suini) di materiale seminale di diverse specie e la preparazione di embrioni *in vivo* e *in vitro*, in un'ottica di miglioramento genetico o di conservazione.

L'*analisi* e la *caratterizzazione genetica* delle razze o popolazioni e, al loro interno, di linee parentali o dei singoli individui, allo scopo di chiarire i rapporti filogenetici, le differenze e le similitudini tra razze, compresa la verifica dell'esistenza effettiva di differenze geniche tra gruppi di animali considerati a volte semplici ecotipi e a volte razze autonome, le parentele all'interno di popolazioni ecc., in particolare con l'uso dei cosiddetti *marcatori molecolari*, è una delle nuove frontiere della ricerca zootecnica mondiale, compresa quella italiana. Tra i marcatori molecolari, particolarmente versatili e largamente impiegati nella ricerca zootecnica sono i cosiddetti *microsatelliti*, sequenze brevi di nucleotidi presenti nel DNA di tutti i vertebrati, relativamente brevi, formate da 3-4 basi ripetute molte volte, e i cosiddetti *minisatelliti*, sequenze di 10-15 basi, caratteristici di ogni individuo. Il loro studio consente di ottenere importanti informazioni sulle razze e le popolazioni e, a livello individuale, di applicare la tecnica d'identificazione nota come *genetic fingerprinting* (determinazione genetica delle impronte digitali), ampiamente utilizzata in campo legale nell'uomo e impiegata, negli animali, per l'attribuzione di determinati tessuti a una razza o specie, per verificare il grado di parentela tra individui o gruppi o per verificare il grado di eterozigosi di una popolazione.

INNOVAZIONI TECNOLOGICHE ED EVOLUZIONE DEGLI ALLEVAMENTI

Le acquisizioni scientifiche e le innovazioni tecnologiche che ne sono derivate sono state le protagoniste dell'evoluzione dell'agricoltura della seconda metà del ventesimo secolo.

Nel quadro dell'evoluzione dell'agricoltura, la zootecnia italiana ha cambiato totalmente gli assetti tradizionali puntando decisamente verso la spe-

cializzazione. Dalla zootecnia circoscritta agli ambiti dell'azienda agraria si è passati così ad un vero e proprio sistema produttivo specializzato, con aziende zootecniche dotate di strutture, impianti, macchine ed attrezzi sempre più efficienti e di animali il cui miglioramento genetico ne ha esaltato l'attitudine produttiva, con larga capitalizzazione aziendale ed elevata qualificazione professionale dell'allevatore. Sempre più spesso si alleva una sola specie animale e, all'interno di questa, una sola razza e con unico scopo produttivo (latte o carne). Questa tendenza è più accentuata nelle regioni settentrionali rispetto al centro-sud, ma non sembra univocamente influenzata dalle dimensioni aziendali e dall'intensità degli allevamenti. Infatti nelle aree agricole più favorite dove massima è sia l'intensità delle colture che quella degli allevamenti e dove le colture sono qualitativamente orientate verso le specifiche esigenze produttive degli animali, l'allevamento specialistico è spesso considerato un'esigenza; d'altro canto, anche nelle realtà più estensive, è frequente l'allevamento finalizzato ad un'unica produzione, ad esempio quello dei riproduttori bovini da carne, allevati al brado o al semibrado, oppure degli ovini da carne o da latte.

Parallelamente si è registrata una concentrazione degli allevamenti nelle zone più vocate, cioè dove le condizioni complessive favoriscono la realizzazione di risultati economici più soddisfacenti, per cui con minore impiego di lavoro, minore superficie destinata alla zootecnia e un più ridotto patrimonio animale si sono avuti notevoli incrementi produttivi. Tale concentrazione ha accentuato la settentrionalizzazione del patrimonio zootecnico, con la presenza nel nord di oltre il 70% dei bovini, del 76% dei suini e di gran parte dell'allevamento avicolo, mentre l'ovicoltura ha conservato la sua caratterizzazione meridionale, anche se ha aumentato la consistenza nell'Italia centrale. Un ulteriore effetto della localizzazione vocazionale è stato l'addensamento degli allevamenti nelle zone di pianura che ha posto problemi di ordine ambientale, soprattutto per quanto riguarda le aziende suinicole, che la zootecnia tradizionale non conosceva.

La specializzazione produttiva si è accompagnata ad una semplificazione del materiale genetico. Oggi, per ogni specie, sono allevate prevalentemente poche razze specializzate mentre sono andate progressivamente scomparendo le razze scarsamente produttive; solo poche, tra queste, caratterizzate da produzioni qualitativamente pregiate, mostrano recentemente significativi segni di ripresa. Si è così assistito ad un notevole incremento dell'allevamento suino che ha quasi triplicato la sua consistenza numerica e ad un crollo dell'allevamento equino che, con la meccanizzazione dei traspor-

ti e delle attività agricole e forestali e con la motorizzazione delle unità dell'esercito e la scomparsa della cavalleria, si è ridotto a meno di un quarto degli effettivi della prima metà del secolo scorso, peraltro confinato al settore sportivo o ludico. Anche l'allevamento bovino ha manifestato, nelle ultime decadi, una flessione, mentre quello ovicaprino, pur tra alterne vicende, ha manifestato una certa crescita.

Le numerose razze bovine definite a duplice e triplice attitudine, che popolavano le stalle e le campagne della prima metà del secolo scorso, caratterizzando l'agricoltura dell'epoca, sono state progressivamente sostituite, nella scelta degli allevatori, da razze specializzate.

Col prendere corpo della politica agricola comunitaria, ha avuto inizio la transizione dalla vecchia alla nuova zootecnia, che ha visto l'affermazione delle razze bovine da latte, ed in particolare della Frisona, che attualmente costituiscono l'asse portante della zootecnia italiana. Di conseguenza oggi la carne proviene soprattutto da vitelli di razze lattifere o da prodotti dell'incrocio di queste con tori da carne. Nel contempo le razze a triplice (Piemontese) e a duplice (Chianina, Marchigiana, Romagnola) attitudine, pur numericamente assai ridotte, sono state trasformate in ottime razze da carne, che contribuiscono a fornire produzioni di alto livello qualitativo.

Analogo percorso è stato seguito dalla suinicoltura che ha perduto la quasi totalità delle razze locali pascolatrici sostituite da pochissime razze di importazione (Large White, Landrace, Duroc), più idonee all'evoluzione tecnologica subita da questo allevamento ed in larga misura da ibridi commerciali. L'ovinicoltura, costituita nel passato da razze a più attitudini e da una larga presenza di razze merinizzate, ha cambiato la sua composizione etnica con la diffusione delle razze da latte ed in particolare della Sarda che, attualmente, rappresenta quasi la metà dell'allevamento ovino.

Una novità del sistema produttivo animale è il recente vistoso incremento del patrimonio bufalino, legato alla tipicità dei derivati del suo latte escluso dal contingentamento comunitario ed all'evoluzione delle tecniche di allevamento.

Il fenomeno più appariscente della zootecnia italiana è stato però lo sviluppo dell'avicoltura industriale. L'avicoltura infatti è il settore che ha avuto i maggiori cambiamenti nei sistemi di allevamento e le numerose razze presenti nei pollai familiari sono quasi totalmente scomparse sostituite da razze specializzate e soprattutto da ibridi commerciali.

Del tutto nuovi sono stati infine l'inserimento, nel sistema zootecnico, dell'acquacoltura e dell'allevamento di mammiferi e uccelli selvatici.

In meno di cinquanta anni, nell'attività zootecnica, si è perciò registrata una vera e propria rivoluzione, che ha determinato un profondo cambiamento della composizione etnica delle varie specie e la scomparsa di tipi genetici che avevano caratterizzato l'agricoltura e spesso la stessa identità della civiltà contadina del passato.

Il passaggio da un'economia pressoché di autoconsumo ad un'economia di mercato, la specializzazione degli allevamenti, l'impiego crescente delle innovazioni tecnologiche e la derivante larga capitalizzazione aziendale, ha determinato il delinearci di due indirizzi:

– l'allevamento intensivo nelle zone ad elevato valore del capitale fondiario dove, in aziende tecnologicamente evolute e con razze ad elevata specializzazione attitudinale, è possibile massimizzare la produzione degli animali e del lavoro umano;

– l'allevamento estensivo di razze autoctone, particolarmente adatte a questi ambienti, con modesto ricorso ai mezzi tecnici e prevalente utilizzazione delle risorse naturali nelle zone poco fertili.

Si sono andate così configurando, pur con sfumature intermedie, due zootecnie: una delle zone fertili, basata soprattutto sull'allevamento di bovini da latte, sull'ingrassamento dei vitelli, sulla suinicoltura e sull'avicoltura, sviluppatesi queste ultime anche con allevamenti senza terra; l'altra localizzata nelle aree collinari e montane basata sull'allevamento di razze bovine autoctone e sull'allevamento ovino e caprino.

La prima si colloca in agrosistemi intensivi fortemente antropizzati e tende sempre più ad avvalersi di innovazioni tecnologiche per raggiungere crescenti livelli produttivi e affrontare la competizione internazionale.

La seconda, che si colloca in agrosistemi in cui il livello di antropizzazione è andato attenuandosi raggiungendo in alcuni casi l'abbandono del territorio, fa scarso ricorso a mezzi tecnici basandosi prevalentemente sulla utilizzazione delle risorse spontanee. Nel quadro del panorama zootecnico nazionale il peso della prima è nettamente superiore a quello della seconda.

La specializzazione dell'azienda zootecnica e dell'attitudine funzionale degli animali ha determinato, grazie alle acquisizioni scientifiche nel campo della genetica e della nutrizione animale, incrementi prodigiosi delle produzioni.

Un ruolo importante ha giocato il miglioramento genetico che, con la semplificazione degli obiettivi di selezione derivante dalla specializzazione attitudinale, con il perfezionamento dei metodi di valutazione genetica dei riproduttori, con l'enorme potenzialità offerta ai processi selettivi dalle nuove applicazioni biotecnologiche ed informatiche, ha consentito di raggiungere

risultati sorprendenti. Gli animali sono così diventati macchine sempre più perfezionate nella trasformazione di foraggi e mangimi in prodotti per l'uomo. L'impiego dell'inseminazione artificiale ha permesso di migliorare almeno di 100 volte l'efficienza riproduttiva dei tori, di 10-20 volte quella dei verri, degli arieti, dei conigli e degli avicoli; l'utilizzazione, nella specie bovina, del trasferimento embrionale, di 10-20 volte l'efficienza riproduttiva delle fattrici.

Nel frattempo la genetica combinatoria ha trasformato la suinicoltura e l'avicoltura, basate ormai in gran parte sugli ibridi commerciali, e contribuirà in futuro ad un allargamento della variabilità genetica per evitare una progressiva perdita di efficacia della selezione.

I risultati del miglioramento genetico affidato, inizialmente, nel nostro Paese per i bovini da latte e per i suini, all'importazione, incorporando l'effetto della selezione effettuata in altri paesi, hanno cominciato a rendersi evidenti con lo sviluppo dell'organizzazione dell'Associazione nazionale di razza e dei libri genealogici.

La trasformazione dei libri genealogici provinciali in libri genealogici nazionali, tenuti dalle rispettive Associazioni nazionali di specie o di razza, che introducono il principio dell'organizzazione unitaria in tutto il territorio nazionale, la legge sulla riproduzione animale che abilita alla monta solo i riproduttori maschi iscritti ai rispettivi libri genealogici, l'azione in favore della diffusione dell'inseminazione artificiale, la realizzazione da parte dell'Associazione Italiana Allevatori del Centro di incremento zootecnico per la produzione, la distribuzione ed il controllo del seme, la realizzazione delle stazioni di prova genetica per la valutazione dei riproduttori da parte delle Associazioni di razza e il Laboratorio dei gruppi sanguigni per il controllo della paternità, sempre da parte dell'Associazione Italiana Allevatori, sono tappe che hanno portato alla costruzione di una organizzazione dei Libri genealogici che si è rapidamente evoluta portandosi, nelle ultime decadi, non solo alla pari delle similari istituzioni europee, ma al primo posto per qualche settore, come dimostrano l'aumento del numero dei capi iscritti, degli allevamenti aderenti ai Libri genealogici e degli animali sottoposti ai controlli funzionali, e soprattutto il miglioramento delle produzioni sia a livello dei singoli animali che delle aziende. Ciò pone le nostre principali razze bovine all'avanguardia in Europa, grazie ad un rigoroso e moderno lavoro di miglioramento ed al costante allargamento della base selettiva. Soprattutto negli ultimi 20 anni si è avuto un progresso nel valore genetico degli animali presenti negli allevamenti italiani tanto che questi e il loro seme vengono richiesti dall'estero ed esportati, invertendo il senso di marcia che, cinquanta

anni fa, spingeva gli allevatori italiani a recarsi in altre nazioni per l'acquisto di riproduttori di pregio.

L'esaltazione delle attitudini funzionali ottenute con l'incremento delle potenzialità genetiche degli animali è stata sostenuta dal miglioramento dell'alimentazione. Grazie alle acquisizioni scientifiche nel campo della nutrizione animale ed in particolare dalle conoscenze sulle modalità, sulle funzioni e sulle possibilità di controllo delle fermentazioni ruminali e sui fattori di utilizzazione dell'energia disponibile nelle sintesi proteiche e lipidiche, si è ottenuta una migliore utilizzazione degli alimenti sia a livello digestivo che metabolico ed un maggiore rendimento economico delle razioni somministrate.

All'esaltazione delle attitudini produttive, partendo dalle acquisizioni scientifiche nel campo della nutrizione, hanno contribuito anche:

- le *coltivazioni di foraggere* sempre più produttive, qualitativamente migliori ed idonee alla conservazione in modo da assicurare uniformità e costanza nella dieta; in particolare i cereali foraggeri hanno rivoluzionato il razionamento degli animali;

- la *meccanizzazione* delle operazioni di raccolta, conservazione e distribuzione dei foraggi con cui si sono avuti risultati di rilievo soprattutto nella razionalizzazione della fienagione e nella pratica dell'insilamento, oggi largamente diffusa nell'azienda zootecnica. Gli insilati, infatti, rappresentano l'alimento principe nel razionamento dei bovini da latte e da carne e attualmente è in corso di diffusione il loro impiego anche nell'allevamento ovino. La meccanizzazione, oltre a ridurre le perdite ed a migliorare la qualità dei foraggi, ha ridotto i costi delle diverse operazioni che dalla raccolta si susseguono fino alla distribuzione dei foraggi ed ha contribuito inoltre, con la realizzazione di macchine idonee (i carri miscelatori), all'adozione della tecnica di razionamento chiamata *unifeed* o piatto unico con la quale si sono ottenuti incrementi produttivi sorprendenti;

- lo sviluppo dell'*industria mangimistica*, avvenuto sotto la spinta di due cause principali: la diffusione ed il rinnovamento tecnologico dell'allevamento dei suini e dei polli, e la necessità di ricorrere ai mangimi concentrati composti anche nell'alimentazione dei ruminanti per soddisfare le esigenze nutritive di crescenti livelli produttivi. Il ruolo dell'industria mangimistica è stato quindi determinante nell'evoluzione del sistema zootecnico, sia ponendosi come cinghia di trasmissione di conoscenze tra il mondo della ricerca ed il mondo operativo, sia collegandosi con gli operatori economici, com'è avvenuto nell'allevamento avicolo, per mezzo dei contratti di produzione che hanno contribuito alla concentrazione degli allevamenti avicoli ed all'au-

mento delle loro dimensioni sia, ancora, nel trattamento di alcuni alimenti, al fine di migliorare la digeribilità e l'utilizzazione energetica e nel fornire agli allevatori alimenti completi e mangimi complementari.

L'evoluzione dell'azienda zootecnica

L'acquisizione di livelli produttivi competitivi a livello internazionale richiedeva una completa trasformazione degli assetti strutturali che avevano caratterizzato la zootecnia del passato, tipici di una economia pressoché di autoconsumo. È stato necessario un grosso sforzo di cambiamento, anche culturale, che, nonostante le difficoltà di natura ambientale, le frequenti crisi congiunturali, i vincoli della politica agricola comunitaria ed una politica interna orientata più all'assistenzialismo che allo sviluppo, ha dato risultati di rilievo consentendo un'evoluzione costante del sistema zootecnico nazionale, che ha interessato tutti i settori delle produzioni animali e che ha portato a ridisegnare l'azienda zootecnica.

Gli allevamenti bovini ed ovini, più strettamente legati agli assetti produttivi agricoli, ai vincoli ambientali e conseguentemente alla produzione foraggera, a cicli biologici più lunghi, hanno seguito, con maggiori difficoltà soprattutto i secondi, il progresso tecnologico. L'avicoltura e, in minor misura, la suinicoltura, usufruendo delle innovazioni tecnologiche internazionali, hanno invece potuto superare più agevolmente le remore strutturali seguendo rapidamente il percorso evolutivo che le ha portate dall'azienda contadino-coltivatrice all'impresa a carattere industriale.

Nel campo *suinicolo*, il passaggio dell'allevamento di pochi capi nell'azienda agricola, che richiedeva strutture assai semplici e modesta qualificazione professionale, alla porcilaia di migliaia di capi ad elevato livello tecnologico, che richiede spiccata professionalità dell'allevatore, è stato impegnativo ma abbastanza rapido. Analogo percorso evolutivo è stato seguito dall'allevamento *avicolo* che, dalla dimensione dell'aia o del pollaio rurale, ha trovato nuove soluzioni, trasformandosi rapidamente in un'impresa industriale. L'avicoltura attuale si basa infatti su una avanzata formula economica di integrazione tra allevatori, incubatoi, produttori di mangimi e circuito commerciale. Si è avuta così una differenziazione dei segmenti produttivi e conseguentemente una specializzazione nella produzione di pulcini, di polli da carne, di uova.

Un mondo che, svincolato dai limiti imposti dall'azienda agraria, ha potuto seguire il progresso tecnologico e raggiungere dimensioni aziendali di va-

lidità economica: la suinicoltura con una filiera produttiva che ha come segmento terminale la migliore industria salumiera del mondo, l'avicoltura affermandosi come unico settore zootecnico che ha assicurato l'auto-provvigionamento al nostro Paese.

Assai più difficoltosa è stata ed è l'evoluzione degli allevamenti strettamente inseriti nell'azienda agraria e condizionati dalle sue dimensioni. Questi allevamenti hanno tuttavia conseguito risultati notevoli, nel campo sia della bovinicoltura da latte (in particolare a seguito dell'introduzione della *stabilizzazione libera* e della *mungitura meccanica*) che da carne con la realizzazione di strutture innovative nell'ingrassamento dei vitelli, prevalentemente di provenienza estera.

Per quanto riguarda la *bovinicoltura da latte* le trasformazioni sono state rivoluzionarie e non tutte le aziende hanno potuto seguire il progresso tecnologico, per cui si è avuta, soprattutto per le ridotte dimensioni aziendali del nostro Paese, la chiusura di un gran numero di stalle. Il salto dall'azienda contadina all'azienda specializzata in cui è entrata l'elettronica e si affaccia la robotica è stato troppo grande per molti allevatori. Non tutti, infatti, hanno potuto adottare le soluzioni tecniche ed economiche necessarie per un ammodernamento e molti micro-allevamenti sono stati distanziati da quelli che, trovando nuove tecniche, ricercando nuove economicità e adottando tecnologie avanzate, hanno potuto affrontare l'ardua competizione anche internazionale.

La progressiva sostituzione della mungitura manuale con la mungitura meccanica e lo sviluppo degli attuali impianti computerizzati rappresentano le tappe di un processo evolutivo che vede oggi anche la gestione alimentare e quella riproduttiva avvalersi di elaboratori elettronici. All'esterno della stalla le operazioni di raccolta, condizionamento, sfibratura, insilamento, desinsilamento dei foraggi e preparazione e distribuzione dell'unifeed sono affidate a macchine sempre più sofisticate. Queste hanno contribuito alla rivoluzione che ha caratterizzato l'allevamento dei bovini da latte e che ha richiesto una nuova organizzazione aziendale ed un'alta professionalità dell'imprenditore. In altre parole si è passati, grazie all'impiego sempre maggiore delle innovazioni tecnologiche, dall'artigianato all'industrializzazione della produzione del latte.

Il passaggio, nella *produzione della carne*, dal ciclo chiuso (produzione del vitello da ristallo ed ingrasso nella stessa azienda) al ciclo aperto (suddivisione del processo produttivo in due cicli), ha rappresentato un notevole progresso tecnico ed economico. La concentrazione dell'ingrassamento in azien-

de di grandi dimensioni con migliaia di capi, a livello tecnologico avanzato, con la meccanizzazione nelle operazioni di raccolta, conservazione dei foraggi e distribuzione degli alimenti, ha consentito una specializzazione del processo produttivo con grande vantaggio dal punto di vista dei costi, della standardizzazione e della commercializzazione della produzione.

Nel campo dell'*ovinicoltura*, con la sedentarizzazione dell'allevamento, si tenta di seguire a distanza il processo di rinnovamento che ha caratterizzato quello bovino ottenendo una certa modernizzazione soprattutto nei riguardi della dotazione di ricoveri, nell'impiego della mungitura meccanica, nelle tecniche di alimentazione ed in generale nell'organizzazione dell'azienda pastorale. In particolare la mungitura meccanica ha consentito una riduzione dei costi, il miglioramento dell'igiene del latte e delle condizioni di lavoro del pastore, cambiando anche la fisionomia dell'ovinicoltura tradizionale.

L'evoluzione dei sistemi produttivi animali ha avuto un supporto dall'azione costante svolta dall'Associazione Italiana Allevatori. Questa, oltre ad occuparsi del miglioramento genetico, tramite le Associazioni di razza, e della gestione diretta dei controlli di produttività, con il Centro elettronico di Roma, è in continuo contatto con gli allevatori attraverso le Associazioni Provinciali. Agli allevatori trasferisce infine conoscenze attraverso conferenze, dibattiti, congressi e periodici.

La zootecnia italiana ha mutato il suo volto, grazie a vari fattori, ma uno dei più importanti, se non il decisivo, è stata l'azione svolta dall'organizzazione degli allevatori. Si è trattato di un processo evolutivo che, nonostante difficoltà di vario tipo, ha cambiato la zootecnia italiana ed ha consentito dal dopoguerra ad oggi di quintuplicare la produzione di carne e ha più che raddoppiato quella degli altri prodotti, impegnando cinque volte meno lavoro; ciò significa che, in pratica, ogni allevatore produce circa venti volte quello che produceva nel 1950.

Questo sforzo di rinnovamento ha consentito di migliorare la sua posizione relativa nel contesto agricolo italiano, incrementando l'incidenza del valore delle produzioni zootecniche nella produzione lorda vendibile dell'agricoltura italiana. Nonostante ciò, il grado di autoapprovvigionamento italiano per i prodotti animali si è contratto, essendo i consumi aumentati di sei volte per la carne e di tre volte per gli altri prodotti, cosicché l'autosufficienza si è ridotta dal 90% a poco più del 60% per la carne e, in minor misura, per il latte e per i formaggi.

I nuovi allevamenti

Negli ultimi decenni, in diversi Paesi, accanto a quelli delle specie tradizionali, sono stati avviati allevamenti di specie non convenzionali e l'Italia non fa eccezione.

Oltre ad allevamenti di invertebrati, sia a scopo alimentare (elicicoltura) che non (lombricoltura), assai promettenti sono quelli che hanno interessato diverse *specie selvatiche* di Uccelli e Mammiferi, a scopo di ripopolamento faunistico-venatorio.

A partire dagli anni ottanta sono andate sviluppandosi aziende per l'allevamento estensivo o semintensivo di cervi e daini anche a scopo alimentare, particolarmente in aree dell'Italia centrale e meridionale, dove le carni di questi ungulati sono entrate a far parte della dieta di un numero più consistente di consumatori rispetto alla cerchia relativamente ristretta all'ambito venatorio ed hanno affiancato quelle, più tradizionali e diffuse, di cinghiale nel centro-sud e di capriolo nel centro-nord. La nascita di aziende per l'allevamento degli ungulati è stata indubbiamente favorita dall'abbandono, da parte dell'agricoltura e della zootecnia tradizionale, di ampie zone caratterizzate da marginalizzazione produttiva, con conseguente minore pressione antropica ed evoluzione delle fitocenosi preesistenti, prevalentemente seminativi, in fitocenosi più «naturali», con specie spontanee e recupero del bosco, particolarmente adatte alle esigenze, non solo alimentari, degli ungulati e di alcuni uccelli selvatici.

Tutto ciò ha anche favorito lo sviluppo di ricerche sull'ecologia, l'etologia, e la fisiologia di specie non considerate dalla zootecnia tradizionale, per le quali è stato necessario avviare un grosso lavoro, soprattutto (ma non solo) nel campo della nutrizione e dell'alimentazione, per giungere a stime affidabili dei fabbisogni e dell'offerta alimentare e quindi ottimizzare le produzioni in diverse condizioni di allevamento o di gestione estensiva. In questo settore hanno operato negli ultimi decenni ricercatori provenienti da quasi tutti gli atenei italiani, di differente estrazione accademica e diversa formazione professionale (zootecnici, medici veterinari, zoologi), coadiuvati da organizzazioni e strutture tecnico scientifiche, come l'Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica e la già ricordata ASPA, e da Enti regionali di sviluppo, tra i quali particolarmente attivo è stato quello della Regione Umbria. Recentemente, per iniziativa di Mario Lucifero, già coordinatore delle apposite commissioni ASPA, è stato istituito il CIRSEMAF (Centro Interuniversitario di Ricerca sulla Selvaggina e sui Miglioramenti Ambientali a scopo Faunistico), che vede la

partecipazione di ricercatori provenienti da vari Atenei italiani, allo scopo di coordinare e armonizzare le ricerche in questo settore emergente, profondamente interdisciplinare.

È importante sottolineare che, per lo studio di tutte le specie selvatiche interessanti l'alimentazione umana o l'esercizio venatorio o lo sviluppo turistico, si sono cominciati ad applicare, dopo gli opportuni adattamenti, i metodi normalmente impiegati sugli animali domestici, da quelli più tradizionali riguardanti lo studio delle caratteristiche delle carcasse e dei fabbisogni nutritivi, a quelli innovativi della moderna zootecnia sui modelli di crescita, sulla qualità dietetica delle carni, sulla variabilità genetica e sulla caratterizzazione del germoplasma delle diverse specie, razze e popolazioni. La zoologia venatoria è così diventata una vera e propria disciplina zootecnica.

Un'ulteriore nuova frontiera per la zootecnia è infine rappresentata dal grande sviluppo dell'*acquacoltura*, avvenuto nelle ultime due decadi, sia delle acque interne che marittime, con l'allevamento ormai di molte decine di specie. Nel nostro Paese si allevano comunemente, e da diversi decenni, Trote (sia iridea che fario), Carpe e Lucci e, più recentemente, Anguille e Storioni tra i Pesci d'acqua dolce; Spigole, Sogliole, Muggini e diversi Sparidi (Orata, Dentice ecc..) tra quelli d'acqua salata; Cozze e Vongole tra i Molluschi; in diversi Paesi stranieri le produzioni sono anche più diversificate, e grandi potenzialità sono offerte dalla maricoltura in zone tropicali e subtropicali.

A favorire lo sviluppo di questo settore ha indubbiamente contribuito la crisi della pesca di cattura, causata dal crescente inquinamento e dall'eccessiva pressione di prelievo, e soprattutto dall'efficienza dei sistemi acquacolturali in termini di trasformazione degli alimenti in carne. Le esigenze di mantenimento degli animali acquatici sono infatti minori di quelle dei terrotermici, della relativa mancanza di termoregolazione. In Italia il contributo delle specie acquatiche allevate al fabbisogno proteico alimentare è ancora modesto, interessando circa 300.000 quintali di prodotto, comprendente pesci, crostacei e molluschi, ma sono prevedibili incrementi notevoli nei prossimi anni, parallelamente a quelli di altri Paesi. Infatti, come scriveva Geri quasi venti anni fa, «come l'uomo primitivo imparò che l'allevamento, anziché la caccia, era il metodo più efficiente per alimentare l'umanità, così l'uomo di oggi deve riconoscere che per soddisfare le esigenze dell'umanità del domani dovrà abituarsi ad allevare gli animali acquatici che adesso cattura, nel modo stesso che da millenni alleva i suoi animali domestici».

Il contenimento della produzione e l'ammodernamento delle filiere produttive

Per far fronte all'accumulo di eccedenze nel settore latte l'Europa comunitaria è ricorsa al contingentamento della produzione tramite le cosiddette *quote latte* che hanno penalizzato l'Italia, forte importatrice di prodotti zootecnici. Per leggerezza, è stato fissato per il latte un tetto di produzione al di sotto della realtà, sulla base di dati ufficiali di produzione risultati poi errati. Ciò ha condizionato e condiziona il forte potenziale di crescita e di riorganizzazione del sistema produttivo.

Tali vincoli e la richiesta da parte del consumatore di prodotti di alto livello qualitativo ha spinto ad orientare la nostra produzione verso la qualità con il pagamento del latte in base alle caratteristiche qualitative e con la costituzione dei Consorzi dei formaggi DOC, con la creazione dei Consorzi delle carni di qualità (5R, oggi CCBI, per le carni bovine delle razze Chianina, Marchigiana, Romagnola, Maremmana e Podolica; COALVI per la carne della razza bovina Piemontese; CUNACA per le carni cunicole; «Consorzio del suino pesante» che garantisce la qualità delle carni destinate all'industria salumiera) che assicurano il consumatore non solo dell'applicazione delle regole del buon allevamento e della sanità del bestiame e del prodotto, ma anche delle caratteristiche nutrizionali ed organolettiche e della tipicità della produzione.

Ci si è orientati quindi verso la valorizzazione qualitativa della produzione, cosa che non solo risponde agli attuali indirizzi della politica agricola della Unione Europea, ma anche alle esigenze del nostro Paese più vocato alle produzioni di qualità che ad affrontare la competizione internazionale con produzioni standardizzate di massa.

Ciò richiede però un'ulteriore evoluzione del sistema zootecnico e delle filiere produttive, in particolare nel settore lattiero caseario ed in quello delle carni. Nonostante l'evoluzione del sistema zootecnico nazionale descritto in precedenza, soprattutto in alcuni settori, sono ancora presenti deficienze strutturali legate alle dimensioni dell'azienda agraria vincolanti nei riguardi delle innovazioni tecnologiche e dell'integrazione col mercato. Filiere produttive che trovano limiti a livello dell'allevamento, dell'industria di trasformazione, della valorizzazione e commercializzazione dei prodotti. Più in particolare nella *filiera lattiero-casearia*, malgrado il processo evolutivo avvenuto negli ultimi anni, le aziende sono ancora troppo numerose, di dimensioni modeste ed in molti casi poco efficienti. L'industria di trasformazione, anch'essa polverizzata ed orientata verso il mercato interno, non è ancora ma-

tura per affrontare la concorrenza dei partner europei, impegnata com'è in segmenti di mercato tradizionali a basso contenuto tecnologico e non sempre con un'adeguata tutela per i prodotti di qualità.

Anche per il *settore carne*, ed in particolare quella bovina, si impone un ammodernamento del sistema produttivo in tutte le fasi tecnologiche della filiera, dall'allevamento alla macellazione, al fine di ottenere un prodotto di alto standard qualitativo, garantito e certificato da appositi Consorzi. Nel settore suinicolo un miglioramento delle strutture di macellazione, lavorazione e di preparazione dei trasformati per assicurare all'industria salumiera nazionale il suo indiscusso primato mondiale.

TENDENZE E PROSPETTIVE

Il modello di sviluppo della seconda metà del ventesimo secolo, che ha avuto innegabili effetti positivi di natura economica e sociale e che ha consentito di soddisfare le esigenze di proteine animali nella nutrizione dell'uomo, ha determinato una sempre maggiore intensificazione produttiva, sorretta dalla politica dei prezzi garantiti dell'Unione Europea. Alla fine del secolo scorso questo modello ha cominciato a manifestare i suoi limiti. Alcune emergenze zootecniche (Encefalopatia spongiforme bovina o BSE) hanno infatti destato allarme nell'opinione pubblica e sono stati messi sotto accusa i sistemi produttivi zootecnici intensivi, analogamente a quanto è accaduto per i sistemi produttivi vegetali a causa di supposti effetti negativi sulla qualità e sulla genuinità dei prodotti agroalimentari, sulla conservazione del suolo, sullo stato di salute dell'ambiente e sulla biodiversità.

Sotto la pressione dell'opinione pubblica, da qualche anno si è registrato perciò un cambiamento nella politica agricola comunitaria che, dopo un periodo protezionistico, che aveva determinato eccedenze e spinto ad una crescente intensificazione colturale, favorisce oggi l'affermarsi di sistemi produttivi con ridotto impiego di mezzi tecnici, definiti ecocompatibili o sostenibili.

Nel contempo dai consumatori, giustamente preoccupati per la loro salute, anche a seguito di eclatanti fatti di contaminazione di alimenti di origine animale, si è levata sempre più forte la richiesta di prodotti sicuri, inducendo l'UE a rivolgere grande attenzione a questo argomento e a dettare una normativa sulla sicurezza alimentare condensata nel cosiddetto Libro bianco, proposto dalla Commissione dell'Unione Europea.

Si è quindi manifestata la necessità:

- di rivedere criticamente i livelli di intensificazione, inserendo la sostenibilità tra i fattori di cui il processo produttivo deve tener conto, per instaurare un migliore rapporto fra Uomo e Natura e per realizzare un più corretto uso del territorio, facendo tesoro delle acquisizioni scientifiche e della nuova sensibilità nei riguardi delle relazioni uomo-animale-ambiente;
- di soddisfare le esigenze dei consumatori che richiedono alimenti sani e di qualità, controllati e certificati durante tutte le tappe della filiera produttiva, per cui poter assicurare la tracciabilità dei prodotti alimentari assume crescente importanza.

Da quanto detto emerge il ruolo che può svolgere il recupero e la valorizzazione delle risorse genetiche autoctone, per il contributo culturale ed economico che queste possono dare alla sostenibilità dei modelli di sviluppo ed alle produzioni di qualità e per la rilevanza che la qualità e la sicurezza alimentare hanno e avranno ancora di più nelle produzioni animali del terzo millennio.

Il recupero produttivo e la valorizzazione delle razze autoctone

Secondo la FAO in Italia si contavano, fino agli anni cinquanta, 54 razze o popolazioni di bovini; oggi ne sono rimaste poco più della metà e, tra queste, la maggior parte a rischio o addirittura alla soglia dell'estinzione. Una situazione analoga è presente nelle specie ovina, caprina e suina e negli avicoli. Anche se alcune, tra queste «razze», possono essere considerate semplicemente degli ecotipi o delle varietà locali di altre, senza significative differenze genetiche (risposte certe possono solo derivare da analisi genetiche approfondite), è indubbio che negli ultimi cinquanta anni si è avuta una perdita macroscopica di patrimoni genetici. Il problema non è stato ignorato dalla legislazione nazionale: nel 1997 è stato emanato il Decreto Legislativo n. 143 che affidava al Ministero per le Politiche Agricole e Forestali compiti di disciplina generale e di coordinamento della salvaguardia e tutela delle biodiversità animali e vegetali. Ancora prima il CNR aveva costituito l'Istituto per la Difesa e la Conservazione del Germoplasma Animale, con sede a Milano. Alcune Regioni, come la Toscana e il Lazio, hanno poi promulgato apposite leggi sulla tutela delle risorse genetiche autoctone.

Al di là degli aspetti produttivi, sicuramente positivi, almeno nel breve e medio periodo, la semplificazione del germoplasma e la conseguente dimi-

nuzione della biodiversità sono motivi di preoccupazione da diversi punti di vista. Tra questi non è da sottovalutare il danno «culturale» rappresentato dalla scomparsa di un patrimonio rappresentato da tipi genetici con caratteristiche peculiari, risultato di secoli d'adattamento e di selezione, naturale o guidata dall'intelligenza umana. Inoltre tale perdita può essere potenzialmente pericolosa nel caso di cambiamento degli indirizzi produttivi, o di mutamenti climatici o di comparsa di nuove patologie: se il materiale genetico oggi «premiato» dalle scelte degli allevatori e dalle necessità del mercato, per un qualsiasi motivo, a seguito di mutate condizioni, non potesse più essere considerato ottimale, sarebbe difficile, e in molti casi impossibile recuperare quanto è stato perduto, magari più idoneo alle nuove condizioni. Infine non bisogna dimenticare che molti tipi genetici oggi scomparsi o in via d'estinzione, indubbiamente meno produttivi, hanno (o avevano) produzioni con caratteristiche qualitativamente pregevoli, oggi particolarmente ricercate da fasce sempre più ampie di consumatori attenti alla ricerca di elevati standard qualitativi, sia dal punto di vista sensoriale che dietetico.

La zootecnia italiana moderna non ignora il problema del recupero dei genotipi locali autoctoni, anche in risposta alla crescente richiesta da parte del consumatore di prodotti meno anonimi, con caratteristiche spesso pregevoli. Il recupero si coniuga perciò con l'esigenza di produzioni tipiche e di qualità, nonché, a volte, con il recente, e crescente, interesse verso il biologico. Infatti molte razze dimenticate, ormai alla soglia dell'estinzione, più rustiche e ben adattate all'ambiente, spesso allevate con sistemi estensivi e semiestensivi, sono facilmente utilizzabili con forme di allevamento biologico. Il valore unitario delle produzioni biologiche, più elevato rispetto a quelli della zootecnia tradizionale, è inoltre in grado di compensare le perdite derivanti da una minore capacità produttiva, in termini quantitativi, di questi tipi genetici, in certi casi aggravata dallo stesso sistema di produzione, non sempre ottimale.

I problemi legati ad un serio recupero sono però molti e complessi, ed è prevedibile che solo una parte di questi tipi genetici potrà trovare una sua collocazione sul mercato che ha le sue leggi inesorabili ma ineludibili. Sicuramente nell'azione di recupero è importante l'utilizzazione di tecnologie avanzate nel settore della riproduzione e degli strumenti della genetica quantitativa e della genetica molecolare, comprese le applicazioni biotecnologiche.

È questa la strada intrapresa da alcuni settori del mondo della ricerca zootecnica italiana e che sta interessando crescenti fasce di allevatori. È da sot-

tolineare come in questi casi le biotecnologie si sposino perfettamente con la tutela della biodiversità e quindi come la realtà tecnica e scientifica siano profondamente diverse da quelle prefigurate da alcuni strati del mondo politico e mediatico che per molti anni ha insistito sull'antinomia tra biotecniche e biodiversità, facendo maturare ritardi nell'azione di recupero e valorizzazione del germoplasma autoctono in parte incolmabili.

Non sempre però la situazione delle razze a rischio è così grave come ci si potrebbe aspettare dalla loro numerosità estremamente esigua. Un classico esempio è fornito dalla razza suina Cinta senese, pochi anni fa ridotta allo stato di reliquia con appena tre verri e 81 scrofe e oggi in forte espansione, anche se pur sempre come prodotto di nicchia, con alcune migliaia di capi, in grado di spuntare sul mercato prezzi 3-4 volte superiori a quelli dei maiali di altre razze. Analoghe vicende hanno riguardato, sia pure con numerosità assai diverse, la razza bovina Chianina, «dimenticata» dal secondo dopoguerra fino agli anni ottanta da commercianti e macellai e vittima illustre delle profonde trasformazioni dell'agricoltura che nella seconda metà del secolo scorso avevano interessato anche il nostro Paese. Solo grazie alla fiducia ed alla perseveranza di un ristretto numero di allevatori/estimatori ed al forte impegno del mondo della ricerca è stato possibile identificare e valorizzare le pregevoli caratteristiche qualitative, sensoriali e dietetiche, delle sue carni, e conoscere i meccanismi di controllo endocrino dell'accrescimento e sviluppo per una ottimizzazione del processo produttivo, consentendo così il riconoscimento mercantile del valore qualitativo della sua produzione e conseguentemente il rilancio del suo allevamento.

Analoghe considerazioni valgono per Piemontese, Marchigiana e Romagnola, per le quali, come per la Chianina, si sono aperti, fin dagli anni sessanta, anche importanti canali di esportazione, di animali vivi all'inizio e soprattutto di seme ed embrioni nelle ultime decadi. L'interesse per le razze italiane da carne è vivace in diversi Paesi europei, ma soprattutto oltreoceano, nelle Americhe e in Australia. Negli Stati Uniti, in Canada e in Australia è motivato principalmente dal fatto che le carni del bestiame di origine italiana sono molto magre e povere di colesterolo. Nei Paesi della fascia tropicale e subtropicale dal gigantismo, soprattutto della razza Chianina, e di conseguenza dalle elevate produzioni individuali, dal facile adattamento climatico e dalla buona compatibilità per l'incrocio con le razze zebuine locali, principalmente Nellore e Guzerà o loro derivati.

È evidente l'importanza per la zootecnia del nostro Paese del rafforzamento delle relazioni commerciali con i Paesi d'oltreoceano ma è altrettanto evidente che è necessaria un'azione coordinata che guardi anche al medio-

lungo periodo. Ben poca cosa è infatti la vendita di qualche migliaio di dosi di seme o di embrioni, peraltro senza conoscere a fondo l'ambiente climatico e agronomico e, nel caso del seme, le caratteristiche genetiche e produttive delle razze o popolazioni incrociate. È invece necessaria e urgente una poderosa azione di promozione all'estero delle nostre razze, come alcuni Paesi stranieri hanno da tempo intrapreso per le loro.

Oggetto di recupero effettuato con successo sono state inoltre le razze Rendena e Reggiana, quest'ultima rivalutata anche in relazione alla produzione tipica di un formaggio di grande pregio e prestigio internazionale come il Parmigiano Reggiano e potrebbero avere un futuro la Modicana e la Podolica. Inoltre non è da sottovalutare che se la specializzazione produttiva è una necessità non contestabile nei Paesi a tecnologia avanzata, così non è per molti altri, dove è presente o si sta sviluppando una piccola impresa agro-zootecnica che trova giovamento dalla possibilità di disporre di razze a duplice attitudine. Se certi tipi genetici possono sembrare anacronistici in alcune macroregioni del pianeta così non è certamente in altre e l'Italia, depositaria di un numero ancora consistente di popolazioni rustiche e poco specializzate, potrebbe trovare sbocchi commerciali e imprenditoriali interessanti anche per queste.

Le produzioni di qualità

«Qualità» è uno dei termini più usati dai *media* in riferimento a tutti i generi di prodotti e le produzioni zootecniche non fanno eccezione, anche se talvolta il suo significato viene confuso con quello di altri come «tipicità», «genuità», «sicurezza». È opportuno ricordare che un prodotto alimentare complesso, come il latte o la carne, è il risultato di una lunga filiera composta da numerose fasi, che partono dall'allevamento per arrivare al prodotto finale, latte o carne. In questa filiera intervengono diversi attori in momenti differenti, che vanno, per il latte, dall'allevamento (vitella, manza, giovenca) fino al parto e alla produzione, alla mungitura, al trasporto e alla lavorazione del latte, al suo confezionamento e alla distribuzione; per la carne, dall'allevamento fino al momento della maturazione, al trasporto presso gli impianti, alla macellazione e preparazione delle carcasse, alla conservazione e sezionatura delle stesse nei grossi tagli, alla conservazione di questi ultimi e alla distribuzione. Ottenere un prodotto di qualità vuol dire ovviamente partire da animali di qualità, cioè geneticamente orientati verso quella pro-

duzione, ma soprattutto fare in modo che tutte le fasi della filiera siano ottimizzate e prevedano azioni corrette da parte dei diversi operatori. Per quanto riguarda le caratteristiche finali di un prodotto è poi necessario fare corretto riferimento ai *requisiti qualitativi*. Spesso infatti si confonde la qualità con la sicurezza, dimenticando che, indipendentemente dal livello qualitativo, qualsiasi prodotto alimentare venga messo in commercio deve essere sicuro, cioè non dannoso per la salute umana. Altre volte si considera un qualsiasi prodotto «biologico» necessariamente di qualità, senza dare la giusta rilevanza alle caratteristiche dietetiche.

Il primo vero requisito di un prodotto di qualità è la *specificità*; sotto questo profilo il nostro Paese, nel campo delle produzioni alimentari di origine animale, è all'avanguardia, data l'estrema varietà dei modi di produzione (specificità di processo), di materie prime (specificità di substrato) e di prodotti finali (specificità di prodotto).

La specificità del prodotto è una caratteristica derivante da una serie di fattori che possono essere garantiti dai Consorzi di Tutela, che hanno riconoscimento pubblico. La regolamentazione comunitaria (Regolamento 2081/92) prevede tre livelli di garanzia: Denominazione di Origine Protetta (DOP), Indicazione Geografica Protetta (IGP), Specialità Tradizionale Garantita (STG) che, attraverso i controlli e le certificazioni dei Consorzi di Tutela, assicurano al consumatore la specificità e le caratteristiche del prodotto.

Accanto alla specificità i prodotti d'origine animale del nostro Paese spesso eccellono per gli altri due requisiti fondamentali: le *caratteristiche organolettiche* e *sensoriali* e le *caratteristiche dietetiche*. Latte, formaggi e carni nazionali spesso sono di qualità elevata per una o entrambe queste serie di parametri.

La *qualità dietetica*, particolarmente importante per la carne, espressa principalmente dalla quantità e soprattutto dalla qualità dei lipidi intramuscolari, è fortemente dipendente dal tipo genetico e dall'età e, in subordine, dal sistema di allevamento e dall'alimentazione. Si entra così nel campo della produzione di alimenti cosiddetti «salubri», cioè promotori di salute. La *salubrità* perciò è una caratteristica che non si identifica con la sicurezza, termine quest'ultimo correttamente utilizzato per descrivere la mancanza di contaminanti organici, inorganici o biologici dannosi, o di costituenti potenzialmente pericolosi per la salute umana, ma che comunque, nell'uso comune, viene compresa nel più vasto concetto di sicurezza alimentare della quale la salubrità può essere considerata un'estensione. Sotto questo profilo ad esempio è emerso negli anni novanta che la carne di Chianina presenta caratteri-

stiche dietetiche ottimali espresse da elevati rapporti, nel grasso di costituzione della carne, tra acidi monoinsaturi e saturi e tra polinsaturi e saturi, oltre ad avere un contenuto in colesterolo marcatamente inferiore a quello di ben più diffuse razze da carne. Naturalmente ciò è valido se la macellazione avviene ad un'età ottimale, che non dovrebbe essere superiore ai 20-22 mesi, pena la perdita di gran parte di queste caratteristiche.

La sicurezza alimentare

Le produzioni di qualità nel settore zootecnico, ma più in generale in tutti i campi della produzione agricola alimentare, hanno avuto negli ultimi anni un forte impulso ed è prevedibile che su queste si giocherà gran parte del futuro dell'agricoltura e della zootecnia del nostro e degli altri Paesi tecnologicamente avanzati. Una delle esigenze primarie del consumatore è infatti quella di poter disporre di alimenti non solo soddisfacenti dal punto di vista sensoriale-organolettico ma soprattutto in grado di tutelare o promuovere la salute. Siamo così entrati in una fase della storia delle produzioni agrarie dove la *sicurezza alimentare* rappresenta una priorità.

In una società in cui le risorse alimentari sono abbondanti, il problema della sicurezza alimentare diventa infatti quello più pressante, al contrario di quanto accade in una società impegnata a soddisfare i propri fabbisogni primari, più disponibile ad accettare livelli di rischio superiori; la protezione della salute diventa perciò una priorità strategica fondamentale nei Paesi sviluppati.

Un'alimentazione squilibrata a livello di componenti-base, l'uso di alimenti derivanti da materie prime scadenti e da filiere produttive improprie, la presenza di contaminanti esterni o di molecole costitutive potenzialmente dannose per la salute sono responsabili di gran parte delle patologie di-smetaboliche e cardiovascolari diffuse nei Paesi sviluppati. Il comparto zootecnico, ed in particolare il settore carne, può svolgere un ruolo importante nella prevenzione di tali patologie, attraverso la produzione, controllata, di alimenti più salubri per la presenza di componenti molecolari in grado di condizionare favorevolmente la salute umana.

Le operazioni di controllo e la rintracciabilità delle diverse fasi della filiera produttiva sono comunque indispensabili per garantire standard elevati di sicurezza. Limitatamente al comparto bovino, nell'Unione Europea il Regolamento 820/97 prevede la tracciabilità e l'etichettatura della carne ed è ar-

ticolato in due parti: sistema di identificazione e registrazione dei bovini e norme per l'etichettatura delle carni bovine e dei prodotti derivati.

È importante ricordare che in Italia, anticipando le direttive della UE, già da anni sono attivi marchi di qualità approvati dal Ministero dell'Agricoltura, che certificano l'origine e la qualità della carne bovina sulla base di disciplinari di produzione che prevedono norme e controlli su tutta la filiera produttiva. Tali disciplinari, convalidati in sede comunitaria con alcune modifiche riguardanti il controllo da parte di un organismo terzo, sono gli strumenti operativi dei già citati Consorzi di tutela della razza Piemontese (COALVI) e Consorzio Carni Bovine Italiane (CCBI), già Consorzio 5R, per le carni delle razze Chianina, Marchigiana, Romagnola, Maremmana e Podolica.

Recentemente è stata infine avviata la nuova Anagrafe Bovina Nazionale informatizzata, che è articolata su tre livelli operativi (locale, regionale e nazionale), collegati attraverso la rete SIS. L'anagrafe, che consente una completa tracciabilità dell'animale, permette un'etichettatura completa delle carni e rappresenta perciò uno strumento di garanzia del consumatore e della sua salute, oltre che di tutela del patrimonio zootecnico.

Le produzioni ecocompatibili e il benessere animale

Negli ultimi anni, parallelamente agli sviluppi di scienze quali l'ecologia e l'etologia, sono andate maturando nuove sensibilità in relazione al benessere degli animali allevati e al reperimento di sistemi d'allevamento più «naturali» e con minore impatto ambientale. Allo scopo sono stati varati, negli ultimi anni dal Governo nazionale, recependo direttive comunitarie, alcuni strumenti legislativi in favore del benessere animale. Le più comuni malattie del bestiame infatti risultano essere condizionate da fattori inerenti le strutture e la gestione dell'allevamento.

La filosofia di «produrre il massimo col minor costo» è stata in parte sostituita da quella di «produrre il meglio col maggior rispetto per gli animali allevati e per l'ambiente».

In questa ottica rientra in primo luogo anche l'orientamento verso la qualità della produzione piuttosto che verso la quantità, strategia vincente soprattutto in realtà agrozootecniche, come quella italiana, «tradizionalmente» vocate per produzioni pregiate. D'altra parte, raramente sarà possibile ottenere prodotti di qualità soddisfacente, soprattutto dal punto di vista delle ca-

ratteristiche organolettiche, da animali sofferenti o stressati per cattiva gestione o macellazione.

In secondo luogo si è fatta strada la consapevolezza della necessità di ridurre le sostanze inquinanti provenienti dagli allevamenti, di natura organica e inorganica, particolarmente concentrate nei sistemi di allevamento intensivo e di difficile smaltimento specialmente negli allevamenti senza terra.

Da qui la ricerca di soluzioni indirizzate verso forme d'allevamento più estensive, ben integrate con l'ambiente, orientate su produzioni qualitativamente pregiate, anche a costo di contrazioni nella quantità e di una minore efficienza, che vanno da forme di allevamento ecocompatibile o ecosostenibile e quelle «biologiche», regolate da precisi disciplinari e normative nazionali e internazionali.

Il settore delle produzioni agricole biologiche è in forte espansione e tutto lascia prevedere che questa tendenza si rafforzerà nei prossimi anni, soprattutto se le Associazioni di categoria sapranno liberarsi di alcune estremizzazioni e preconcetti che rischiano di compromettere parte dell'importante lavoro fin qui svolto.

Per quanto riguarda l'allevamento biologico i prodotti di migliore qualità si riscontrano oggi nel settore latte ed è prevedibile che queste forme d'allevamento avranno una sempre più ampia diffusione. Per la carne alcune esigenze del biologico si scontrano invece con le possibilità di ottenere prodotti ottimali specialmente in alcune razze a maturazione tardiva come la Chianina. È pertanto necessaria una riflessione su alcune normative dell'allevamento biologico, anche alla luce delle nuove conoscenze sull'etologia, sui meccanismi dell'accrescimento e sviluppo degli animali e sui rapporti tra caratteristiche dei prodotti e salute umana, che possa garantire l'ottenimento di prodotti di elevata qualità, con le massime garanzie di benessere dei soggetti allevati e con il massimo livello di tutela della salute del consumatore.

* * *

Le tendenze manifestatesi allo scadere del ventesimo secolo è da presumere si proietteranno come linee evolutive delle produzioni animali degli anni futuri.

In primo luogo non vi è dubbio che una strategia alimentare che miri ad assicurare benessere e condizioni di salute ottimali alle popolazioni assumerà crescente importanza. Essa dovrà basarsi su precisi aspetti quantitativi e su una maggiore conoscenza delle azioni che i diversi componenti nutrizionali esercitano sulla salute e sul benessere dell'Uomo. Una più stretta ed integrata collaborazione sarà pertanto necessaria tra ricerca scientifica

medico-sanitaria e quella in campo agroalimentare, anche perché la scelta degli obiettivi della qualità alimentare influenzerà i sistemi produttivi zootecnici. La richiesta inoltre di «qualità totale», cioè di processi produttivi che realizzano prodotti in grado di soddisfare le esigenze del consumatore in termini di caratteristiche intrinseche del prodotto, di garanzie e di costo, si consoliderà negli anni a venire, coinvolgendo non solo i produttori primari ma anche i produttori di servizi.

Questi scenari lasciano prevedere forti integrazioni di tipo verticale, non solo per aumentare il livello di competitività sui mercati, ma anche per garantire la qualità degli alimenti attraverso il controllo e la certificazione dell'intera filiera. Ciò richiederà grossi cambiamenti strutturali soprattutto nell'allevamento bovino, caratterizzato prevalentemente da unità produttive di piccole dimensioni scarsamente integrate in senso orizzontale e verticale. Nel processo di ristrutturazione delle aree a forte vocazione zootecnica continuerà il ricorso alle innovazioni tecnologiche, soprattutto nei campi dell'elettronica, dell'informatica e della robotica, con conseguente trasformazione degli assetti organizzativi e ridefinizione delle dimensioni aziendali. Sforzi crescenti saranno inoltre richiesti alla ricerca per minimizzare l'impatto ambientale e sviluppare tecniche compatibili sul piano ecologico. Parallelamente, nelle aree a maggiore sensibilità ambientale, nelle quali la tutela del paesaggio, il presidio del territorio, l'ottenimento di prodotti frutto dell'ambiente specifico, della storia, della cultura e delle tradizioni locali consentono lo sviluppo di quell'agricoltura multifunzionale, sostenibile e competitiva secondo quanto recentemente espresso dal Consiglio Europeo, nuovi spazi si apriranno ad una zootecnia condotta con sistemi estensivi.

Le produzioni animali caratterizzate da elevati livelli qualitativi saranno comunque la strada obbligata del sistema zootecnico nazionale per competere in un mercato globalizzato. Ma affinché possano realmente svilupparsi produzioni di questo tipo è necessaria oggi, e lo sarà ancora di più in avvenire, una ricerca attenta ai problemi della qualità e della sicurezza alimentare e indipendente, cioè sostenuta da finanziamenti pubblici.

La ricerca nel campo zootecnico dovrà affrontare non solo problemi inerenti lo sviluppo tecnologico ma anche la tutela e la gestione del territorio in un'ottica di interazione tra animale, ambiente di allevamento e qualità delle produzioni ottenute.

Particolarmente promettente è inoltre il settore delle biotecnologie zootecniche che, come in precedenza ricordato, consente di guardare agli animali anche come produttori di farmaci, sostanze dietetiche, e fornitori di cellule,

tessuti e organi per xenotrapianti, per cui nuove prospettive si apriranno agli allevamenti ed alla ricerca in questo campo.

Via via che i sistemi produttivi diventano più complessi aumenta la necessità di una crescente dose di acquisizioni scientifiche in grado di anticipare e risolvere i problemi che man mano si presentano. La ricerca scientifica pertanto assumerà sempre maggiore importanza nella gestione dei sistemi produttivi ed avrà un ruolo cruciale per la loro sopravvivenza. La crescente complessità dei problemi impone risposte ad una pluralità di quesiti talvolta anche in contrasto tra loro. Queste esigenze potranno essere soddisfatte soltanto da una ricerca multidisciplinare che affronti gli argomenti con equilibrio e buon senso. La ricerca limitata a ristretti settori del sapere è ormai archiviata. L'interdisciplinarietà caratterizzerà la ricerca del futuro e sarà la sfida che dovranno affrontare i ricercatori del terzo millennio.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV., *La storia e le sfide, 50 anni di meccanizzazione agricola*, Roma, 1950.
- AMORIM C.A., LUCCI C.M., RODRIGUES A.P.R., CARVALHO F.C.A., FIGUEREIDO J.R., RONDINA D., CECCHI R., GIORGETTI A., MARTINI A., GONCALVES P.B.D., *Quantitative and qualitative analysis of the mechanical method efficiency for the isolation of preantral follicles from ovine ovaries*, «Theriogenology», vol. 35, 1998, pp. 1251-1262.
- ASSOCIAZIONE ITALIANA ALLEVATORI, *AIA 1944-1994. Cinquant'anni di progresso*, Roma, 1994.
- BITTANTE G., ANDRIGHETTO I., RAMANZIN M., *Fondamenti di zootecnica*, Bologna, 1990.
- BONADONNA T., *Scienza e tecnica della riproduzione animale*, Bologna, 1981.
- BONSEMBIANTE M., GALLO L., SCHIAVON S., *L'allevamento e le produzioni animali nel XX secolo*, in *L'Italia agricola nel XX secolo*, Corigliano Calabro, 2001, pp. 627-716.
- CARRIAS A., *Fecondazione artificiale*, Roma, 1988.
- DELL'ORTO V., CATTANEO D., *Biotechnology applied to animal nutrition*, in *Animal Production and Biotechnology*, Proceedings of the XXIX International Symposium of Società Italiana per il Progresso della Zootecnica, Milano, 1994 pp. 33-59.
- GERI G., Acquacoltura, *Zootecnica del domani*, «Annali Accademia di Agricoltura di Torino», Vol. 127, 1985.
- GIORGETTI A., FRANCI O., MARTINI A., SARGENTINI C., FUNGHI R., BOZZI R., LUCIFERO M., *Growth pattern of Chianina bulls from 6 to 24 months fed two different diets. 1. Organs and carcass*, «Livestock Production Science», 46, 3, 1996, pp. 181-190.
- GIORGETTI A., LUCIFERO M., CAMPODONI G., ZAPPA A., POLI B.M., LUPI P., FRANCI O. E GUALTIERI M., *Caratteristiche di macellazione e di sezionatura della carcassa nel daino, in Allevamenti di selvaggina a scopo alimentare*, Atti del V Convegno, Bastia Umbra, 1984.
- GIORGETTI A., POLI B.M., *Alimentazione animale e qualità della carne*, «I Georgofili. Quaderni», n. 5, 1990, Firenze, 1991, pp. 45-90.
- GIULIANI R., *Relazione generale sui problemi agrari, economici e sociali della zona del Chianti*, in *Convegno del Chianti*, Atti del Convegno dell'Accademia dei Georgofili (Firenze, 25-27 maggio 1957), Firenze, 1957.
- LUCIFERO M., BIAGIOLI O., *Le attività zootecniche nelle aree protette*, in *Compatibilità delle attività agro-silvo-pastorali nelle aree protette*, Atti del Convegno dell'Accademia dei Georgofili (Teramo, 25-16 novembre 1994), Firenze, 1995.
- LUCIFERO M., GIORGETTI A., *Italian beef breeds in warm climates*, in *Animal husbandry in warm climates*, Proceedings Int. Symposium (Viterbo, 25-27 October 1991). (E.A.A.P. publication n. 55, 1991), Wageningen, pp. 112-119.
- LUCIFERO M., GIORGETTI A., *La sicurezza alimentare della carne bovina in un mercato globalizzato*, Relazione introduttiva al XIV Congresso Nazionale ASPA (Firenze, 12-15 giugno 2001), Firenze, 2001.
- LUCIFERO M., GIORGETTI A., *L'influenza dei fattori endogeni ed esogeni all'animale sulla produzione della carne di qualità con particolare riferimento alla specie bovina*, Progetto strategico del CNR: *Nuovi orientamenti di consumi e delle produzioni alimentari*, 1988.
- LUCIFERO M., GIORGETTI A., *Lo sfruttamento degli ungulati selvatici in ambiente collinare appenninico: possibilità e prospettive*, in *Allevamenti di selvaggina a scopo alimentare*, Atti IX Convegno, Bastia Umbra, 1987.

- LUCIFERO M., GIORGETTI A., *The role of Italian beef breeds for beef production in Italy and abroad*, in *III Internationales Wissenschaftliches Symposium*, (Rostock, 12-13 September 1989), Rostock, 1989.
- LUCIFERO M., *Introduzione alla Giornata di studio su: L'alimentazione dei ruminanti*, «I Geografili. Atti dell'Accademia dei Geografili», vol. XI, 1994.
- MARTINI A., GIORGETTI A., FUNGHI R., BOZZI R., RONDINA D., MARTINS FILHO R., *Cru-samentos de vacas de raça Nellore com sémen de touros de raça Chianina de dois tipos genéticos. Resultados em vida*, Anais da XXXIII Reunião da SBZ (Fortaleza, 21-26 de Julho 1996), Ce. 1, pp. 115-117.
- MATASSINO D., *Biodiversità e territorio*, in *Zootecnia sostenibile. Presunzione o consapevolezza!*, «I Geografili. Quaderni», n. 1, 2001, Firenze, 2001.
- NARDONE A., *Gestione dei sistemi produttivi zootecnici*, in *Zootecnia sostenibile. Presunzione o consapevolezza!*, «I Geografili. Quaderni», n. 1, 2001, Firenze, 2001.
- NIEMANN H., *Advances in cryopreservation of bovine oocytes and embryos derived in vitro and in vivo*, in *Animal Production and Biotechnology*, Proceedings of the XXX International Symposium of Società Italiana per il Progresso della Zootecnica, Milano, 1995, pp. 117-128.
- PÉREZ TORRECILLAS C., BOZZI R., SARGENTINI C., PAOLETTI F., GIORGETTI A., LUCIFERO M., *Demographic and genealogical structure of the Mucca Pisana endangered Italian cattle breed*, in *Recent progress in Animal Production Science*, Proceedings of the ASPA XIV Congress (Firenze, 12-15 giugno 2001), vol. 2, Firenze, 2001, pp. 82-84.
- POLGE C., *Forthcoming strategies in animal reproduction and breeding*, in *Animal Production and Biotechnology*, Proceedings of the XXX International Symposium of Società Italiana per il Progresso della Zootecnica, Milano, 1995, pp. 3-12.
- POLGE C., ROWSON L.E.A., *Long-term storage of bull semen frozen at very low temperature (-79°C)*, in *II Intern. Congr. Physiol. Path. Animal Reprod. And Artificial Insemination*, n.3, Copenhagen, 1952, pp. 90-98.
- POLI B.M., GIORGETTI A., BOZZI R., FUNGHI R., BALÒ F. LUCIFERO M., *Quantity and quality of lipids fractions for human nutrition in Chianina muscles as influenced by age and nutritive level*, in *Food and Health: role of animal products*, Atti XXXI Simposio Internazionale di Zootecnia, Milano, 1996.
- POLI B.M., GIORGETTI A., PONZETTA M.P., TURCO L., *Esigenze alimentari degli ungulati. Proposte di studio e primi risultati per la stima delle esigenze nutritive di daini e cervi in ambiente appenninico*, in *II Convegno Nazionale di Biologia della selvaggina*, Atti (Bologna, 8 marzo 1991), Bologna, 1991, pp. 499-524.
- SALISBURY G.W., VAN DEMARK N.L., *Physiology of reproduction and artificial insemination of cattle*, San Francisco and London, 1961.
- SEIDEL G.E. JR., *Sexing, bisection and cloning embryos: perspectives and applications to animal breeding*, in *Animal Production and Biotechnology*, Proceedings of the XXX International Symposium of Società Italiana per il Progresso della Zootecnica, Milano, 1995, pp. 147-154.
- ZUCCHI G., *Zooeconomia*, Bologna, 2001.

GIUSEPPE SCARASCIA-MUGNOZZA, ALBERTO MASCI

SELVICOLTURA

SELVICOLTURA E FORESTE

La *selvicoltura*, secondo il dizionario internazionale di terminologia forestale della IUFRO (Unione Internazionale delle Organizzazioni di Ricerca Forestale) consultabile su Internet (<http://iufro.boku.ac.at/iufro/silvavoc>), è «*la scienza e l'arte di regolare la rinnovazione o l'impianto, l'accrescimento, la composizione specifica, lo stato di salute e la qualità delle foreste e delle piantagioni forestali per soddisfare le diverse necessità materiali e immateriali dei proprietari e della società, secondo criteri di sostenibilità*». In realtà numerose e varie sono le definizioni di selvicoltura da quando questo termine si è diffuso in Europa nella seconda metà del XIX secolo; Leone (1996) ne elenca circa una ventina che sottolineano ora un aspetto ora un altro della coltivazione degli alberi forestali e dei boschi a seconda degli scopi che ci si propone. La varietà delle definizioni e dei concetti legati alla parola selvicoltura è anche dovuta alla molteplicità di forme che caratterizzano le biocenosi forestali ovvero l'insieme di alberi e altri organismi che costituiscono le foreste. Si tratta, infatti, di una serie continua di sistemi forestali che possono essere ordinati in funzione del grado di naturalità e della quantità di energia immessa dall'uomo per la loro gestione e il loro mantenimento (FIG. 1): si va dalle foreste naturali vergini, primieve o vetuste, cioè mai tagliate o scarsamente influenzate dall'uomo, alle foreste naturali sottoposte a regolare trattamento selvicolturale, ai rimboschimenti cioè ai boschi impiantati dall'uomo con funzione protettiva, alle piantagioni forestali con prevalente funzione di produzione del legname e, infine, all'arboricoltura da legno e all'agroselvicoltura cioè alle piantagioni di alberi forestali intensamente coltivati, quasi come colture agrarie.

Anche se viene ormai posto in dubbio che vi siano parti della biosfera o ecosistemi naturali che non risentano dell'influenza antropica, sia diretta che indiretta, ancora molto ampie sono le superfici di foreste sulle quali l'impatto

diretto dell'uomo, attraverso tagli o incendi, è stato nel corso del tempo piuttosto trascurabile: si tratta in gran parte delle foreste boreali, come quelle siberiane, e delle foreste tropicali; pochi invece sono ormai i lembi di foreste temperate primitive come le foreste *old growth* del Nord America cioè foreste di conifere e/o latifoglie con alberi di differenti età, anche oltre 400 anni, coesistenti sulla stessa particella, caratterizzate da vuoti più o meno piccoli nella compagine della foresta, causate dalla caduta di alberi stramaturi, morti o deperienti. Le foreste naturali trattate selvicolturalmente sono invece tutte quelle foreste, soprattutto temperate, di origine naturale sottoposte dall'uomo ai tagli selvicolturali per assicurarne la rinnovazione e al contempo fornire prodotti legnosi e assolvere alle altre funzioni tipiche dei boschi. Con un minor grado di naturalità e un maggior impiego di energia per la loro coltivazione troviamo i boschi di origine artificiale, cioè piantati dall'uomo, come i rimboschimenti, in genere realizzati con scopi protettivi, e le piantagioni forestali con funzione preminente di produzione legnosa, come gli impianti di conifere, noci e altre specie a legname pregiato o i pioppeti. Infine, con elevato *input* energetico troviamo le piantagioni agroforestali ovvero tutti quei sistemi colturali in cui le piantagioni di alberi forestali si alternano nello spazio, o nel tempo, alle colture agricole e agli allevamenti zootecnici: rientrano tra questi sistemi le fasce arboree frangivento, i filari arborei di sostegno alle colture, le alberature a protezione del terreno, le coltivazioni arboree a doppia produzione, legnosa e da frutto.

La superficie forestale mondiale ammonta complessivamente a circa 3.9 miliardi di ettari (FAO 2001), superficie che rappresenta il 30% delle terre emerse; questa estensione può sembrare enorme ma vi sono molti aspetti problematici da considerare. Anzitutto, questo parametro dipende dalla definizione che vogliamo attribuire al termine «foresta» poiché questa può cambiare da Paese a Paese modificando anche i dati riportati nelle statistiche forestali. La definizione FAO, largamente accettata a livello internazionale, prevede che una foresta sia una superficie di terreno di almeno 0.5 ha coperta da alberi forestali, con un grado di copertura arborea del terreno superiore al 10%. Importante è anche considerare la dinamica attuale dello stato delle foreste nel mondo e nelle sue diverse componenti regionali. L'andamento in atto corrisponde ad una diminuzione accelerata dell'ampiezza delle foreste a causa di una deforestazione sempre più diffusa in tutte le aree del globo; si stima che negli ultimi 8000 anni si siano persi circa 2 miliardi di ettari di foreste passando da 6 miliardi ha, che è la superficie

forestale potenziale del globo, alla consistenza attuale. Le foreste non solo sono diminuite di superficie ma anche la loro qualità si è depauperata nel tempo con una riduzione della biomassa accumulata, della loro fertilità e della loro diversità biologica. Le foreste primarie o vergini sono quelle che più hanno risentito nel corso della storia umana dell'impatto delle attività antropiche; infatti se complessivamente le foreste si sono ridotte del 40%, quelle primitive sono diminuite di oltre il 70%, con punte superiori all'80% in Africa e Asia. Le foreste primitive una volta sottoposte al taglio del legname, ma senza modificarne l'uso del suolo, ricostituiscono col tempo una copertura forestale più rada di quella preesistente, con una composizione specifica spesso diversa e una minore fertilità del terreno. Ci sarebbe bisogno di oltre un secolo per ricostituire una foresta densa e ricca ma nel frattempo l'ecosistema si è fatto più vulnerabile ad eventi e alterazioni sia naturali che innescati dall'uomo, come gli incendi, con grave rischio di distruzione definitiva della foresta stessa. La perpetuazione nel tempo dell'ecosistema forestale e il suo progressivo miglioramento attraverso una *gestione sostenibile o durevole* sono gli obiettivi della scienza e della pratica forestale, in una parola della selvicoltura.

In termini geografici, le foreste del mondo sono all'incirca egualmente ripartite tra i biomi boreale e temperato, da una parte, e il bioma tropicale, dall'altra. Nelle foreste boreali, presenti soprattutto in Russia e Canada, prevalgono gli alberi di conifere, abeti, pini e larici; le foreste temperate, estese in particolare in Europa e Nord America, sono costituite soprattutto da alberi di specie caducifoglie come i faggi, le querce, i frassini, gli aceri, le betulle. Le foreste tropicali, presenti soprattutto in America latina, Africa e Asia sudorientale presentano la più grande varietà di specie di erbe, di alberi e di animali del globo. Ma, purtroppo, solo le foreste temperate sono in fase di lenta espansione, crescendo ad un ritmo annuo pari a 0.3%, a scapito del territorio agrario che viene abbandonato nelle aree meno produttive o marginali; purtroppo, la deforestazione procede ancora al ritmo accelerato di oltre 14 milioni di ettari all'anno a spese delle foreste tropicali, in questo caso a vantaggio dell'attività agricola. L'ultimo inventario forestale mondiale realizzato dalla FAO (2001), pur mostrando una leggera inversione di tendenza con una modesta riduzione del tasso di deforestazione annuo, ha confermato che la situazione mondiale delle foreste permane molto critica dato l'attuale livello di deforestazione.

Questo sguardo iniziale al panorama forestale mondiale è importante per collocare in una prospettiva adeguata il contesto forestale europeo e ita-

liano, ma soprattutto per sottolineare che mai come in questi ultimi due decenni gli ecosistemi forestali hanno acquisito un'importanza a livello globale, non solo per la loro capacità di produrre materia prima indispensabile e a volte anche pregiata ma soprattutto perché la ricerca ecologica internazionale ha via via messo in luce il fondamentale ruolo delle foreste nei principali cicli ecologici e equilibri climatici del pianeta, in sintesi svelando l'importanza delle foreste per la protezione dell'ambiente e della natura a livello dell'intera biosfera.

Se a livello mondiale l'estensione delle foreste e la loro qualità sono in continuo declino, nei Paesi più industrializzati, soprattutto in Nord-America e in Europa, le foreste hanno ripreso ad espandersi, ad aumentare la loro quantità di biomassa per unità di superficie mentre anche la loro produttività è in crescita nonostante le preoccupazioni sul *waldsterben*, il deperimento del bosco, manifestatosi a partire dal 1970. Il nostro Paese conferma questo cambiamento di tendenza di grande rilevanza poiché dopo secoli di sempre crescente pressione dell'uomo sul bosco per ricavarne terra per l'agricoltura e materia prima per il proprio fabbisogno, per tutto il XX secolo, ma soprattutto a partire dal 1950, le aree rurali di montagna e di collina sono andate via via spopolandosi, liberando terreno che è stato in parte rimboschito (per circa 500.000 ha) ma soprattutto è stato naturalmente ricolonizzato da arbusti e alberi forestali avviando così la definitiva riconquista da parte del bosco di oltre un milione di ettari di territorio. In questo modo la superficie forestale italiana è andata progressivamente aumentando fino a coprire circa 10 milioni di ha (FAO 2001) che rappresentano il 34% del territorio nazionale. Un altro indice di sostenibilità delle foreste italiane è dato dalla quantità di fitomassa legnosa contenuta nei nostri boschi, la cosiddetta provvigione forestale, che è aumentata di circa il 50% negli ultimi 50 anni raggiungendo il valore medio di circa $150 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ grazie all'azione di risparmio, nell'utilizzazione dell'incremento legnoso dei boschi, condotta dalla politica forestale del nostro Paese. In questo modo è migliorata, in generale, la qualità dei nostri ecosistemi forestali che presentano un biospazio più esteso in altezza e caratterizzato da maggiore complessità, una più elevata biodiversità e un'accresciuta fertilità del terreno. Ovviamente, vi è anche il rovescio della medaglia poiché i nostri boschi sono diventati più vulnerabili, soprattutto a causa dell'enorme aumento del numero e dei danni degli incendi forestali dovuti alla stretta interrelazione di fattori ecologici e socio-economici.

I SISTEMI SELVICOLTURALI

Per *sistema selvicolturale* si intende l'insieme delle operazioni attuate per la coltivazione, l'utilizzazione e la rinnovazione del bosco. Un sistema selvicolturale è definito innanzitutto dal meccanismo di propagazione con cui la foresta viene fatta rigenerare. Esistono due tipi di propagazione: *gamica* e *agamica*. La propagazione gamica, o sessuata, avviene da seme mentre quella agamica, asessuata o vegetativa, si verifica a partire da gemme preesistenti o di neoformazione, generalmente in concomitanza di eventi traumatici, qual'è il taglio dell'albero. Ad esempio, le gemme presenti alla base (*ceppaia*) degli alberi di molte specie (principalmente latifoglie), vengono stimulate alla produzione (*ricaccio*) di nuovi individui o, meglio, di nuovi getti di accrescimento, con fusto, rami e foglie, chiamati *polloni*; l'attitudine di queste specie a produrre polloni viene detta *capacità pollonifera*. Questa può essere più o meno pronunciata (ad esempio il castagno, *Castanea sativa mill.* e il carpino nero *Ostrya carpinifolia scop.* hanno una capacità pollonifera molto più elevata del faggio *Fagus sylvatica L.* e delle querce *Quercus spp.*) e più o meno duratura (ceppaia di castagno possono produrre polloni in maniera quasi perpetua, poiché il taglio di piante anche molto grosse porta al ricaccio dei polloni mentre lo stesso non avviene nelle altre specie). Una singola ceppaia può produrre un numero molto elevato di polloni che con il tempo tende comunque a diminuire a causa della competizione; tuttavia le conifere non sono in grado di ricacciare da ceppaia dopo un taglio, tranne alcune specie, quali: *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl, in grado di emettere *polloni radicali*, *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook della Cina, *Tertraclinis articulata* (Vahl.) Mast del nord Africa, *Pinus canariensis* C. Smith e *Pinus oocarpa* Schiede dell'America centrale.

L'uomo può intervenire scegliendo la modalità di propagazione nel caso delle latifoglie e, nella terminologia forestale, si dice che può scegliere la *forma di governo*: se la riproduzione è da seme si parla di *governo a fustaia* (o ad *alto fusto*) se è per polloni si parla di *ceduo*. In realtà la definizione non è così categorica in quanto è possibile che delle fustaie derivino da piantagione di materiale ottenuto per via agamica: è il caso degli impianti di pioppo specializzati ad alta produttività che hanno origine da talee (porzioni di piante provviste di gemme che vengono fatte radicare e che riproducono degli individui in tutto e per tutto uguali a quelli da cui sono state prelevate). Il motivo per cui questi impianti vengono chiamati talvolta fustaie è per via del loro aspetto. La fustaia e il ceduo infatti si distinguono a vista: la prima è forma-

ta da individui ben separati l'uno dall'altro mentre il secondo è costituito da piccoli gruppi aventi in comune la ceppaia e quindi l'apparato radicale.

Quale che sia la forma di governo, la riproduzione avviene in seguito al taglio degli alberi (*tagli di rinnovazione*). L'organizzazione nel tempo e nello spazio di questi interventi è denominata *trattamento*. Se una foresta, o una porzione sufficientemente grande di essa (di dimensioni superiori ai 1000 m²), è costituita da piante aventi grosso modo la stessa età vuol dire che il taglio ha interessato in maniera andante quella superficie in una sola volta o poche volte in un intervallo di tempo ristretto (massimo 30 anni). Una foresta di questo tipo è denominata *coetanea* ed è possibile distinguere nel profilo una porzione occupata da chiome ed una occupata solo da tronchi: le piante hanno, sia pure con una certa variabilità, altezze simili. Il periodo di tempo intercorrente fra la nascita delle piante e la loro eliminazione per far spazio alla rinnovazione è chiamato *turno* e la sua lunghezza è decisa in base ad una serie di considerazioni di carattere ora finanziario, ora economico o ecologico.

La fustaia coetanea deriva dal trattamento a *taglio raso con rinnovazione naturale* se tutta la superficie è stata sgomberata dagli alberi vecchi in una sola volta e la rinnovazione avviene grazie alla disseminazione da parte di piante attigue alla superficie tagliata. Se dopo il taglio si ricorre al piantagione si parla di *taglio raso con rinnovazione artificiale posticipata*. L'eliminazione delle piante del vecchio turno può avvenire anche con una serie di tagli dilazionati in un arco di tempo della durata massima di 30 anni: in questo caso si parla di trattamento a *tagli successivi*. Il primo di questi tagli corrisponde alla fine del turno ed è chiamato *taglio di sementazione*. In questo modo le piantine della nuova generazione cresceranno inizialmente sotto la copertura delle piante madri che verranno progressivamente eliminate.

Dal momento della nascita delle piantine in poi, l'uomo interviene a diminuire la densità del bosco per attenuare la competizione che comporta sempre un rallentamento della crescita. Questo tipo di interventi è denominato *sfollo*, se interessa le piante molto giovani e non segue un criterio selettivo ma serve solo a diminuire la densità, *diradamento* se oltre a diminuire la densità ha lo scopo di selezionare le piante più promettenti ed eliminare le difettose, le deperienti e quelle malate. Lo scopo dei diradamenti non è quello di rinnovare il bosco.

Se una foresta o una porzione di essa è costituita da piante di varie età e quindi di vari diametri ed altezze si parla di foresta *disetanea*. In questa sono presenti nella stessa superficie e nello stesso momento tutti gli stadi di sviluppo di una fustaia coetanea: dagli alberi più giovani a quelli più vecchi. Gli

alberi di diverse età possono essere mescolati fra loro (*disetaneità per pedali*) o riuniti in gruppetti di superficie non superiore a 1000 m² della stessa età (*disetaneità a gruppi*). Nel primo caso non è possibile individuare, osservando il profilo, una porzione occupata dai soli tronchi e una occupata dalle chiome. Nel secondo caso invece è possibile ma solo in gruppi di piante su superfici ridotte.

La fustaia disetanea deriva dal trattamento a *taglio saltuario*, detto anche *di curazione* o *a scelta*. Essendo presenti piante di tutte le età, allo scopo di far nascere delle nuove piante verranno eliminate quelle più grandi (che hanno raggiunto o superato il diametro desiderato: *diametro di recidibilità*). Piante di dimensioni inferiori possono essere tagliate se ombreggiano eccessivamente le più giovani o se cresciute troppo ravvicinate ad altre. In questo modo il taglio saltuario è nello stesso momento un taglio di rinnovazione e un diradamento a seconda delle piante che va ad interessare. La fustaia disetanea comporta la copertura continua, nel tempo e nello spazio, del suolo.

Anche la forma di governo a ceduo permette di ottenere strutture coetanee o disetanee. Al giorno d'oggi però la più diffusa è quella coetanea e la seconda è praticamente abbandonata perché di più difficile applicazione e non adatta per tutte le specie. I polloni hanno una maggiore velocità di accrescimento rispetto alle piante da seme e questo permette di utilizzare dei turni molto brevi compresi in genere fra i dieci ed i trenta anni a seconda della specie impiegata, della fertilità della stazione e del prodotto che si vuole ricavare. In genere i cedui forniscono legna da ardere e solo in pochi casi legna da opera come ad esempio nel caso del castagno (paleria). La compagine agamica è spesso inframmezzata da individui, teoricamente provenienti da seme che vengono rilasciati per almeno due turni con lo scopo (sempre teorico) di: I) mantenere una minima copertura del suolo quando tutti i polloni sono tagliati, II) garantire la rinnovazione da seme per rimpiazzare quelle ceppaie che col tempo perdono la capacità pollonifera e III) fornire una certa quantità di legname da opera. Queste piante sono chiamate *matricine* ed il ceduo è detto *matricinato*. Quando le matricine, anziché avere grosso modo la stessa età (misurata in termini di multipli del turno del ceduo), hanno età scalare da una volta fino a quattro volte il turno e le classi di età sono rappresentate secondo una ben precisa norma, si parla di *ceduo composto* (composto appunto dal ceduo coetaneo e la fustaia disetanea). Anche quest'ultimo trattamento è ben poco impiegato in Italia e vede diminuire l'interesse anche in Francia (che è il paese in cui trovò in passato i maggiori favori e la più organica teorizzazione). Il trattamento più in voga per i cedui è quello *matricinato*

mentre anche quello *semplice* (senza matricine) è poco usato e si adatta per specie che fruttificano abbondantemente fin dai primi anni o che producono numerosi polloni radicali non richiedendo in tal modo la presenza di matricine che sono nocciolo, salice, ontano, robinia.

In conclusione e ricapitolando, le forme di governo sono due: a ceduo e a fustaia. In entrambe è possibile ottenere delle strutture coetanee e disetanee. Nel ceduo il trattamento più in uso è il taglio raso di tutti i polloni con rilascio di un numero variabile di matricine (ceduo matricinato). Nella fustaia si possono conseguire diverse strutture. Quella che in genere è più strettamente coetanea deriva dal taglio raso, meno strettamente coetanea è la fustaia derivante dai tagli successivi e disetanea quella da taglio saltuario. Esiste comunque tutta una serie di forme intermedie. Riguardo alla copertura, il taglio raso è quel trattamento che scopre di più il suolo anche se effettuato su piccole superfici, seguono i tagli successivi mentre il taglio saltuario è quello che mantiene teoricamente una copertura continua o scopre le superfici più piccole. In genere, quest'ultimo tipo di trattamento è considerato adatto per boschi misti, formato da specie tolleranti l'ombra, e per i boschi aventi finalità di protezione dei terreni con forte pendenza, ma non per questo può essere considerata una forma di selvicoltura meno intensiva. Al contrario, essendo un taglio che contemporaneamente «rinnova, dirada e cura», richiede interventi esperti, ravvicinati nel tempo e contenuti. Per questo c'è il rischio che in zone di montagna impervie non venga applicato correttamente stante l'esigenza, al fine di rendere appetibili ai compratori lotti mal situati, di mandare al taglio superfici ampie tutte in una volta e ad intervalli di tempo più lunghi.

PROFILO STORICO DELLA SELVICOLTURA

Il sistema selvicolturale più vecchio sembra essere il ceduo. In Gran Bretagna pare risalga almeno al Neolitico e risulta impiegato attraverso tutta l'età del bronzo e durante il dominio Romano e quello Sassone. Ai tempi dei romani, i cedui per la produzione di pali per miniera, tutori per viti, legna da ardere e altro materiale di piccole dimensioni erano chiamati *silvae caeduae* ed erano caratterizzati da turni erano molto brevi. Plinio nel suo *Historia Naturalis* parlava di turni di 7 anni per il castagno, per la produzione di tutori per viti, e di 10 anni per le querce. In Germania, durante il Medioevo, su vaste superfici il ceduo era combinato con colture agricole temporane e in

Svizzera, sistematiche ceduazioni non cominciarono prima del diciottesimo secolo sebbene la pratica fosse conosciuta già da tempo.

Il trattamento più antico delle fustaie è una forma molto semplificata di taglio a scelta, indirizzata soprattutto all'utilizzazione degli alberi migliori, più diritti e regolari, in rapporto all'uso che se ne doveva fare. Non va esclusa anche l'eventuale utilizzazione di piante più piccole per l'approvvigionamento di legna da ardere; nelle fustaie di latifoglie questo potrebbe aver generato delle strutture composite intermedie fra fustaia e ceduo. Già nel quindicesimo secolo, però, le leggi forestali della Repubblica di Venezia, regolavano la scelta delle piante da utilizzare nei boschi disetanei anche sulla base di inventari o catasti forestali regolarmente ripetuti ogni 10-20 anni.

Il taglio raso è diventato necessario con lo sviluppo di attività minerarie o industriali che richiedevano grandi quantità di legname. Il problema della rinnovazione in caso di tagliate molto estese era frequente e le prime notizie di semina in boschi di conifere in Germania è documentata per il quattordicesimo secolo. Nelle abetine di Vallombrosa (FI) il taglio raso con rinnovazione artificiale era in uso già nel diciassettesimo secolo. Alla fine del sedicesimo secolo risalgono le prime documentazioni di taglio raso nelle foreste della Val di Fiemme (TN).

In Francia, l'idea di tagli con rilascio di uno specificato numero di alberi per la disseminazione (taglio raso con riserve) risale almeno al quattordicesimo secolo. Al fine di evitare l'irregolare distribuzione nello spazio delle tagliate che causava problemi per la gestione, venne emanata da Luigi XIV nel 1669 l'ordinanza «*Sur le fait des Eaux et Forêts*» nota come ordinanza di Colbert. Dal punto di vista tecnico l'ordinanza introduceva l'obbligo di effettuare le tagliate in modo che avessero un lato in comune con quella precedente (*Tire et aire*). Dal punto di vista del pensiero forestale si affermavano due principi fondamentali: I) il bosco è un bene di interesse pubblico e in quanto tale va salvaguardato e difeso (esso serve per le «*nécessités de la guerre, à l'ornement de la paix, à l'accroissement du commerce*») e II) definire e fissare un limite ai tagli. Si può affermare che si tratti del primo tentativo di dare delle regole allo sfruttamento dei boschi al fine di ottenere un reddito annuo.

Sul finire del diciottesimo secolo nascono le prime due scuole forestali, entrambe in Germania. Johann Heinrich von Cotta, nel 1785, fondò la scuola di Tharandt in Sassonia e Georg Ludwig Hartig quella di Münden in Assia nel 1789. A partire dallo stesso periodo, in Germania cominciarono le sostituzioni su vaste superfici delle specie spontanee, principalmente querce e faggio, con abete rosso (*Picea abies* (L.) Karst.) sui suoli migliori e pino sil-

vestre su quelli peggiori. Fu proprio Cotta che introdusse in maniera sistematica il taglio raso con rinnovazione artificiale. Hartig fu direttore del Servizio Forestale Prussiano nella prima metà del diciannovesimo secolo e, sulla base dell'esperienza acquisita lavorando in foreste di querce e faggio, introdusse sistematicamente i tagli successivi uniformi. Sia Cotta che Hartig, pur con delle differenze, sono i fondatori della scuola forestale tedesca basata su regole rigide volte alla costituzione di boschi regolari e monospecifici e al conseguimento del massimo reddito fondiario. Si tratta quindi di una impostazione schematica e strettamente legata a valutazioni finanziarie.

Nel 1824, a Nancy, Bernard Lorentz fonda la prima scuola forestale francese, sotto l'influenza del pensiero forestale tedesco diffusosi in Francia per effetto delle guerre napoleoniche. L'impostazione della selvicoltura francese fu però, sotto certi aspetti, più prudente e moderatamente conservatrice. Lorentz era totalmente contrario al governo a ceduo, cosa che gli procurò l'avversione degli industriali e dell'Amministrazione delle Acque e Foreste. Inoltre era contrario anche alle fustaie disetanee e a quelle irregolari. Di conseguenza la scuola francese sviluppò e approfondì le tecniche di conversione dei cedui in fustaie e di trasformazione delle fustaie disetanee ed irregolari in fustaie coetanee e regolari. Il trattamento preferito era quello dei tagli successivi e la rinnovazione doveva essere naturale. Nonostante le differenze, anche notevoli rispetto alla scuola tedesca, alcuni concetti fondamentali sono in comune: la ricerca della regolarità a tutti i costi ed il massimo reddito. Anche il successore di Lorentz, Adolphe Parade, pur manifestando un maggiore attenzione ai principi ecologici, sua è la celebre espressione «imitare la natura ed affrettarne l'opera», è da considerarsi ancora fra i fautori della regolarità e del massimo reddito. Le idee guida di entrambi erano infatti «produzione sostenuta, rinnovazione naturale e miglioramento progressivo»¹.

Nella seconda metà del diciannovesimo secolo si manifestano i primi dissensi nei confronti di quanto le scuole tedesca e francese andavano propugnando. Karl Gayer (nella sua opera *Waldbau* del 1878), reagendo alla tendenza generale tedesca verso il taglio raso con rinnovazione artificiale posticipata monospecifica sostenne l'imperativo di un «ritorno alla natura». A tal fine, secondo Gayer, la selvicoltura doveva porre le sue basi sulla conoscen-

¹ O. CIANCIO, S. NOCENTINI, *Il bosco e l'uomo: l'evoluzione del pensiero forestale dall'Umanesimo moderno alla cultura della complessità. La selvicoltura sistemica e la gestione su basi naturali*, in *Il bosco e l'uomo*, a cura di O. Ciancio, Firenze, 1996.

za delle caratteristiche biologiche della singola pianta, dei fattori stazionali e del processo di associazione degli alberi in soprassuoli. In questo modo nasce la *selvicoltura naturalistica* e la visione del bosco come una «complessa comunità naturale» e non come un insieme casuale di alberi ed altri organismi. Tutto ciò probabilmente mette a frutto l'insegnamento derivante da un secolo di applicazione sistematica dei principi della scuola tedesca. All'epoca infatti già erano evidenti alcuni grossi inconvenienti collegati con la costituzione di sistemi estremamente semplificati come il bosco puro, coetaneo, edificato con specie non propriamente indigene (l'abete rosso e il pino silvestre, *Pinus Sylvestris L.* sono spontanee in Germania ma i selvicoltori avevano esteso le due specie su vaste superfici originariamente di competenza delle querce e del faggio) e riprodotto artificialmente con piantagione. I nuovi impianti cominciavano a manifestare una forte suscettibilità ad avversità biotiche ed abiotiche.

In termini tecnici, Gayer raccomandava i *tagli successivi a gruppi* (una variante dei tagli successivi applicata su piccole superfici che ha la tendenza a rendere la foresta nel complesso disetaneiforme o comunque meno regolare rispetto ai tagli successivi uniformi), la rinnovazione naturale e il bosco misto. La *selvicoltura naturalistica*, il cui fondatore può essere considerato il Gayer, consiste nella «ricerca di una armonizzazione delle forze naturali di produzione» per usare le sue parole. Si parla quindi di fattori di produzione. Anche in questo caso l'obiettivo ultimo è il conseguimento di fini economici e ed i criteri economici devono guidare la selvicoltura naturalistica. Il primo ad usare la dizione *selvicoltura su basi naturalistiche* fu Mayr nel 1909 in un trattato dallo stesso titolo in cui sosteneva che queste basi fossero le «leggi naturali di distribuzione dei boschi sulla terra», le caratteristiche «fisiologico-colturali» e «biologico-colturali» delle singole specie forestali e delle «associazioni arboree»². L'impostazione fitogeografica di Mayr è, fra l'altro, la base di una nuova concezione di introduzione di specie esotiche e la selvicoltura naturalistica non esclude affatto questa possibilità. In Italia, Pavari prima e De Philippis poi contribuirono in modo significativo all'evoluzione del concetto di selvicoltura naturalistica senza mai disconoscere l'importanza dei criteri economici nelle valutazioni selvicolturali.

² A. DE PHILIPPIS, *Selvicoltura e Ambiente*, Firenze, 1991, pp. 97.

In Francia, Adolphe Gurnaud alla fine dell'ottocento, analogamente a Gayer, si oppose agli insegnamenti della scuola francese spingendosi però ben oltre rispetto all'autore tedesco. Gurnaud si rifiutò di imporre un qualsivoglia ordine alla foresta privilegiando la foresta mista e disetanea e, cosa ancor più estremista per i tempi, dal punto di vista gestionale rifiutava la predefinita della massa da tagliare (*ripresa*). Fino a quel momento infatti la quantità di legname da asportare era predeterminata in base ad opportune misure del volume di legname presente (in campo forestale viene tradizionalmente ma erroneamente usato il termine di massa legnosa per intendere il volume degli alberi) ed indirizzata al conseguimento di una struttura ideale con un volume ideale definita *bosco normale*. A dire il vero anche il Gurnaud ha in mente una sorta di norma verso cui tendere ma si tratta di un qualcosa di meno rigido rispetto al bosco normale che lui definisce *stato di equilibrio* ed è identificato con un rapporto preciso fra piante di grosse, medie e piccole dimensioni. Il metodo da lui proposto è detto *metodo del controllo* perché è basato su interventi frequenti accompagnati da periodici controlli degli effetti ottenuti (tramite inventario). In base a considerazioni sui risultati prodotti da un intervento si formula la modalità del successivo che comunque sarà a sua volta sottoposto ad analisi critica e gli eventuali errori corretti col successivo. Questo metodo è normalmente studiato in assestamento forestale ma la sua portata è molto ampia ed invade il campo selvicolturale. In Svizzera, la fustaia disetanea ed il metodo del controllo trovò un convinto sostenitore in Henry Biolley.

Il metodo del controllo fu osteggiato dall'Amministrazione Forestale francese e successivi studi di De Liocourt nel 1898, Huffel nel 1926, e Schaeffer, Gazin e D'Alverny nel 1930, formalizzarono accuratamente la fustaia disetanea definendo la *norma*, ovvero il bosco normale in forma disetanea, ed i metodi di calcolo della «massa» da asportare. La vera rivoluzione portata dal Gurnaud riguardò il modo per conseguire ciò che in definitiva era anche l'obiettivo delle scuole tedesca e francese: il massimo reddito. Il metodo del controllo punta al conseguimento del più alto tasso di accrescimento possibile in rapporto alla provvigione presente. Il tipo di trattamento è molto simile al taglio saltuario in quanto ha carattere di colturalità.

La scuola forestale svizzera nacque nell'ambito del Politecnico di Zurigo nel 1855. L'orientamento fu fin dall'inizio verso la selvicoltura naturalistica. Tre personaggi hanno caratterizzato il pensiero forestale di questa scuola ed influenzato la scienza forestale anche nel resto d'Europa: Biolley, che, sulle orme di Gurnaud sostenne la fustaia disetanea ed il metodo del controllo;

Walter Shädelin, che rivoluzionò il pensiero riguardo i diradamenti ed i tagli intercalari in generale e Hans Leibundgut che descrisse e codificò il *Femelschlag*, una variante del taglio successivo a gruppi con un periodo di rinnovazione lungo ed indefinito, che conduce a strutture disetaneiformi. È probabile che la scuola svizzera sia stata particolarmente sensibile alle altre funzioni del bosco oltre a quelle produttive se si considera la collocazione montana di gran parte dei boschi elvetici. Tuttavia sia Biolley, Schädelin, che Leibundgut indirizzano i loro sistemi selvicolturali alla massima produzione legnosa con il secondo forse più orientato verso la qualità. Leibundgut, basandosi sulla osservazione e valorizzazione delle forze naturali, propose una selvicoltura svincolata dalle formalizzazioni ma non per questo disinteressata all'ottenimento del massimo e migliore prodotto legnoso possibile affermando inoltre che il conseguimento delle altre funzioni segue naturalmente quella economica secondo il cosiddetto *effetto scia*.

Negli anni venti Alfred Möller con la teoria del *Dauerwald*, il bosco permanente, porta agli estremi l'approccio colturale che era stato introdotto dal Gurnaoud: non solo è il bosco che indica al forestale quale debba essere la misura dell'intervento ma le necessità dell'uomo non debbono prevalere su quelle del bosco. Möller riaffermò la teoria organicistica del bosco ovvero la concezione di questo come un organismo (o superorganismo) vivente e per la prima volta la funzione economica finisce in secondo piano.

Nello stesso periodo, gli assertori della selvicoltura naturalistica bocciarono decisamente la teoria di Möller ed alcuni, negli anni quaranta, affermarono la teoria della *multifunzionalità del bosco*. Questa deriva dai principi della selvicoltura naturalistica e sostiene essenzialmente che, a prescindere dalla forma di coltivazione del bosco, la produzione di legno rimane la funzione predominante e trascina automaticamente e congiuntamente le altre (*effetto scia*). Molti autori, anche fra i sostenitori della selvicoltura naturalistica fra cui De Philippis e Susmel, però non credevano nell'effetto scia.

La scuola italiana di selvicoltura fu istituita a Vallombrosa (FI) nel 1869 ed il primo direttore fu Adolfo Di Bérenger; seguirono Francesco Piccioli, Vittorio Perona, Alberto Cotta. Nel 1914 la scuola fu trasferita a Firenze e trasformata in Istituto Superiore Forestale Nazionale al quale, nel 1921, fu annessa la neo costituita Stazione Sperimentale di Selvicoltura che, nel 1967, divenne Istituto Sperimentale per la Selvicoltura di Arezzo. Il primo direttore dell'Istituto Superiore Forestale Nazionale fu Arrigo Serpieri, il principale ispiratore, nel 1923, della prima vera e propria legge forestale italiana. L'influenza delle due maggiori scuole europee, tedesca e francese, fu molto forte. In particolare, nel-

l'economia forestale, assestamento, dendrometria, estimo forestale e nelle sistemazioni idraulico forestali, l'indirizzo coincise con quello della scuola tedesca. Nell'insegnamento della selvicoltura propriamente detto, l'impostazione fu più vicina a quella della scuola francese. Ben presto però la scuola italiana cominciò a trovare una propria identità e non poteva essere altrimenti date le macroscopiche differenze con le realtà forestali francese e tedesca. L'indirizzo era verso una selvicoltura mai generalizzata nel governo e trattamento ed improntata alla cautela (sia in termini di intensità che di estensione degli interventi) ed alla sperimentazione. Due correnti di pensiero si svilupparono: una bio-ecologica in linea con la selvicoltura naturalistica e facente capo ad Aldo Pavari e l'altra d'orientamento più economico guidata da Generoso Patrone. Pavari diede importanti contributi in vari settori delle scienze forestali: 1) in dendrologia, diffondendo ed approfondendo la conoscenza delle caratteristiche autoecologiche delle specie sia indigene che esotiche; 2) nelle classificazioni fitoclimatiche (sulle orme del Mayr), ovvero la distribuzione delle specie arboree in relazione all'altitudine e ad alcuni parametri climatici sintetici come la piovosità media annua, la temperatura media annua, la media delle temperature minime, le precipitazioni estive; l'accurato studio dell'ecologia delle specie esotiche, combinato con la definizione e l'inquadramento delle fasce fitoclimatiche, ha costituito un momento molto importante in vista dell'introduzione di specie in rimboschimento, culminato con l'opera del 1941, scritta insieme a De Philippis, suo allievo, dal titolo *la sperimentazione di specie forestali esotiche in Italia. Risultati del primo ventennio*; 3) selvicoltura, definendone le basi ecologiche. Un altro allievo del Pavari fu Lucio Susmel che in qualche modo si discostò da De Philippis per quanto riguarda l'introduzione delle specie esotiche e spinse i suoi studi verso l'approfondimento delle basi ecologiche della selvicoltura ed in particolare della fustaia disetanea, non rinunciando alla definizione della normalità che talvolta indicò come «stato di equilibrio culturale». Scientificamente e ecologicamente molto interessanti sono i suoi studi sulla struttura e la funzionalità delle foreste vergini europee anche per derivarne indicazioni per una corretta applicazione dei trattamenti selvicolturali alle foreste miste di conifere e faggio delle Alpi.

ATTUALITÀ DELLA SELVICOLTURA

L'evoluzione del pensiero e della tecnica selvicolturale in Europa, nel corso degli ultimi due secoli, ha portato ad un rapporto tra l'uomo e il bosco sem-

pre più attento alle esigenze e ai fattori della produttività forestale, della conservazione del bosco e della sua rinnovazione. Gli sforzi per rendere durevole, o sostenibile, la produzione forestale mediante la conoscenza delle leggi fondamentali della crescita dei boschi hanno portato a risultati di rilievo per la gestione forestale, basata sulla regolare ripartizione della foresta in sezioni che venivano tagliate successivamente nel corso degli anni, in corrispondenza del turno prescelto. La selvicoltura ottocentesca, così come codificato dalla Scuola centro-europea, puntava alla cosiddetta foresta normale, organizzata in modo tale da fornire una produzione legnosa annua, massima e costante. Questo approccio gestionale richiedeva la misura sistematica del volume e dell'accrescimento degli alberi del bosco, assumendo che la produttività della foresta sia costante nel tempo. Durante il secolo appena trascorso, però, parallelamente andavano sviluppandosi le ricerche e le conoscenze sulla struttura e il funzionamento degli ecosistemi forestali e sui cicli della materia e dell'energia con cui gli ecosistemi interagiscono. Sulla scia dei fondatori della scienza dell'ecologia come Haeckel, Clements, Tansley, Sukachev e Odum, una schiera di ecologi forestali, soprattutto a partire dagli anni '50, ha contribuito ad accumulare un patrimonio di conoscenze e a formulare nuove ipotesi e teorie sulle successioni ecologiche, sul ruolo delle alterazioni ambientali in rapporto alla rinnovazione naturale e alla struttura degli ecosistemi forestali, sull'interazione tra diversità biologica e trattamenti selvicolturali e, ancora, sul rapporto tra cicli biogeochimici, fertilità stazionale e gestione forestale. I grandi progressi ottenuti dalla ricerca forestale in queste e in altre tematiche hanno portato, a partire dagli anni '70 e '80, ad un profondo riesame delle correnti di pensiero prevalenti in ambito forestale e all'affermarsi di nuove filosofie e nuove metafore per l'interpretazione della struttura e delle funzioni delle foreste; la realtà forestale è stata progressivamente analizzata secondo una prospettiva completamente diversa, determinando così lo sviluppo di un nuovo paradigma scientifico che si propone l'obiettivo di pervenire ad una *gestione forestale di tipo ecosistemico*, cioè attenta soprattutto a mantenere e, se possibile, migliorare e rafforzare le diverse funzioni e caratteristiche del bosco considerato nel suo insieme di alberi, altre piante, fauna, risorse idriche e fertilità del terreno, in una parola come un ecosistema. In sostanza, man mano che le ricerche ecologiche progredivano e si andava svelando la complessa struttura degli ecosistemi forestali, le loro interazioni con i più vasti cicli ed equilibri ecologici nonché l'impatto dell'inquinamento e delle altre alterazioni ambientali, si faceva strada l'esigenza di tener conto di queste complesse interrelazioni nella gestione antropica degli

ecosistemi naturali. D'altra parte, la prestigiosa rivista *Science* ha dedicato alcuni anni fa un intero numero al tema della gestione delle risorse naturali «poiché ormai si ritiene che tutta la biosfera sia in qualche modo sotto l'influenza del genere umano; ...pertanto tutti gli ecosistemi, anche quelli naturali, in un modo o in un altro devono essere gestiti dall'uomo»³. Il concetto di gestione sostenibile delle risorse, proposto negli anni '80 dal rapporto intitolato *Our Common Future* redatto dalla Commissione Mondiale sull'Ambiente e lo Sviluppo, viene considerato una via possibile per superare il conflitto tra sfruttamento delle risorse naturali e loro conservazione per le future generazioni attraverso una gestione basata sulla conoscenza scientifica della realtà naturale; in particolare, la gestione sostenibile o durevole applicata agli ecosistemi forestali è stata posta come obiettivo fondamentale e irrinunciabile delle Convenzioni internazionali riguardanti direttamente o indirettamente le foreste come le Conferenze intergovernative sulla protezione delle foreste europee, boreali e tropicali, la Convenzione sulla conservazione della biodiversità, la Convenzione sui cambiamenti climatici, e quella sulla lotta alla desertificazione. In sé la definizione di selvicoltura sostenibile è semplice e pienamente condivisibile poiché si propone di gestire le foreste in modo tale da conservarne e migliorarne la biodiversità, le sue funzioni ecologiche, dall'accumulo di carbonio alla conservazione della fertilità del suolo e alla protezione idrogeologica, nonché sostenerne le rilevanti funzioni economiche e sociali quali quella produttiva e paesaggistico-ricreativa. In definitiva, si sostiene che è tempo ormai di abbandonare il concetto di sostenibilità delle sole funzioni di produzione legnosa del bosco poiché ci si è accorti della difficoltà di considerare la foresta come una semplice «fabbrica di legname» essendo i fattori dell'ambiente, clima, fertilità del terreno, eventi catastrofici, di fatto poco prevedibili e, soprattutto, mutevoli nel tempo; dall'altra parte è andato via via accumulandosi un patrimonio di conoscenze sul ruolo e l'importanza degli ecosistemi forestali, in tutte le loro componenti e funzioni ecologiche, che richiede un approccio diverso al tema della loro gestione. Ecco il cambiamento, se vogliamo un capovolgimento, di paradigma: *dalla produzione legnosa sostenibile alla sostenibilità degli ecosistemi*.

In realtà non mancano le voci critiche sulla nozione stessa di gestione forestale sostenibile poiché non è stato mai chiarito se questa debba essere per-

³ P.M. VITOUSEK, H.A. MOONEY, J. LUBCHENCO, J.M. MELILLO, *Human domination of earth's ecosystems*, «Science», 277 (1997), pp. 494-499.

seguita a beneficio delle future generazioni, in un'ottica cosiddetta antropocentrica, ovvero a beneficio della foresta in quanto tale; in questo caso verrebbe avvalorata l'idea dell'etica della natura e del «bosco come soggetto di diritti»⁴ che, del resto, sono pur sempre concetti legati all'interpretazione e alla visione della natura da parte dell'uomo e della società piuttosto che ai risultati della ricerca scientifica, ecologica e forestale.

RECENTI CONTRIBUTI SCIENTIFICI

Selvicoltura ed ecologia forestale

Gli ultimi decenni hanno visto un considerevole ampliamento di conoscenze e osservazioni sperimentali sull'importanza e sulla funzionalità delle foreste sia in Italia che nel mondo, grazie soprattutto a innovativi Programmi di ricerca internazionali (*International Biological Program - IBP*, *Man and Biosphere - MAB*, *International Geosphere-Biosphere Program - IGBP*) e anche nazionali (Progetti finalizzati IPRA e RAISA del Consiglio Nazionale delle Ricerche e Progetti di interesse nazionale del Ministero dell'Università e della Ricerca e del Ministero delle Politiche Agricole e Forestali) nonché grazie allo straordinario progresso tecnologico che ha messo a disposizione dei ricercatori moderne apparecchiature e innovativi strumenti metodologici e concettuali. Alcune delle più significative scoperte hanno riguardato le interazioni delle foreste con l'atmosfera e con i cicli biogeochimici, come quello dell'acqua e del carbonio, l'enorme ricchezza di strutture forestali differenti che sostengono una stupefacente diversità di forme di vita, i continui cambiamenti attraverso i quali le foreste si evolvono in percorsi molto più spesso ciclici che lineari. Parallelamente a questo accumularsi di informazioni, ipotesi scientifiche e dati sperimentali, si è andato sviluppando anche l'ambito delle teorie e tecniche di gestione degli ecosistemi forestali, in una parola la selvicoltura. È questo un campo di ricerca applicata e di sperimentazione in continua crescita ed evoluzione che, probabilmente, deve ancora beneficiare in larga misura delle enormi potenzialità di analisi ambientale e di sintesi gestionale offerte dalle moderne tecnologie quali il telerilevamento da satellite e altre piattaforme

⁴ O. CIANCIO, S. NOCENTINI, *Il bosco e l'uomo: l'evoluzione del pensiero forestale dall'Umanesimo moderno alla cultura della complessità*, cit.

mobili, i sistemi informativi territoriali, l'analisi genetica del germoplasma forestale e il monitoraggio ecofisiologico delle foreste.

L'evoluzione del pensiero forestale ha condotto a diversi modi di concepire la selvicoltura ma un punto unificante è ormai ben saldo: l'ecologia ne costituisce la base e non solo nel caso della selvicoltura naturalistica. I boschi hanno cicli lunghi in quanto edificati da specie longeve e così la sperimentazione, quindi il progresso, in selvicoltura, in senso stretto, deve rispettare questi tempi e non può essere molto rapida. La conoscenza dell'ecologia delle specie (acquisita ad esempio tramite lo studio delle foreste vergini, oppure con l'osservazione di breve e medio termine) accelera senz'altro il progredire delle conoscenze anche in selvicoltura. Ad esempio, sapere se una specie tollera o meno l'ombra già fornisce delle informazioni sulla scelta del trattamento selvicolturale più idoneo; infatti, specie molto esigenti di luce sin dalla gioventù stentano a rinnovarsi sotto copertura anche se non molto densa richiedendo pertanto energici tagli di rinnovazione se l'obiettivo gestionale è di mantenere quella determinata tipologia forestale. Tuttavia, un altro fattore fondamentale per le piante è l'acqua; ecco quindi che le cose cominciano a complicarsi perché, se una specie è molto esigente sia di luce che di acqua, potrebbe mostrarsi adattabile all'ombra in ambienti dove il secondo fattore difetta in maniera più accentuata. Si tratta spesso di ipotesi non dimostrate sperimentalmente ma avanzate per spiegare dei fatti comunemente osservati in natura: osservazioni, come direbbe qualcuno, *di senso comune*. Il forestale, soprattutto nella concezione tradizionale, ha messo a frutto questo tipo di conoscenze, empiriche, ed alcune di queste sono comunemente accettate dal mondo scientifico. È ovvio però che, per una quantificazione, e talvolta per una verifica, dei fenomeni sia poi necessario il metodo sperimentale. Studi ecologici ed ecofisiologici, insieme all'osservazione del comportamento delle specie in natura, richiedono spesso tempi più brevi della sperimentazione di forme di trattamento ma, permettendo di conoscere le esigenze delle specie ed i comportamenti in seguito a certe manipolazioni dell'ambiente luminoso, edafico, o della diversità biologica forniscono in qualche modo la possibilità di accelerare il progresso anche nella selvicoltura.

Fisiologia degli ecosistemi forestali

Le foreste, pur ricoprendo poco più del 30% della superficie delle terre emerse, ne rappresentano circa il 50% della produttività primaria netta e si

calcola che il 70% degli scambi di carbonio (tra assorbimento e respirazione) avvenga attraverso gli ecosistemi forestali; inoltre, le foreste contengono più dell'80% della biomassa e del carbonio epigeo terrestre e circa il 40% di quello presente nel suolo. Al contempo si stima che, a livello globale, buona parte del 20% di vapor acqueo che proviene dall'evapotraspirazione degli ecosistemi terrestri sia dovuto all'attività delle foreste, addirittura, in alcune zone, come quelle tropicali, almeno metà delle precipitazioni derivano dall'evapotraspirazione forestale. A parte gli oceani, quindi, gli ecosistemi forestali svolgono un ruolo chiave nell'ambito di alcuni importanti cicli biogeochimici della biosfera, regolando così i parametri del clima regionale e planetario.

In realtà, se l'influenza delle foreste sulla biosfera, l'atmosfera e l'idrosfera è ormai ampiamente riconosciuta ed anche considerata nelle simulazioni del clima globale, la determinazione quantitativa degli scambi e dei flussi tra questi grandi comparti, nonché il ruolo svolto dai diversi biomi forestali della terra è caratterizzato da lacune e incertezze. A tal proposito, la quantificazione del ciclo globale del carbonio ed il ruolo che la vegetazione ha nel *sequestrare* carbonio stanno divenendo questioni centrali dell'ecologia globale. L'analisi del bilancio del carbonio a livello planetario mostra che a fronte di emissioni antropiche, per uso di combustibili fossili e per la deforestazione, pari a 8.1 Gigatonnellate (10^9 ton) di carbonio all'anno l'atmosfera e gli oceani, i grandi comparti che accumulano carbonio, ne assorbono circa 5 Gton; il bilancio globale del carbonio presenta, quindi, un termine residuo di assorbimento ancora non assegnato ad un preciso comparto, chiamato *missing sink* pari a circa 3.0 Gt C a^{-1} . Benchè la problematica sia tutt'altro che chiarita, crescenti sono le evidenze sperimentali che assegnano alle foreste nel mondo un ruolo significativo per l'assorbimento di carbonio (*missing sink*).

L'accumulo di carbonio da parte di una foresta corrisponde alla sua produttività netta di ecosistema (NEP), pari all'incremento di biomassa dei tessuti vivi, soprattutto legnosi, e di sostanza organica del terreno (*humus*), nell'arco di un dato periodo di tempo, solitamente un anno; la misura della NEP di una foresta richiede quindi inventari successivi di biomassa legnosa e di materia organica nel suolo: tale tecnica, tuttavia, è limitata dalla sua laboriosità e, considerazione non secondaria, dal fatto che è distruttiva. Ma poiché la NEP può anche essere considerata pari alla fotosintesi totale del bosco (GPP, Produttività Primaria Lorda), durante lo stesso intervallo temporale, al netto della respirazione delle piante e della respirazione eterotrofa, cioè della decomposizione della lettiera epigea (foglie e rametti) e ipogea (radici fini) e della predazione da parte degli erbivori, la sua determinazione può essere otte-

nuta misurando i processi di scambio gassoso (cioè la risultante tra fotosintesi e respirazione) tra copertura forestale ed atmosfera. D'altra parte, i recenti sviluppi nella teoria e nelle tecnologie micrometeorologiche, in particolare quelli ottenuti nella tecnica della *correlazione turbolenta* (*eddy covariance*), stanno cominciando a rendere *routine* lo studio delle interazioni vegetazione-atmosfera, anche per quel che riguarda scale spaziali ampie e temporalmente lunghe. Infatti, è ora possibile effettuare misure continue dei flussi di anidride carbonica e vapor acqueo anche per intere stagioni, raccogliendo dati con frequenza oraria (FIG. 2). Questa tecnica, caratterizzata da un'integrazione sia spaziale (alcuni ettari) che temporale (uno o più anni), permette di determinare i flussi dell'ecosistema e, allo stesso tempo, fornisce, come risultato finale, una quantificazione dello scambio netto di carbonio dell'ecosistema su base stagionale e/o annua.

La regione mediterranea rappresenta una delle aree critiche del globo negli scenari dei futuri cambiamenti globali, eppure i dati provenienti da ecosistemi situati in questa regione, risultano limitati sia dal punto di vista degli studi classici di biomassa che da quello degli studi più avanzati, con tecniche integrate. In questa ottica acquista rilevanza lo studio quantitativo dei processi funzionali di alcuni ecosistemi forestali tra i più importanti ed estesi del nostro Paese. Negli ultimi anni in Italia sono state realizzate otto diverse stazioni di misura di flussi di carbonio, vapor d'acqua e energia tra foreste e atmosfera, a partire dalla foresta sperimentale di Collesongo (AQ) situata in un ecosistema a faggeta dell'Appennino nell'ambito del Parco Nazionale d'Abruzzo che ormai funziona continuativamente da circa dieci anni (Matteucci et al. 1999); a quest'area sperimentale si sono poi aggiunte altre stazioni di rilevamento in bosco che hanno riguardato una foresta di leccio, *Quercus ilex* L. (Tenuta Presidenziale di Castelporziano, Roma), un bosco ceduo di cerro, *Quercus cerris* L. (Roccarespampani, VT), una pecceta alpina (Renon, BZ), un bosco misto di conifere in Trentino (Lavarone, TN), una pineta di pino marittimo, *Pinus pinaster aitona* (San Rossore, PI), una piantagione da arboricoltura da legno in Emilia (Nonantola, MO) e un pioppeto in Lombardia (Zerbolò, PV). Questa sofisticata rete di rilevamento della funzionalità degli ecosistemi forestali è piuttosto estesa e ha consentito alla ricerca forestale italiana di assumere un ruolo di rilievo a livello europeo favorendo anche la realizzazione di una rete continentale di rilevamento denominata CARBOEUROFLUX. Sulla base di serie pluriennali di dati, la capacità di sequestrare carbonio da parte delle nostre foreste (NEP) è stata stimata intorno a $4 \text{ tonC ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$, di cui il 60% nella biomassa legnosa e il

resto come carbonio organico del terreno. Le oscillazioni, da un anno all'altro, della produzione netta di un dato ecosistema sono molto ampie, anche del 50%, in funzione dell'andamento climatico; ovviamente, notevoli sono anche le differenze di NEP in funzione delle specie forestali che compongono il bosco e della fertilità stagionale. Questi sono valori comunque elevati a scala mondiale e fanno ritenere che le foreste temperate siano tra le più attive nell'assorbimento di carbonio, per unità di superficie del terreno. Questa elevata funzionalità è anche dovuta al fatto che le foreste temperate, quali anche quelle italiane, sono quasi tutte trattate selvicolturalmente e quindi in fase di attiva crescita anche ad età prossima alla scadenza del turno selvicolturale. Infine, va sottolineato che alla fine del ciclo di crescita del bosco gran parte della biomassa legnosa prodotta verrebbe asportata nel caso in cui il bosco sia sottoposto a trattamento selvicolturale; pertanto il carbonio durevolmente immagazzinato dall'ecosistema rimarrebbe essenzialmente quello della sostanza organica del terreno.

I risultati ottenuti, sia su base giornaliera che stagionale e di bilancio annuale, confermano la validità dell'approccio integrato alla copertura forestale; questa può essere, infatti, considerata come un'unità funzionale alla quale si possono applicare le diverse curve di risposta ai parametri ambientali già individuate per singoli tessuti e organi. Inoltre, è stata dimostrata la possibilità di determinare direttamente la produttività primaria netta degli ecosistemi forestali e di seguirne l'evoluzione stagionale. Queste informazioni sono indispensabili per valutare il ruolo svolto dai diversi tipi di foreste temperate nel ciclo globale del carbonio e, anche, le interazioni tra foreste e cambiamenti climatici.

I cambiamenti ambientali a scala globale rappresentano una delle più importanti questioni scientifiche con cui l'umanità si dovrà confrontare nei prossimi decenni. I cambiamenti globali riguardano le previste modificazioni del clima associate all'aumento della concentrazione atmosferica di gas ad effetto serra e, in particolare, della CO₂ e di altri inquinanti, con le variazioni di concentrazione di ozono nella stratosfera, con la riduzione rapida dell'estensione delle foreste, soprattutto di quelle equatoriali, con l'erosione del suolo e l'impoverimento della qualità delle acque di superficie. Le foreste svolgono un ruolo importante nel controllo della dinamica dei cambiamenti globali, che peraltro dev'essere ancora ben compreso e quantificato, ma al tempo stesso la loro funzionalità e la loro sopravvivenza può essere fortemente influenzata e minacciata da tali cambiamenti.

Le analisi sull'andamento del clima portano a ritenere, con un sufficiente grado di confidenza, che «vi sia un'influenza non trascurabile delle attività umane sul clima del pianeta» (IPCC 1996): la temperatura dell'aria alla superficie del pianeta è andata aumentando di 0.3-0.6 °C nell'ultimo secolo, soprattutto alle nostre latitudini mentre, in Europa meridionale, si è verificata una riduzione significativa della pluviometria e dell'estensione della copertura nevosa, pari a circa il 10%. Peraltro, i modelli generali di previsione sul clima futuro del bacino Mediterraneo concordano nel prevedere una maggiore divaricazione dei valori di piovosità tra le diverse stagioni con possibili conseguenze negative sulle disponibilità idriche durante il periodo vegetativo e il rischio conseguente di una maggiore frequenza di forti siccità estive e, probabilmente, di incendi pericolosi. Date queste previsioni, è comprensibile che la ricerca italiana negli ultimi decenni sia stata molto attiva nelle tematiche riguardanti l'interazione tra stress idrico e alberi forestali, sull'impatto dei cambiamenti climatici sul limite superiore del bosco e sulla risposta di alberi e ecosistemi forestali ai mutamenti di composizione dell'atmosfera, soprattutto della concentrazione di CO₂.

L'effetto dello stress idrico sugli alberi forestali è stato analizzato sia a livello di singole piante, su specie e genotipi diversi, che di intero bosco, in termini di conduttanza stomatica, trasporto di linfa negli alberi o di perdita della funzionalità dello xilema per embolizzazione, cioè l'ingresso di aria, nei vasi xilematici conduttori di linfa. Se le risposte di breve periodo coinvolgono soprattutto la conduttanza degli stomi e «l'aggiustamento osmotico», parametro su cui si può lavorare nel campo del miglioramento genetico per aumentare la resistenza delle piante allo stress idrico, la risposta di più lungo periodo coinvolge l'acclimatazione strutturale negli alberi, cioè la ripartizione della biomassa più verso le foglie e il tronco ovvero verso le radici; infatti, «la quantità di foglie determina il tasso di traspirazione e la resistenza al trasporto idrico nelle radici e nel fusto è funzione della biomassa delle radici fini e di quella dell'alburno»⁵. Questo approccio, basato sulla teoria secondo la quale l'ottimizzazione della struttura idraulica da parte dell'albero «guida» la sua crescita e l'allocazione della biomassa nelle diverse

⁵ M. MENCUCCHINI, J. GRACE, *Hydraulic conductance, light interception, and needle nutrient concentration in Scots pine stands (Thetford, UK) and their relation with net primary production*, «Tree Physiology», 16 (1996), pp. 459-469.

componenti, ha consentito a Magnani e Borghetti (1995) di sviluppare un modello ecofisiologico di produttività dei boschi in funzione dei parametri climatici. Altri importanti risultati degli studi sui rapporti acqua-pianta riguardano i meccanismi di resistenza allo stress idrico da parte delle principali specie arboree e arbustive mediterranee, la variabilità genetica della resistenza alla siccità all'interno di specie forestali quali pino d'Aleppo (*Pinus halepensis mill.*) o il castagno; l'interazione tra stress idrico negli alberi e suscettibilità all'attacco di patogeni e insetti; il ruolo della traspirazione fogliare e della conduttanza stomatica e cuticolare delle conifere alpine nel regolare il limite superiore della vegetazione forestale e l'interazione con i cambiamenti climatici in montagna; infine, l'impiego della tecnica degli isotopi stabili del carbonio, dell'ossigeno e dell'idrogeno (rispettivamente ^{13}C , ^{18}O e Deuterio) per quantificare l'efficienza di uso idrico da parte degli alberi e la profondità di pescaggio dell'acqua nel terreno da parte delle radici.

Una probabile, ancorchè non sicura, riduzione futura delle precipitazioni, soprattutto se accompagnata da un aumento della temperatura dell'aria e, quindi, da un aumento del potere evaporativo dell'atmosfera, potrebbe far crescere la frequenza di condizioni di siccità dannose per diversi ecosistemi forestali e determinare un maggiore rischio di incendi. L'impatto dei cambiamenti climatici, inoltre, non va esaminato soltanto in rapporto all'autoecologia delle singole specie forestali ma anche e soprattutto in rapporto alla competizione fra le diverse specie di alberi forestali ed all'effetto sulle relazioni ospite-parassita tra insetti, patogeni e alberi forestali.

L'aumento di concentrazione della CO_2 atmosferica non ha soltanto un'azione indiretta sulla biosfera, mediante la sua influenza sull'effetto serra e quindi sul clima, ma anche un effetto diretto sugli ecosistemi forestali poiché il biossido di carbonio è il substrato della reazione di carbossilazione durante la fotosintesi. Si prevede che la CO_2 atmosferica raggiungerà, entro la prima metà di questo secolo, livelli di 450-550 ppm che sono significativamente superiori rispetto alla concentrazione attuale (370 ppm) e soprattutto al valore preindustriale di due secoli orsono (280 ppm). Quali saranno le conseguenze di tale aumento è un argomento esaminato attentamente anche dal mondo scientifico italiano, mediante esperimenti condotti sia in ambiente controllato (camere di crescita e serre) su singole piantine ma anche in ambiente naturale, in boschi che crescono attorno a sorgenti naturali di CO_2 o mediante esperimenti di manipolazione (fumigazione controllata con CO_2) di ecosistemi forestali naturali a lecceta o piantati con pioppi

Populus spp. La maggior parte degli esperimenti condotti fino ad oggi ha dimostrato un evidente effetto sull'attività fotosintetica che in media aumenta di circa il 50% nelle diverse specie esaminate e sembra persistere nel tempo. Questo *surplus* di carbonio prodotto dall'aumento di fotosintesi si traduce generalmente in una maggiore produttività di biomassa nei giovani semenzali di circa il 30-40%, distribuita soprattutto nel fusto e nelle radici, anche se la risposta alla CO_2 è resa complicata da vari fattori sperimentali quali il genotipo, l'età delle piante e soprattutto la disponibilità di elementi nutritivi. Altri effetti importanti dell'elevata concentrazione di CO_2 comprendono un cambiamento dei ritmi fenologici con possibili conseguenze sulla resistenza alle gelate tardive o precoci, un marcato aumento dell'efficienza d'uso dell'acqua, e una variazione delle caratteristiche biochimiche delle foglie (p. es. aumento del rapporto C/N) che potrebbe influire sull'intensità di predazione da parte degli organismi parassiti. Se è relativamente meglio conosciuto l'impatto dell'alta CO_2 su piante singole o giovani alberi allevati in vaso o direttamente nel terreno, ancora scarse e incerte sono le conoscenze sulla risposta di alberi adulti e soprattutto di comunità ed ecosistemi forestali. La decomposizione della lettiera, il ciclo dei nutrienti nell'ecosistema, l'accumulo di carbonio nel terreno, la fruttificazione e l'affermarsi della rinnovazione, l'interazione della CO_2 con i diversi livelli luminosi esistenti all'interno delle coperture forestali e, soprattutto, con l'aumento di temperatura e con il bilancio idrologico, sono tutti processi che vanno approfonditi per poter realisticamente prevedere la risposta degli ecosistemi forestali e della biosfera ai cambiamenti ambientali.

La conferenza internazionale di Kyoto sui cambiamenti climatici che ha segnato l'avvio di un processo mondiale di controllo e di contenimento delle alterazioni della biosfera da parte dell'uomo, ha ufficialmente riconosciuto l'importanza decisiva delle foreste come uno dei principali sistemi di assorbimento e stoccaggio del biossido di carbonio (CO_2), il più importante componente gassoso responsabile dell'effetto serra. Se in un Paese si determinerà un aumento della superficie forestale, per effetto del rimboschimento o della forestazione spontanea ovvero se l'efficienza degli ecosistemi forestali migliorerà, per effetto di una corretta gestione selvicolturale, quel Paese potrebbe essere in grado, più facilmente, di rientrare nelle «quote di riduzione» delle emissioni gassose che gli sono state assegnate. Pertanto, il nostro Paese deve prepararsi per tempo e in modo adeguato al processo che è stato messo in moto con la Convenzione sull'ambiente, mentre ancora una volta,

il settore forestale è chiamato a svolgere un ruolo tutt'altro che marginale. Ma come possono le foreste essere impiegate per un'attiva politica di mitigazione dei cambiamenti ambientali?

È ormai generalmente accettata l'esistenza di tre differenti opzioni, complementari fra loro:

- la conservazione delle foreste (strategia di conservazione);
- l'espansione ed il miglioramento delle foreste (strategia di accumulo);
- la sostituzione di parte dei combustibili fossili con le biomasse per energia (strategia di sostituzione).

La selvicoltura può, quindi, giocare un ruolo di grande rilevanza all'interno delle strategie di stoccaggio del carbonio, ruolo che viene riconosciuto sempre più apertamente nell'ambito delle Convenzioni e delle Conferenze internazionali. Gli interventi selvicolturali vengono applicati alle foreste per assicurare la rinnovazione naturale e la continuità della copertura arborea, il miglioramento produttivo e qualitativo della produzione legnosa, l'arricchimento delle biodiversità. Anche se sono scarsamente conosciuti gli effetti della selvicoltura sulla capacità di accumulo di carbonio nella biomassa e nel terreno, le potenzialità di intervento sono notevoli e meritano adeguati approfondimenti a livello di ricerca e sperimentazione anche in vista dell'inserimento di queste pratiche gestionali nei protocolli d'azione internazionali. Misure quali i trattamenti selvicolturali che riducono la superficie delle tagliate a raso o che facilitano la conservazione di una copertura continua nel tempo anche se temporaneamente più rada, l'allungamento dei turni con il conseguente maggiore accumulo di sostanza organica nel terreno e la produzione di assortimenti legnosi di maggiori dimensioni e di più lungo ciclo di vita, i diradamenti che riducono la competizione per le risorse ambientali e forniscono biomassa intercalare per fibre e/o energia, le operazioni di taglio degli alberi e di esbosco che hanno un basso impatto sul terreno e ne favoriscono la conservazione della sostanza organica, sono tutte tecniche colturali di grande rilevanza per una gestione forestale attenta anche alla funzione di mitigazione dei cambiamenti climatici.

Rimboschimenti e arboricoltura da legno

Le necessità di recuperare terreni degradati, cave e incolti, di rinfoltire boschi radi, di ricostituire boschi attraversati da incendio, di arrestare l'erosione su pendici montane, sponde di corsi d'acqua e dune, di creare barriere fran-

givero per la protezione di aree agricole e di approvvigionarsi di legname nel minor tempo possibile, recentemente anche sulla spinta degli incentivi al *set aside*, hanno reso di grande interesse in Italia la ricerca di tecniche e specie idonee per il rimboschimento e l'arboricoltura da legno. In tale ambito, sono state studiate le basi ecologiche e tecniche per l'introduzione delle specie, l'adattabilità alle varie zone fitoclimatiche e le problematiche relative alle provenienze, la produzione, i diradamenti ed i loro effetti sugli impianti stessi e sull'ecologia della stazione, la diffusione spontanea delle specie introdotte, nei pascoli, incolti e nei boschi vicini, le avversità biotiche e abiotiche.

Le caratteristiche di gran parte del territorio italiano con pendii molto accentuati insieme alla storia antropica, che ha portato alla degradazione dei suoli a causa di incendi, disboscamenti e pascolo, e alle caratteristiche climatiche, con periodi di intensa e prolungata aridità, ha stimolato i forestali a sviluppare delle tecniche particolari per i rimboschimenti. Per facilitare l'attecchimento delle piantine (*postime*) o la germinazione dei semi, stanti le condizioni ambientali, era necessario: fare in modo che ci fosse un minimo di terreno in cui le piante potessero affondare le radici; evitare fenomeni di ruscellamento superficiale ed erosione causati dalle frequenti piogge di carattere temporalesco che caratterizzano il bacino del Mediterraneo; garantire l'assorbimento da parte dei suoli dell'acqua piovana evitando nello stesso tempo fenomeni di scivolamento dei suoli argillosi quando eccessivamente appesantiti dall'acqua.

Alcuni metodi, in particolare quelli riguardanti la sistemazione dei terreni, derivano dall'esperienza millenaria degli agricoltori, costretti a strappare fazzoletti di terreno alla montagna per la sopravvivenza. Oltre e più che l'invenzione di tecniche innovative per il rimboschimento, l'esperienza italiana consiste nell'affinamento di queste, nella teorizzazione di quanto invece veniva in precedenza tramandato con la pura e semplice messa in opera, e nella definizione dei campi di applicabilità.

Diversi autori hanno trattato il tema delle tecniche di rimboschimento in ambiente mediterraneo fra cui si ricordano Allegretti, Merendi, De Philippis, Gambi, Morelli, Stefanelli e Zanetti. Fra i metodi più impiegati nella sistemazione dei terreni in pendici acclivi si ricordano i *gradoni* e le *piazzole*. I primi consistono in una sorta di terrazzamento che corre perpendicolarmente alla linea di massima pendenza della pendice mentre i secondi sono delle areole pianeggianti di minor larghezza e, soprattutto lunghezza. Le seconde si impiegano quando non è possibile preparare dei gradoni su tutta la superficie a causa di ostacoli di difficile superamento come vasti affioramenti rocciosi. I due

metodi sono applicabili, anche in maniera combinata, su terreni con pendenze superiori al 25%, di natura calcarea, granitica o arenacea ma sconsigliato per suoli argillosi a causa del pericolo di eccessiva imbibizione in seguito a piogge che può innescare frane di scivolamento o causare asfissia radicale alle giovani piantine. In quest'ultimo caso sono consigliate le piantagioni a *buche* che però in ambienti particolarmente aridi sono controindicate. I metodi dei gradoni e delle piazzole furono applicati da Montanari nel 1910 per rimboschire terreni calcarei in Italia centrale. In seguito fu utilizzato sull'Appennino centrale e meridionale e negli altri Paesi del Mediterraneo.

Su terreni degradati ed anche molto ricchi di pietrame ma non molto acclivi e meglio ancora se pianeggianti, è stato impiegato nel passato il *metodo Allegretti* dal nome del forestale che lo migliorò e lo applicò in Sardegna. Il sistema consiste nella semina a spaglio su suolo non lavorato e successiva lavorazione a mano fino a 5 cm di profondità con eliminazione dei cespugli, abbruciamento e spargimento della cenere raffreddata sul terreno. L'ambiente in cui il metodo è più indicato è di tipo caldo ed arido. Le specie più adatte sono le conifere ed in particolare quelle che sviluppano dal principio un apparato radicale *fittonante* (costituito da un asse principale poco ramificato detto *fittone* che si approfondisce rapidamente).

Per il rinfoltimento di boschi radi e degradati, fra la fine degli anni cinquanta e l'inizio dei sessanta fu sviluppato il metodo di piantagione a *fessura*. Esso consiste nel praticare una fessura verticale con una vanga, esercitare un effetto leva nel terreno in modo da aprirvi una fessura nella quale inserire la piantina che dovrà essere non molto grande per evitare che radici troppo sviluppate vengano schiacciate secondo un piano verticale. Questo tipo di piantagione è indicato per terreni non molto degradati e con orizzonti sviluppati che non vengono invertiti in quanto non avviene una vera e propria lavorazione. Attualmente i metodi di rimboschimento sono stati adeguati alle necessità della meccanizzazione delle lavorazioni del terreno, per ridurre gli elevati costi d'impianto, introducendo la tecnica della «modificazione della pendice» e perfezionando quella dei gradoni e dei terrazzamenti.

I rimboschimenti su larga scala ed a scopo più protettivo che produttivo sono stati concepiti come impianti «transitori» il cui scopo avrebbe dovuto essere quello di creare le condizioni per la ricolonizzazione spontanea da parte di specie già presenti nelle vicinanze ma che, a causa di processi di degradazione pronunciati a carico del suolo e/o mancanza di protezione, non riescono ad insediarsi. A questo scopo in genere sono state impiegate delle specie presenti in Italia come il pino laricio *Pinus nigra subsp. Laricio (Poir.) Maire* (della

Calabria), il pino nero *Pinus nigra arn.* (di Villetta Barrea, in Abruzzo ma molto spesso invece di provenienza austriaca), il pino marittimo, il pino silvestre, l'abete rosso, l'abete bianco (*Abies alba mill.*), il pino d'Aleppo, l'ontano napoletano (*Alnus cordata desf.*), ma localizzati in determinate zone o regioni.

I rimboschimenti effettuati a partire dal 1950 hanno riguardato notevoli estensioni di territorio nazionale; basti pensare che i rimboschimenti con pini neri occupano una superficie compresa fra 120.000 e 180.000 ha, così modificando profondamente il paesaggio e migliorando le proprietà idrogeologiche del territorio, come si è verificato nella regione Calabria. Nel complesso, i rimboschimenti effettuati nel nostro Paese sono un esempio di un intervento di successo condotto dai forestali italiani a grande scala territoriale e che ha prodotto risultati significativi sia per la protezione del suolo che per il miglioramento del paesaggio. Vi sono state però anche delle ombre in questa grande azione di recupero ambientale; la ricolonizzazione da parte di specie forestali spontanee e tardo-successionali non sempre c'è stata e tanto meno la sostituzione degli impianti artificiali con i boschi originari o almeno con dei «nuovi» boschi, con la specie introdotta e le specie indigene consociate. Il motivo sta nella cronica carenza di interventi selvicolturali nei rimboschimenti di questo tipo, anche a dispetto di una ampia e capillare rete di sperimentazioni condotte ormai da un secolo. I diradamenti, che dovrebbero avere lo scopo di concentrare la crescita nei soggetti migliori ed evitare accumuli di sostanza organica indecomposta che, soprattutto nel caso delle conifere, tende a peggiorare le proprietà chimico-fisiche del terreno, e i tagli di rinnovazione che dovrebbero favorire l'insediamento delle specie indigene (e al limite anche di quelle introdotte), non vengono effettuati o comunque sono pratiche molto rare. Fra le motivazioni più frequentemente addotte c'è lo scarso interesse verso i prodotti ritraibili che renderebbe ogni intervento antieconomico. E questo vale anche per specie che normalmente producono legname di vasto impiego come il pino silvestre, l'abete rosso e l'abete bianco. Queste specie, fuori del loro areale di distribuzione naturale, anche se all'interno della stessa nazione, tendono a produrre legno di qualità più scadente. Inoltre, proprio il pino silvestre, l'abete bianco e l'abete rosso, sono sempre state introdotte in mescolanza con i pini neri con questi ultimi prevalenti; pertanto comunque di scarso valore economico perché di scarsa incidenza.

I rimboschimenti in ambiente urbano e periurbano rappresentano un aspetto particolarmente interessante e di grande attualità della più ampia e tradizionale tematica della riforestazione protettiva per il miglioramento dell'ambiente e del paesaggio; la ricerca in questo campo si è sviluppata solo

di recente in Italia anche se vi sono interessanti questioni di carattere scientifico e applicativo da affrontare quali le interazioni delle piante con condizioni ambientali peculiari per inquinamento dell'aria e del suolo, irraggiamento solare, disponibilità idriche e nutritive, condizioni di crescita degli apparati radicali e delle chiome, aspetti sociali.

Diversa è la situazione dell'arboricoltura da legno e, in generale, dei rimboschimenti con finalità eminentemente produttive; in questi casi si è fatto largo impiego di alberi non spontanei nel nostro Paese, le cosiddette specie esotiche. Aldo Pavari nel 1916 iniziò uno studio vasto, ambizioso ma molto ben organizzato sull'introduzione di specie esotiche in Italia ed elaborò un protocollo sperimentale articolato in quattro fasi: 1) studio di ciascuna specie nella sua area di indigenato; 2) esame comparativo del clima e delle caratteristiche del suolo nell'area di indigenato e nell'area di introduzione; 3) creazione di parcelle sperimentali per la verifica dell'adattabilità e dei limiti per l'uso di ciascuna specie; 4) creazione di «impianti pilota» di 10-50 ettari di superficie. La sperimentazione iniziò con 100 specie. Dopo 60 anni le specie considerate più adatte per la coltivazione a scopo di incrementare la produzione di legname sono: la douglasia *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco var *menziesii*, il cipresso di Lawson *Chamaecyparis lawsoniana* (A. Murr) Parl., il pino strobo *Pinus strobus* L., il pino insigne *Pinus radiata* D. Don., *Eucalyptus rostrata* Schlecht., *Eucalyptus globulus* Labill., *Eucalyptus x trabutii* Vilmorin e la quercia rossa *Quercus borealis* Michx. Una stima della superficie coperta dalle specie esotiche in Italia è riportata da Ciancio et al. (1984): *Robinia pseudoacacia* L. > 150000 ha, *Eucalyptus* spp. > 50000 ha, *Pinus radiata* 25000 ha, *Pseudotsuga menziesii* 10000 ha, *Pinus strobus* < 2000 ha, *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carrière < 1000 ha, *Quercus borealis* < 1000 ha. Purtroppo, i risultati non sempre sono stati pari alle aspettative creando spesso motivi di delusione; ad esempio, gli impianti di eucalipto in Sicilia (circa 2000 ha) hanno mostrato degli accrescimenti molto inferiori alle previsioni determinando la decisione di sostituire questa specie con il pino d'Aleppo che è specie indigena. Attualmente c'è una diffusa avversione per le specie esotiche e l'attività di rimboschimento ha subito una netta battuta d'arresto. Proseguono sia la sperimentazione che gli impianti per arboricoltura da legno, in cui le specie esotiche sono ancora tollerate in quanto vanno ad interessare per lo più aree abbandonate dall'agricoltura. Se si esclude tuttavia la douglasia, le specie esotiche vengono impiegate sempre meno, a favore delle «latifoglie nobili» su terreni agricoli. L'impatto delle specie non

indigene sul paesaggio è stato in molti casi piuttosto rilevante ed alcune sono entrate definitivamente nel novero della flora spontanea. Basti pensare al *Prunus serotina* Ehrh., alla quercia rossa, alla robinia, ed alla douglasia provenienti dal nord America, all'ailanto *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle della Cina. Questo fenomeno, definito come *inquinamento floristico* talvolta conduce all'*inquinamento genetico* con l'ibridazione fra specie indigene e non: la quercia rossa si ibrida con la farnia (*Quercus robur* L.) e la rovere (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) e il *Prunus serotina* si ibrida con *Prunus padus* L.

Oltre alle specie esotiche in arboricoltura da legno sono state impiegate specie autoctone a legno pregiato, più o meno ad accrescimento rapido, tentando con pratiche selvicolturali intensive di accelerarne la crescita. Specie autoctone di notevole interesse sono l'olmo montano (*Ulmus glabra huds.*), l'olmo campestre (*Ulmus campestris mill.*), il ciliegio (*Prunus avium* L.), il frassino maggiore (*Fraxinus excelsior* L.), l'acero montano (*Acer pseudoplatanus* L.) e l'acero riccio (*Acer platanoides* L.) (il primo è preferito), il tiglio cordato (*Tilia cordata mill.*), il tiglio a foglia larga (*Tilia platyphyllos scop.*) e la farnia. Le prime otto sono anche definite «latifoglie nobili». Specie di indigenato dubbio ma molto bene adattata e molto pregiata è il noce comune (*Juglans regia* L.). Tuttavia la gran parte degli impianti eseguiti con queste specie è ancora troppo giovane per parlare di un reale incremento di produzione di legname pregiato. La ricerca italiana si è indirizzata alla soluzione di rilevanti problemi riguardanti gli ambiti ecologici ottimali per la coltivazione delle diverse specie, l'individuazione e la selezione del materiale genetico più adatto, provenienze, varietà o cloni, per le varie aree del Paese e per le diverse condizioni pedo-climatiche, le risposte ecofisiologiche e produttive delle colture da legno a interventi colturali quali l'irrigazione, la concimazione e la consociazione con altre specie arboree o erbacee in sistemi propriamente agroselvicolturali. Per un reale e soddisfacente sviluppo dell'arboricoltura da legno in Italia rimangono però da risolvere alcuni nodi che richiedono una collaborazione, tra ricerca e enti territoriali, più stretta e meglio pianificata rispetto a quanto si è verificato fino ad oggi: selezione e conservazione di materiale genetico adatto alle esigenze ambientali molto eterogenee del nostro territorio, produzione di materiale vivaistico di qualità certificata, efficiente trasferimento dei risultati della sperimentazione al settore produttivo.

La pioppicoltura è un altro caratteristico esempio di applicazione dell'arboricoltura da legno nel nostro Paese con una tipologia di coltivazione degli alberi alquanto intensiva; si stanno comunque aprendo interessanti prospettive per una diversificazione dei moduli colturali anche per risolvere problemi di

natura ambientale talvolta causati, soprattutto nel recente passato, da un ricorso forse eccessivo a mezzi chimici e meccanici. I pioppi sono specie ad accrescimento estremamente rapido che permettono di realizzare delle produzioni elevate in breve tempo, in genere inferiore a 10 anni. Il rapido accrescimento, la precoce maturità riproduttiva, e la possibilità di propagazione per talea, fra l'altro abbreviando ulteriormente i tempi di produzione, hanno permesso degli enormi progressi nelle tecniche di coltivazione, propagazione e, soprattutto, di selezione. È stato possibile effettuare incroci fra varie specie di pioppo e verificarne le caratteristiche. In seguito, con la riproduzione per talea, si sono clonati gli individui che davano le migliori risposte produttive abbinate alla resistenza o alla minore suscettibilità verso determinate malattie (v anche la sez. Biodiversità e Genetica forestale). La grande «facilità di manipolazione» che presenta il genere *Populus* e l'interesse economico per la sua coltivazione hanno reso questo albero uno dei modelli sperimentali più idonei per ricerche fisiologiche, genetiche e selvicolturali nell'ambito del settore forestale facendo intravedere la possibilità di interessanti sinergie multidisciplinari e di notevoli ricadute scientifiche e applicative in sede nazionale e internazionale.

Biodiversità e genetica forestale

Un altro aspetto caratteristico delle foreste, approfondito solo in anni recenti, è la grande variabilità di forme biologiche, siano queste specie singole, comunità di più specie o anche entità sottospecifiche, quali i genotipi. La diversità biologica o biodiversità viene spesso misurata, anche se in modo un po' riduttivo, in termini di ricchezza di specie. Per ricchezza di specie si intende infatti solamente il numero di specie presenti. Affinché all'elevata ricchezza corrisponda un'altrettanto elevata diversità bisogna che tutte le specie siano il più rappresentate possibile ovvero che ci sia meno dominanza possibile da parte di una o poche specie. Il calcolo della biodiversità implica quindi anche una misura di densità. È ovvio a questo punto che alberi e, ad esempio, insetti non possano essere conteggiati insieme perché ricaveremmo l'informazione, più che inesatta fuorviante, che il bosco è dominato dagli insetti e gli alberi costituiscono la minoranza. Questo avviene se si misura la densità in termini di individui sull'unità di superficie sia per le specie arboree che per gli altri organismi dell'ecosistema forestale. La diversità specifica deve essere quindi calcolata a parte per ogni taxa e/o forma biologica. È stato dimostrato che le foreste costituiscono gli ecosistemi terrestri con la più elevata ricchezza specifica;

in particolare, le foreste tropicali, pur ricoprendo solo il 7% di tutta la superficie delle terre emerse, contengono più del 50 % di tutte le specie del nostro pianeta. La ricchezza di specie di una foresta tropicale, come ad esempio nel Borneo, riguarda anzitutto gli alberi che possono essere rappresentati da ben 700 specie diverse su particelle di foresta non più grandi di un ettaro (in casi di così elevata ricchezza specifica, pur non avendo informazioni sulla densità di ciascuna specie, si può ragionevolmente supporre che anche la diversità specifica della componente arborea sia elevata). Questo dato straordinario è ancora più significativo se si considera che le nostre foreste temperate, pur così varie, possono comprendere in un ettaro non più di alcune decine di specie arboree diverse ad ettaro. Inoltre, la densità e lo spessore delle foreste tropicali sono la causa di una variabilità microclimatica (dalla cima degli alberi in piena luce all'umido e ombroso sottobosco) e di strutture (successivi strati di fogliame, tronchi di alberi e, infine, necromassa al suolo) che crea il supporto fisico e la fonte alimentare per tutte le forme di vita animale e vegetale che realizzano questa eccezionale diversità biologica. D'altra parte, tutti gli ecosistemi forestali, quale più quale meno, costituiscono la fonte principale di biodiversità sul nostro pianeta; lo stesso ambiente mediterraneo presenta una ricchezza biologica particolarmente elevata, seconda forse solo all'ambiente tropicale. Foreste con bassa diversità specifica a livello arboreo possono, con la stratificazione delle chiome e/o l'eterogeneità strutturale, garantire lo stesso una certa diversità specifica. L'articolazione strutturale del bosco genera una varietà di microambienti diversi che costituiscono gli habitat ideali per specie diverse o, meglio ancora, per gruppi di specie diverse. Ogni gruppo si caratterizza per delle preferenze nel luogo di alimentazione e di riproduzione. Questi gruppi funzionali sono definiti *guild*. La comunità ornitica in un bosco, ad esempio, si può raggruppare nei seguenti *guild*: *insettivori delle fronde*, *insettivori dello spazio aereo*, *insettivori del sottobosco*, *insettivori dei rami e delle branche*, *insettivori del tronco e della corteccia*, *polifagi del suolo*, *frugivori*, *granivori*. A ciascuno di questi gruppi competono in linea di massima delle porzioni del biospazio della foresta definite statisticamente in base ad osservazioni ed all'impiego della tecnica di *cluster analysis*. La distribuzione è verticale (diverse altezze dello stesso albero) ed orizzontale. Ci sono dei *guild* che hanno preferenza per alcuni tipi strutturali anziché altri. Ad esempio gli insettivori dello spazio aereo si localizzano maggiormente in foreste mature, con copertura alta con piante di grandi dimensioni perché si nutrono catturando insetti in volo e, nidificando in cavità, le foreste mature offrono più probabilità di trovarne sui tronchi (FIG. 3).

La scala è, quindi, un fattore importante quando si analizzano tutti i fenomeni biologici ed ecologici. Anche nel caso della biodiversità è fondamentale: alcune specie con territori molto vasti, ma non solo, possono essere presenti in bosco perché nelle vicinanze c'è un'area scoperta (e viceversa). Ora, se delle piccole radure possono essere considerate come appartenenti all'ecosistema bosco (perché ne risentono in maniera determinante l'influenza o perché hanno carattere transitorio), delle radure molto grandi o delle praterie sono ecosistemi a parte. Pertanto, la biodiversità all'interno di un ecosistema è anche funzione degli ecosistemi che vi confinano e anche del modo con cui vi confinano.

La biodiversità generalmente è indice di buona salute dell'ecosistema. Ad esempio, un ridotto numero di tipologie micorriziche è spesso associato a stati di stress della vegetazione, o comunque di degrado stazionario. In campioni di radici prelevati da alcune piante deperienti (*danni di nuovo tipo*) dell'Appennino settentrionale su arenaria sono state rilevate 8 tipologie micorriziche mentre in due faggete dell'Italia centrale non manifestanti nessun deperimento, una su substrato di origine vulcanica e l'altra su substrato calcareo, ne sono state trovate ben 39. L'alterato stato di vegetazione è collegato anche con variazioni nella composizione tipologica delle micorrize ed è probabile che delle particolari tipologie possano prendere il sopravvento sulle altre o divenire maggiormente frequenti in piante con maggior grado di deperimento. Delle prove di fertilizzazione azotata su abete rosso hanno mostrato che l'aumento di disponibilità di questo elemento diminuisce l'infezione micorrizica e soprattutto ne cambia la composizione. È probabile che effetti analoghi possano derivare da intense deposizioni azotate causate da inquinamento atmosferico.

La biodiversità è un aspetto molto importante per la funzionalità degli ecosistemi e non può più essere disconosciuta in sede di pianificazione della gestione forestale. Spesso la biodiversità è stata associata a naturalità anche perché l'intervento antropico tende più o meno volontariamente a semplificare gli ecosistemi danneggiando o eliminando alcune componenti e costringendo il sistema ad avviarsi verso uno nuovo stato di equilibrio in rapporto alla sua capacità di *resilienza*; tuttavia la diversità di specie vegetali è perfino incrementata in certi ecosistemi come risultato dei continui disturbi antropici causati da incendi, pascolo, o taglio.

La comprensione delle modalità con cui le foreste si adattano ai mutamenti ambientali è nei suoi stadi iniziali. Le capacità adattative di «dominanti ecologici» quali gli alberi forestali sono peraltro in grado di influenzare la

struttura dell'intera comunità di cui fanno parte. La valutazione della diversità biologica presente all'interno delle popolazioni forestali, intesa come «potenziale evolutivo» delle specie, è pertanto uno degli obiettivi principali degli studi tesi a definire l'effetto del disturbo dell'habitat sulle reali capacità adattative all'ambiente delle popolazioni forestali. È necessario soprattutto stabilire quale sia la relazione tra diversità genetica, variabilità ecofisiologica ed eterogeneità ambientale.

Le ricerche di genetica forestale hanno sempre incontrato notevoli difficoltà di ordine pratico nello studio dell'ereditabilità dei caratteri e nella selezione di materiale migliorato, a causa delle elevate dimensioni degli alberi e della lunga durata delle loro generazioni. La genetica fa la sua comparsa in campo forestale nel contesto della sperimentazione sull'introduzione delle specie esotiche per i rimboschimenti. Piccioli (1920) fu il primo a mettere in evidenza la necessità di acquisire una buona conoscenza del valore genetico e della *provenienza* del materiale da piantare. Il termine *provenienza* indica la zona d'origine del materiale di propagazione impiegato per il rimboschimento; nell'ambito dell'area di distribuzione naturale di una specie (*areale*) possono esistere popolazioni, associate a delle precise aree geografiche, che differiscono fra loro per alcune caratteristiche ecofisiologiche, morfologiche e produttive che tuttavia non sono sufficienti per farne delle specie, e talvolta neanche delle sottospecie, diverse. Pertanto, il successo o meno dell'introduzione di una specie esotica, non dipende solo dalla specie o dall'ambiente in cui la si introduce ma anche dalla *provenienza* del materiale di propagazione. Lo studio delle provenienze e, quindi, della variabilità genetica intraspecifica sta acquistando un grande valore anche per prevedere l'adattamento delle specie e delle loro entità sottospecifiche ai possibili cambiamenti ambientali poiché per molte specie forestali nel passato sono state create reti di impianti sperimentali con lo stesso materiale genetico replicato in ambienti molto diversi tra loro. La già citata opera di Pavari e De Philippis riguardava infatti la sperimentazione sulle provenienze come ad esempio quella su abete bianco condotta con materiale campionato da tutto l'areale della specie. In seguito, all'interno di progetti promossi dalla IUFRO, ulteriori studi coordinati a livello internazionale sono stati condotti su provenienze di pino silvestre, larice (*Larix decidua mill.*), douglasia, pini mediterranei e ontano napoletano.

Una più intensa attività di miglioramento genetico è stata condotta in Italia sul gen *Populus*, coronata da risultati di grande rilievo. Negli anni venti, il genetista Jacometti iniziò il suo lavoro di selezione sui pioppi che avrebbe condotto i cloni italiani e le relative tecniche di coltivazione ad essere all'avanguardia

nella pioppicoltura mondiale; alcuni dei risultati scientifici e applicativi ottenuti dai nostri ricercatori hanno riguardato la raccolta, la conservazione e la valutazione di germoplasma da popolazioni naturali europee e nord-americane; la realizzazione di vasti programmi di miglioramento genetico per le diverse regioni del nostro Paese e anche del Mediterraneo fondate su un'ampia base genetica, precedentemente costituita, indispensabile per superare i pericolosi problemi di suscettibilità ai parassiti già osservati nel passato; la stretta relazione tra studi genetici e bio-ecologici con i problemi e le esigenze tecnico-economiche dei pioppicoltori. Oltre a prove di ibridazione, sul genere *Populus* si stanno indirizzando, in campo internazionale, numerose ricerche ecofisiologiche, biochimiche e di genetica molecolare anche mediante reti di ricerca europee (p. es. EUFORGEN, GENOSILVA, POPYOMICS-PopulusGenomics) e mondiali.

La nuova tecnologia del DNA ricombinante, infatti, rende possibile studiare le strutture genetiche degli organismi e delle popolazioni e offre nuove opportunità per analizzare le basi molecolari di una gran varietà di processi regolati geneticamente quali la crescita, lo sviluppo, la risposta agli stimoli ambientali e le interazioni ospite-parassita. I marcatori genetici, tra i quali i polimorfismi di lunghezza dei frammenti di restrizione (RFLPS), sono basati sulla creazione di una specifica collezione di sonde di DNA ottenute attraverso le tecniche del DNA ricombinante. Questi marcatori possono essere usati per definire le mappe genetiche dettagliate di importanti specie forestali, rendendo così più spedite le strategie di miglioramento genetico. È però necessario determinare le relazioni tra marcatori genetici e importanti caratteri quantitativi e qualitativi, quali le caratteristiche del legno oppure quelle collegate alla resistenza alle malattie o agli stress ambientali.

I marcatori genetici e le mappe genetiche saranno anche utili per studiare la genetica delle popolazioni e l'evoluzione degli alberi e di altri organismi forestali. Ad esempio, il monitoraggio delle frequenze geniche in una determinata popolazione può fornire informazioni di notevole valore sulle conseguenze che un habitat di ridotte dimensioni determina su una popolazione in via di contrazione; applicazioni immediate di tali studi riguardano la pianificazione e la gestione delle riserve naturali e dei parchi. Ancora, i marcatori genetici possono essere utilmente impiegati nella caratterizzazione e identificazione di specifico materiale di propagazione quale quello clonale ovvero nel controllo dell'inquinamento genico nelle collezioni di germoplasma forestale *in situ* (p. es. boschi da seme) o *extra situm* (p. es. arboreti). Infine i marcatori genetici possono essere usati per gettare luce sulla ecologia e l'evoluzione delle specie forestali e delle loro entità sottospecifiche.

Grazie soprattutto all'applicazione di metodi d'analisi basati su marcatori genetici, sia enzimatici che del DNA, è possibile ottenere informazioni per quanto riguarda alcuni aspetti del sistema riproduttivo di una specie, nonché importanti notizie sulla quantità di variabilità genetica, la ripartizione di questa tra ed entro popolazioni e, nell'ambito di queste, la distribuzione spaziale. Studi condotti su *Fagus sylvatica* L. in Italia mostrano ad esempio come la diversità genetica complessiva di 21 popolazioni di questa specie sia dovuta per il 95% a differenze interne alle singole popolazioni. In altre parole, le 21 popolazioni si somigliano fra loro più di quanto non si somiglino gli alberi che compongono ciascuna di esse. Valori modesti di differenziazione genetica tra popolazioni sono riportati anche per altre specie europee: rovere e farnia, leccio, castagno e molte conifere di interesse forestale.

L'analisi della variazione delle frequenze alleliche tra popolazioni, in combinazione con dati palinologici, permette di trarre interessanti conclusioni circa le dinamiche di ricolonizzazione dell'arco alpino e appenninico dopo l'ultima glaciazione da parte degli alberi forestali. Per il faggio sembra che la ricolonizzazione sia avvenuta indipendentemente secondo due direttrici: una a partire dall'Italia meridionale verso nord-ovest fino alle Alpi meridionali ed occidentali; l'altra a partire dalle Alpi dinariche verso le Alpi orientali. Analogamente, per l'abeto rosso, si ritiene che la ricolonizzazione postglaciale abbia seguito lo stesso percorso partendo da aree-rifugio presenti nelle pianure dell'Italia centrale.

Le tecniche dell'analisi genetica permettono di controllare l'effetto di interventi selvicolturali sulla struttura genetica della popolazione. Ad esempio, tagli successivi uniformi condotti su faggio sembra non comportino perdita di variabilità genetica. Tali informazioni, per quanto preliminari, sono di estremo interesse poiché forniscono la base conoscitiva necessaria per affrontare lo studio della conservazione delle risorse genetiche forestali e per porre su solide basi scientifiche la definizione dei criteri per una selvicoltura sostenibile.

L'ingegneria genetica degli organismi forestali è un altro innovativo, ancorché controverso, campo di ricerca che potrebbe rendere possibile l'uso di materiale genico attualmente assente nelle popolazioni di base delle diverse specie forestali. Negli alberi, infatti, può essere possibile inserire ed esprimere geni provenienti da altre specie per conferire resistenza alle malattie, a insetti e a prodotti chimici; la trasformazione genetica può anche indurre le capacità di detossificare gli ambienti inquinati oppure di resistere a stress ambientali e, in generale, di migliorare le caratteristiche fisiologiche e strutturali degli alberi. Per ottimizzare l'utilità della ingegneria genetica, il mate-

riale genetico deve essere, ovviamente, conservato e valutato. È, quindi, indispensabile preservare la diversità biologica limitandone la continua erosione conseguente alla distruzione degli ambienti forestali pena il rischio di determinare l'inadeguatezza del germoplasma esistente per un miglioramento genetico futuro, oltre ad avere altre e ben note conseguenze non desiderate. È, naturalmente, anche necessario valutare i rischi potenziali che si corrono immettendo negli ecosistemi forestali organismi geneticamente modificati che, pertanto, andranno attentamente valutati per assicurarsi che non creino rischi inaccettabili per l'ambiente e per la salute umana.

Le biotecnologie hanno anche grandi potenzialità per aiutare a risolvere i molti problemi ambientali. Ad esempio, gli enzimi che degradano la lignina, isolati da funghi eventualmente «ingegnerizzati» possono essere usati per degradare i rifiuti prodotti dalle fabbriche di cellulosa, riducendo così l'impatto sull'ambiente. Inoltre, le biotecnologie possono migliorare l'efficienza dell'accrescimento degli alberi modificando le loro caratteristiche o quelle dei loro organismi simbiotici. In futuro si potrebbe così arrivare a ridurre la pressione sulle foreste naturali concentrando l'attenzione e la produttività sulle colture specializzate da legno migliorando anche le proprietà del legno per aumentare l'efficienza dei processi di trasformazione industriale.

Struttura e dinamismo dei boschi

Parlando dei sistemi selvicolturali si è usato il termine *struttura* ed in particolare di strutture coetanee e strutture disetanee e si è accennato all'*aspetto* che i boschi possono assumere a seconda del governo e trattamento che hanno subito. La struttura consiste quindi, con un'estrema semplificazione e generalizzazione, nell'aspetto che ha un bosco in virtù della suo passato, del suo presente e della sua composizione. Usando gli attributi *coetanee* e *disetanee* si sottintende il fatto che piante della stessa età abbiano dimensioni molto più simili fra loro di quanto non avvenga per piante di diversa età. Tendenzialmente quindi nel primo caso avremmo le chiome disposte su un solo strato e piante di altezze più o meno simili. Nel secondo caso dovremmo avere le chiome disposte lungo tutto il profilo del bosco e quindi dovrebbe essere impossibile distinguere gli strati. Se le piante di diversa età sono raggruppate fra loro in piccole superfici, dovremmo notare, in ciascuna di queste superfici, che le chiome sono distribuite su un solo strato e, considerando tutti i gruppi complessivamente, ad altezze diverse; quindi la struttura è

coetanea su piccola scala e disetanea su grande scala. Questo significa che la struttura dipende dalla scala a cui la si analizza intendendo per scala l'estensione della superficie orizzontale di bosco che stiamo esaminando.

L'analisi strutturale, partendo da questi semplici «prototipi» si complica con la presenza di piante di specie diverse e diverse esigenze di luce che, pur avendo la stessa età, possono comunque disporsi su due strati. Ulteriori complicazioni derivano dalla giustapposizione su piccola scala di strutture elementari.

La maggioranza delle foreste italiane presenta delle strutture *irregolari o composite* se si escludono i cedui regolarmente trattati. Per irregolarità si intende la presenza di strutture non riconducibili a nessuno dei tipi elementari illustrati. In questo modo non è facile ricostruire il trattamento pregresso e qualche volta a tratti di piante d'altofusto si alternano ceppaie con polloni tanto da far dubitare anche sulla forma di governo.

La ricerca italiana in selvicoltura è quindi da tempo orientata all'analisi delle strutture dei popolamenti forestali per ricostruire la storia passata dei boschi e per derivarne indicazioni sui trattamenti selvicolturali per il futuro. L'evoluzione strutturale dei cedui avviati all'altofusto e di quelli abbandonati all'evoluzione naturale è stata studiata da Amorini e Fabbio (1986) in cerreta, La Marca et al. (1995) che hanno seguito anche la dinamica floristica e la diversità in una leceta, Bianchi (1976) in boschi dell'Appennino centro-settentrionale, Fratello et al. (1994) con riferimento alla rinnovazione naturale in faggeta. Le modificazioni strutturali e floristiche dei castagneti, boschi favoriti dall'uomo e potenzialmente soggetti a forte dinamismo, in seguito all'abbandono colturale sono state studiate da Maltoni e Paci (2001). L'evoluzione naturale dei soprassuoli in aree protette ed i rapporti fra struttura e rinnovazione naturale è stata indagata da Paci e Ciampelli (1996) in foresta mista di faggio e abete bianco, Guidi e Manetti (1994) in popolamenti di cerro e faggio, Giannini e Screm (1977) in boschi puri di faggio e misti di faggio con abete rosso. Papi (1996) ha studiato i rapporti fra avifauna e struttura in una faggeta dell'Appennino abruzzese. Ciancio et al. (1986) hanno studiato i tipi strutturali in pinete di pino domestico. Avolio e Ciancio (1986) hanno condotto indagini strutturali su pioppo tremulo mentre Agrimi et al. (1991) su querceti a cerro e farnetto (*Quercus frainetto ten.*). La definizione dei tipi strutturali in una foresta è una fase fondamentale per la redazione di un piano di gestione e quindi per la formulazione degli interventi necessari anche se la grande varietà di tipi strutturali dei nostri boschi è stata largamente determinata dall'uomo e solo in parte è legata alle condizioni ecologiche della stazione; si tratta quindi di una condizione spesso transitoria che può evolversi più o meno rapidamente.

Attualmente, sempre maggior interesse sta acquisendo in Italia la classificazione delle aree forestali in *tipologie*. I metodi seguiti per la classificazione possono essere diversi ma lo scopo è quello di ottenere un insieme di unità *floristico-ecologico-selvicolturali* sulle quali sia possibile basare la pianificazione forestale o, più in generale, la pianificazione territoriale. L'importanza delle tipologie forestali fu sottolineata già in passato da Hofmann, Susmel, Agostini e Arrighetti che ne predisposero anche alcuni esempi, più che altro a livello locale. La Regione Veneto, in collaborazione soprattutto con l'Università di Padova, ha per prima avviato lo studio della vegetazione forestale del proprio territorio su basi tipologiche. In seguito, anche la Regione Piemonte, il Friuli-Venezia Giulia e la Toscana si sono dotate di classificazioni tipologiche dei boschi con l'obiettivo di favorire un approccio coordinato alla gestione forestale in ambito regionale.

La quasi totalità dei boschi italiani si rinnova naturalmente, cioè per disseminazione degli alberi appartenenti al soprassuolo boschivo già presente *in situ*. Il processo di rinnovazione è quindi una fase estremamente importante e delicata, necessaria per assicurare la conservazione degli ecosistemi forestali garantendo il passaggio tra due generazioni successive di popolazioni arboree. Di grande importanza per innescare la rinnovazione delle comunità forestali è, generalmente, l'occorrenza di disturbi o alterazioni ambientali, naturali e non, a carico della struttura del bosco: la caduta di uno o pochi alberi senescenti, il crollo di vaste superfici di bosco in seguito a eventi meteorologici eccezionali, il danno da incendi, i tagli selvicolturali. La rinnovazione dipende quindi dalla disponibilità di semi o altro materiale di propagazione, dalle condizioni di maggiore o minore illuminazione al suolo, dalle caratteristiche del terreno; è evidente che con i vari tipi di trattamenti selvicolturali si può regolare e indirizzare la rinnovazione e la futura composizione specifica dei boschi, modificando le condizioni microclimatiche della stazione così come la consistenza degli alberi portasemi. La prevalenza dei cedui sulle fustaie nei boschi di latifoglie ha senz'altro contribuito ad un minor sviluppo degli studi sulla rinnovazione naturale rispetto a quelli condotti sulle conifere delle Alpi e, in misura minore, dell'Appennino. Piussi (1986) ha condotto studi sull'abeto rosso in Trentino, Giordano et al. (1984) in boschi di pino d'Aleppo della Puglia e Borghetti e Giannini (1984) in boschi misti con abete bianco dell'Italia centro-meridionale. Amorini e Gambi (1976) e Paci e Romoli (1992) hanno approfondito, invece, la colonizzazione per rinnovazione naturale del pino nero in pascoli, incolti e cedui radi e degradati. Più recentemente l'at-

tenzione è stata rivolta anche alla rinnovazione naturale delle latifoglie: Macuz et al. (2001) in una foresta planiziale a querceti caducifogli; Bagnaresi et al. (1998) sull'influenza dell'illuminazione e del terreno sulla rinnovazione del faggio nonché sull'influenza delle chiome sulla qualità della radiazione; Fratello et al. (1994) sui rapporti fra struttura, illuminazione e rinnovazione in faggeta. Le ricerche meritano comunque di essere estese ad approfondite prendendo in considerazione in modo più sistematico la struttura genetica delle popolazioni arboree e la loro dinamica temporale, dopo il taglio del bosco, nonché le caratteristiche ecofisiologiche dei semenzali delle diverse specie forestali.

I boschi governati a ceduo in Italia sono comunque prevalenti sulle fustaie; tuttavia durante tutto il secolo scorso vaste superfici a ceduo sono state abbandonate e in altre è stata intrapresa la conversione all'alto fusto. Pertanto l'approfondimento e la sperimentazione delle relative tecniche è andata sempre più prendendo piede in particolar modo nel caso di cedui di faggio in Italia centro settentrionale e in misura minore in Italia meridionale.

Aree sperimentali, permanenti facenti capo all'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura di Arezzo, per lo studio delle conversioni dei cedui di cerro e cedui di faggio in fustaia sull'Appennino tosco-romagnolo sono in funzione ormai da una trentina d'anni. Si menzionano in particolare Amorini e Fabbio (1986), Amorini (1994), Fabbio (1994) per quanto riguarda i metodi (cfr. anche Amorini e Gambi 1976), gli studi sull'accrescimento e l'evoluzione strutturale; Cutini (1994) riguardo alle risposte ecologiche e ecofisiologiche degli alberi rilasciati e l'eventuale miglioramento dell'efficienza funzionale dell'ecosistema.

CONCLUSIONI E PROSPETTIVE

Le foreste sono oggetto di un interesse crescente da parte della comunità scientifica internazionale, delle istituzioni economiche e politiche e, in generale, da parte della società, sia nei Paesi economicamente sviluppati che in molti di quelli più svantaggiati. Si può sicuramente affermare che questa attenzione non è mai stata così diffusa, in tutta la storia dell'uomo. Peraltro, ci troviamo in presenza di un evidente paradosso; a fronte di tale interesse, i pericoli e le aggressioni alle foreste non sono mai stati così gravi e di vaste proporzioni tanto che da più parti vengono sollecitati interventi e normative adeguati alla situazione, anche mediante Convenzioni di portata globale. A fronte di questi problemi, vecchi e nuovi, ma anche delle interessanti poten-

zialità che si aprono per la ricerca forestale, l'Italia si presenta in una condizione contraddittoria: da una parte il grande interesse, perlomeno a parole, nei confronti degli ecosistemi forestali e della loro gestione, naturalistica o sostenibile che sia, e dall'altra la scarsa considerazione in cui viene tenuta la ricerca sugli alberi e sui sistemi forestali nonché l'attenta, costante e esperta gestione del patrimonio forestale che richiede soprattutto continuità e una continua verifica dei risultati: in una parola, una selvicoltura *adattativa*.

Diventa perciò di fondamentale interesse il poter disporre di studi di lungo termine poiché un ecosistema complesso può reagire in maniera più o meno differente rispetto alle previsioni formulate sulla base di studi in ambiente controllato o comunque effettuati analizzando solo una o poche componenti dell'ecosistema. Altrettanto importante è che gli studi di lungo termine, ecologici e selvicolturali, siano ben distribuiti sul territorio perché in materia di ecosistemi la generalizzazione dei risultati può essere altrettanto pericolosa della mancanza di sperimentazione. La complementarità degli approcci, il controllo incrociato, sono fondamentali per il progresso nella conoscenza, gestione e previsione del comportamento in sistemi complessi. Vi è quindi l'urgenza di stabilire un reale coordinamento tra la ricerca più fondamentale o di base con quella più applicativa e, anche, con l'attività di gestione selvicolturale condotta quotidianamente dai Servizi forestali nazionali e regionali, dai Parchi e dalle Riserve naturali, da Comuni e Comunità montane nonché dai Consorzi di proprietari forestali. Sono queste, infatti, le strutture operative che possono mettere a disposizione dei ricercatori gli ecosistemi forestali in cui verificare le ipotesi scientifiche e sperimentare nuove tecniche selvicolturali sull'interazione tra gestione forestale e funzioni ecologiche dei boschi ed è a queste strutture che i ricercatori devono fornire risposte, informazioni e risultati che siano trasferibili nel campo operativo. Bisogna promuovere, in particolare, la creazione e il funzionamento di grandi infrastrutture di ricerca forestale, *sites ateliers* secondo la Scuola forestale francese, localizzate direttamente in bosco (bacini idrologici sperimentali, stazioni ecofisiologiche forestali, siti per ricerche pedologiche, tutti comprendenti aspetti selvicolturali) che possano essere usate in collaborazione da parte di ricercatori appartenenti a istituzioni differenti. L'importante è cercare di integrare attorno a più «centri di eccellenza» forestali competenze scientifiche differenti e che si raccordino con le strutture tecniche che operano *in situ* così da poter concretamente «produrre» nuove conoscenze sul funzionamento degli ecosistemi forestali e dare indicazioni scientificamente valide sui criteri per una selvicoltura naturalistica e durevole.

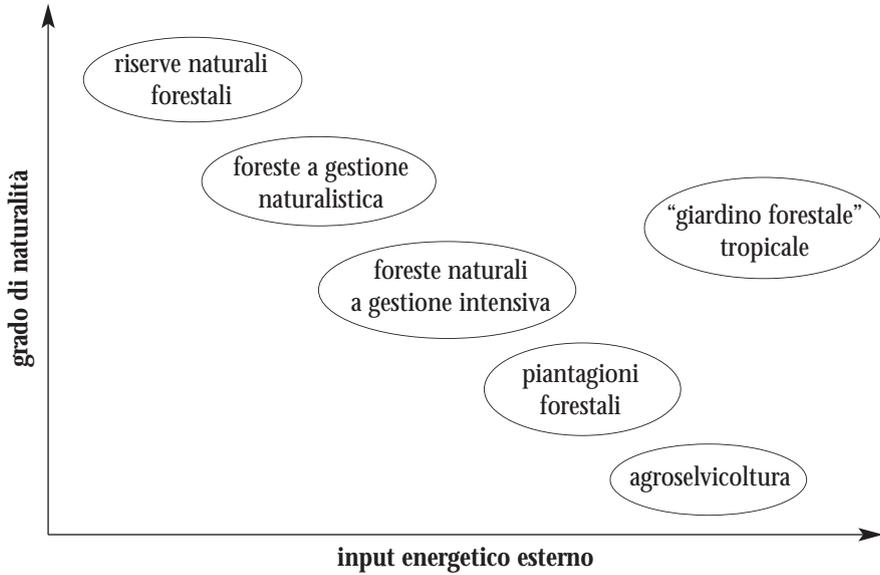


FIG. 1. Ordinamento delle forme di gestione forestale in base all' *input* energetico esterno ed al grado di naturalità (modif. da Vitousek et al. 1997)

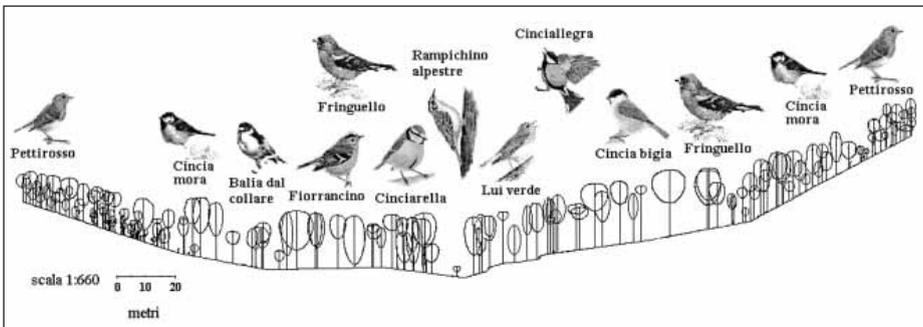


FIG. 2. Andamento annuale della produzione netta di ecosistema misurata con tecniche micrometeorologiche in una fustaia di faggio dell'Appennino abruzzese (da Matteucci et al. 1999).

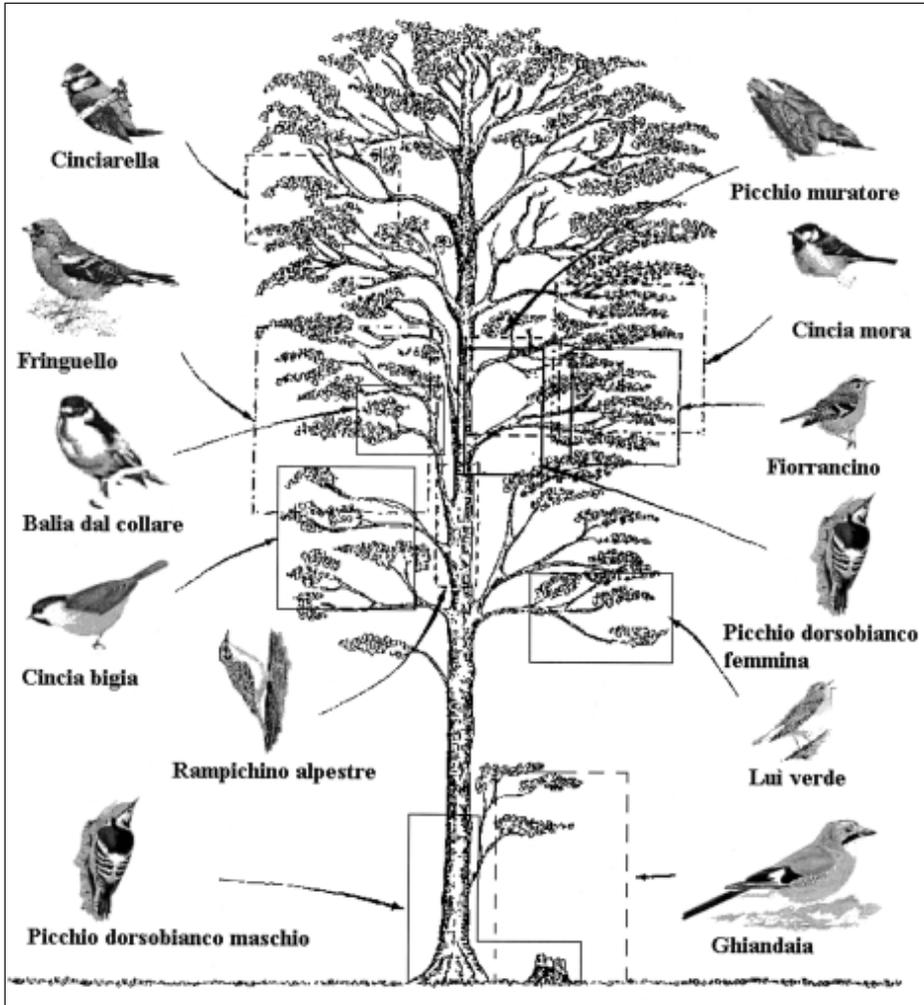


FIG. 3. a) Localizzazione preferenziale dei passeriformi nidificanti in relazione alle strutture forestali in una faggeta dell'Appennino abruzzese. b) Distribuzione verticale della comunità ornitica in faggeta; i riquadri individuano il settore dell'albero maggiormente frequentato da ogni singola specie (da Papi 1996).

BIBLIOGRAFIA

- AGOSTINI R., *Considerazioni su alcuni aspetti ed orientamenti della tecnica dei rimboschimenti*, in *L'Italia Forestale nel centenario della fondazione della scuola di Vallombrosa*, Firenze, 1970.
- AGRIMI M., CIANCIO O., PORTOGHESI L., POZZOLI R., *I querceti di cerro e farnetto di Macchia Grande di Manziana: struttura, trattamento e gestione*, «Cellulosa e Carta», 5 (1991), pp. 25-49.
- ALLEGRI E., *La introduzione e la sperimentazione in Italia di specie forestali esotiche a rapido accrescimento*, «Monti e Boschi», 11/12 (1962), pp. 506-519.
- AMORINI E., *Evoluzione della struttura, della composizione specifica e della biometria in una cerreta mista di origine cedua, in funzione del trattamento*, «Annali dell'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura», 23 (1994), pp. 7-40.
- AMORINI E., FABBIO G., *L'avviamento all'altofusto nei cedui a prevalenza di cerro. Risultati di una prova sperimentale a 15 anni dalla sua impostazione. Primo contributo*, «Annali dell'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura», 17 (1986), pp. 5-101.
- AMORINI E., FABBIO G., TABACCHI G., *Le faggete di origine agamica: evoluzione naturale e modello culturale per l'avviamento ad alto fusto*, in *Atti del seminario Funzionalità dell'ecosistema faggeta* (Firenze, 16-17.XI.1995), a cura di R. Giannini, Firenze, 1998, pp. 331-345.
- AMORINI E., GAMBI G., *Un esempio di rinnovazione spontanea del pino nero sull'Appennino Tosco-Marchigiano*, «Annali dell'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura», 8 (1976), pp. 21-42.
- ANFODILLO T., PASQUA DI BISCEGLIE D., URSO T., RENTO S., *Conduttanza in foglie di Picea abies e Pinus cembra lungo un gradiente altitudinale: ruolo nella determinazione di stress da «frost drought»*, in *Applicazioni e prospettive per la ricerca forestale italiana*, II Congresso della Società Italiana di Selvicoltura ed Ecologia Forestale (Bologna, 20-22.X.1999), Bologna, 2000, pp. 335-342.
- ASUNIS C., CESARACCIO C., SPANO D., DUCE P., SIRCA C., MOTRONI A., *Ecofisiologia di alcune specie della macchia mediterranea nella Sardegna centro-meridionale*, in *Applicazioni e prospettive per la ricerca forestale italiana*, II Congresso della Società Italiana di Selvicoltura ed Ecologia Forestale (Bologna, 20-22.X.1999), Bologna, 2000, pp. 467-472.
- AVANZO E., *Osservazioni sulla variabilità di alcune provenienze di Populus deltoides Bartr. introdotte in Italia*, «Inf. Bot. It.», 6 (1974), pp. 94-100.
- AVOLIO S., CIANCIO O., *Indagini strutturali sui pioppeti di tremulo in Sila*, «Annali dell'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura», 17 (1986), pp. 103-140.
- AVOLIO S., CIANCIO O., *Prove di avviamento ad alto fusto di cedui di faggio in Sila*, «Annali dell'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura», 22 (1994), pp. 191-226.
- BAGNARESI U., MINOTTA G., PINZAUTI S., *Influenza dei fattori radiativo ed edafico sulla rinnovazione naturale nelle faggete appenniniche*, in *Atti del seminario Funzionalità dell'ecosistema faggeta* (Firenze, 16-17.XI.1995), a cura di R. Giannini, Firenze, 1998, pp. 151-166.
- BAGNARESI U., GIANNINI R., *L'impiego di latifoglie con legno di pregio nell'arboricoltura in ambiente mediterraneo*, in *Arboricoltura da legno: quale futuro?*, Atti del convegno (Nuoro, 30-31.X.1997), Nuoro, 2000, pp. 79-85.

- BALDOCCHI D., VALENTINI R., RUNNING S., OECHEL W., DAHLMAN R., *Thematic issue: Strategies for monitoring and modelling CO₂ and water vapour fluxes over terrestrial ecosystems*, «Global Change Biology», 2 (1996), pp. 159-168.
- BERNETTI G., *Selvicoltura Speciale*, Torino, 1995, pp. 415.
- BERNETTI G., CANTIANI M., HELLRIGL B., *Ricerche alsometriche e dendrometriche sulle pine di pino nero e laricio in Toscana*, «l'Italia Forestale e Montana», 24 (1969), pp. 10-41.
- BERNETTI G., PADULA M., *Le latifoglie nobili nei nostri boschi*, Bologna, 1984 (Quaderni di Monti e Boschi, 1), pp. 51.
- BIANCHI M., *Esperienze di conversione di boschi cedui nell'alta valle del Serchio*, «l'Italia Forestale e Montana», 6 (1976), pp. 231-240.
- BISOFFI S., *Pioppicoltura*, in *Secondo Congresso Nazionale di Selvicoltura - per il miglioramento e la conservazione dei boschi italiani*, II Congresso Nazionale di Selvicoltura (Venezia, 24-27.VI.1998), Venezia, 1999, vol II, pp. 313-346.
- BORGHETTI M., GIANNINI R., *Indagini sulla rinnovazione naturale dei boschi puri e misti di abete bianco nell'Appennino Centro-Meridionale*, «l'Italia Forestale e Montana», 39 (1984), pp. 161-184.
- BORGHETTI M., SCARASCIA-MUGNOZZA G., SCHIRONE B., VENDRAMIN G., *Influenza di fattori fisiologici e ambientali sulla resistenza fogliare e sulla traspirazione nella douglasia*, «Monti e Boschi», 35 (1984), pp. 47-53.
- BOVIO G., CAMIA A., *An analysis of large forest fires danger conditions in Europe*, 14th Conference on Fire and Forest Meteorology (Luso, 16-20.XI.1998), Luso, 1998, Vol. I, pp. 975-994.
- BRAGALONI M., PIRAZZI R., NICOLOTTI G., *Architettura degli apparati radicali in piante di faggio caratterizzate da differente stato fitosanitario*, in *Atti del seminario Funzionalità dell'ecosistema faggeta* (Firenze, 16-17.XI.1995), a cura di R. Giannini, Firenze, 1998, pp. 247-257.
- BRUGNOLI E., *Discriminazione degli isotopi stabili del carbonio e fisiologia della fotosintesi*, «SITE, atti», 9 (1990), pp. 51-67.
- BUCCI G., RADDI S., VENDRAMIN G.G., LEONARDI S., GIANNINI R., MENOZZI P., *Aspetti genetici del faggio in Italia*, in *Ecologia strutturale e funzionale di faggete italiane* a cura di G. Scarascia-Mugnozza, Bologna, 1999, pp. 35-69.
- CALAMINI G., GREGORI E., HERMANIN L., LOPRESTI R., MANOLACU M., *Studio di una faggeta dell'Appennino pistoiese: biomassa e produzione primaria netta epigea*, «Annali Istituto Sperimentale Studio e Difesa del Suolo», 14 (1983), pp. 193-214.
- CANTIANI M., *Tavola alsometrica della Pseudotsuga douglasii in Toscana*, Firenze, 1965 (Istituto di Assestamento Forestale dell'Università di Firenze, Ricerche Sperimentali di Dendrometria e Auxometria, Fasc. 4).
- CAPPELLI M., *Elementi di Selvicoltura generale*, Bologna, 1978, pp. 298.
- CAPRETTI P., MORIONDO F., *Danni in alcuni impianti di conifere associati alla presenza di Heterobasidion annosum (Fomes annosum)*, «Phytopath. Medit.», 23, 1983, pp. 54-60.
- CIANCIO O., CUTINI A., MERCURIO R., VERACINI A., *Sulla struttura delle pinete di domestico di Alberese*, «Annali dell'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura», 17 (1986), pp. 169-236.
- CIANCIO O., MERCURIO R., NOCENTINI S., *Los gradoni y las plazoletas*, in *Técnicas de forestacion en países mediterraneos*, a cura di J.L. Molina, M. Navarro, J.L. Montero de Burgos, J.L. Herranz, Madrid, 1989, pp. 543-545.

- CIANCIO O., NOCENTINI S., *Il bosco e l'uomo: l'evoluzione del pensiero forestale dall'Umanesimo moderno alla cultura della complessità. La selvicoltura sistemica e la gestione su basi naturali*, in *Il bosco e l'uomo*, a cura di O. Ciancio, Firenze, 1996, pp. 21-115.
- CIANCIO O., MERCURIO R., NOCENTINI S., *La sperimentazione di specie forestali esotiche in Italia*, «Annali dell'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura», 12-13 (1984), pp. 105-718.
- CIANCIO O., NOCENTINI S., *Prove di diradamento su Pseudotsuga menziesii con il metodo del fattore distanziale di Hart-Becking*, «Annali dell'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura», 9 (1978), pp. 3-33.
- CINNIRELLA S., IOVINO F., PERNIOLA G., TERSARUOLO A.M., *Efficacia dei diradamenti sulla riserva idrica del suolo*, «Annali dell'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura», 24 (1995), pp. 7-22.
- CUTINI A., *Indice di area fogliare, produzione di lettiera ed efficienza di un ceduo di cerro in conversione*, «Annali dell'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura», 23 (1994) pp. 147-166.
- DE ANGELIS P., SCARASCIA-MUGNOZZA G., *Cambiamenti ambientali a scala globale: il ruolo degli ecosistemi forestali*, «L'Italia Forestale e Montana», 5 (1995), pp. 457-480.
- DEL FAVERO R., LASEN C., *La vegetazione forestale del veneto* (seconda edizione), Regione Veneto, 1993, pp. 313.
- DEL FAVERO R., POLDINI R., BORTOLI P.L., LASEN C., DREOSSI G., VANONE G., *La vegetazione forestale e la selvicoltura nella regione Friuli Venezia Giulia*, Vol. I, Udine, 1998, pp. 490.
- DE PHILIPPIS A., *Sulla tecnica di preparazione del suolo per il rimboschimento in clima arido*, Firenze, 1939 (Pubblicazione della Regia Stazione Sperimentale di Selvicoltura).
- DE PHILIPPIS A., *Selvicoltura e Ambiente*, Firenze, 1991, pp. 97.
- ECCHER A., FUSARO E., RIGHI F., *Primi risultati di prove a dimora sui pini mediterranei della sezione halepensis con particolare riferimento a Pinus eldarica Medw.*, «Cellulosa e Carta», 33 (1982), pp. 3-27.
- FABBIO G., *Dinamica della popolazione arborea in un ceduo di cerro in invecchiamento*, «Annali dell'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura», 23 (1994), pp. 41-72.
- F.A.O. *State of the world's forests*, Rome, 2001, pp. 181.
- FARRELL E.P., FÜHRER E., RYAN D., ANDERSSON F., HÜTTL R., PIUSSI P., *European forest ecosystems: building the future on the legacy of the past*, in *Pathways to the wise management of forests in Europe*, a cura di E. Führer, F. Andersson, E.P. Farrell, Amsterdam, 2000, pp. 119.
- FRATELLO G., MINOTTA G., PINZAUTI S., *Indagini sulla struttura e la rinnovazione di boschi di faggio dell'Appennino settentrionale*, «Annali dell'Accademia Italiana di Scienze Forestali», 41 (1994), pp. 215-226.
- GELLINI R., *Osservazioni preliminari sulle cause del deperimento di alcune pinete litoranee toscane*, in *Tavola rotonda sull'inquinamento delle acque in Toscana*, «Bollettino degli Ingegneri», 12 (1969).
- GIANNINI R., SCREM E., *Soprassuoli e rinnovazione naturale nella riserva di Campolino (Abetone)*, «Annali Accademia Italiana Scienze Forestali», 26 (1977), pp. 305-324.
- GIANNINI R., VENDRAMIN G.G., MORGANTE M., *Allozyme variation in Italian populations of Picea abies (L.) Karst.*, «Silvae Genetica», 40 (1991), pp. 160-166.
- GIORDANO E., *Il Populus deltoides Bartr. nel suo Paese d'origine. Nota preliminare su un viaggio di studio*, Pubblicazioni del Centro di Sperimentazione Agricola e Forestale, 3 (1959), pp. 127-180.

- GIORDANO E., SCARASCIA-MUGNOZZA G., SCHIRONE B., *Osservazioni sulla rinnovazione naturale di Pino d'Aleppo in Puglia*, «Annali dell'Accademia Italiana di Scienze Forestali», 32 (1984), pp. 273-310.
- GUALDI V., *La conservazione ed il miglioramento dei boschi dell'Italia meridionale continentale*, in *Secondo Congresso Nazionale di Selvicoltura - per il miglioramento e la conservazione dei boschi italiani*, II Congresso Nazionale di Selvicoltura (Venezia, 24-27.VI.1998), Venezia, 1999, vol. II, pp. 147-200.
- GUIDI G., MANETTI M.C., *Ricerche sull'evoluzione naturale di soprassuoli forestali a Quercus cerris L. e Fagus sylvatica L. nell'Appennino meridionale. Secondo contributo - Osservazioni su alcuni fattori della produttività e del microclima in due aree protette*, «Annali dell'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura», 23 (1994), pp. 201-223.
- HERMANIN L., *Aspetti della rinnovazione naturale del Pino nero in una zona dell'Appennino abruzzese*, «Annali dell'Accademia Italiana di Scienze Forestali», 27 (1980), pp. 31-63.
- HOFMANN A., *La conversione dei cedui di faggio*, «Annali dell'Accademia Italiana di Scienze Forestali», 18 (1963), pp. 145-164.
- I rimboschimenti della tenuta di Castel di Guido*, a cura di P. Corona, Roma, 2001 (Quaderni di «Innovazione e Agricoltura», 5), pp. 149.
- IPCC, *Climate Change 1995*, Cambridge, 1-2 (1996).
- LA MARCA O., MARZILIANO P.A., MORETTI N., PIGNATTI G., *Dinamica strutturale e floristica in un ceduo di leccio*, «Annali dell'Accademia Italiana di Scienze Forestali», 44 (1995), pp. 236-256.
- LAUTERI M., SCARTAZZA A., GUIDO M.C., BRUGNOLI E., *Genetic variation in photosynthetic capacity, carbon isotope discrimination and mesophyll conductance in provenances of Castanea sativa adapted to different environments*, «Funct. Ecol.», 11 (1997), pp. 675-683.
- LEONE V., *Il significato attuale della selvicoltura*, in *Il bosco e l'uomo*, a cura di O. Ciancio, Firenze, 1996, pp. 139-150.
- MAGINI E., PELLIZZO A., PROIETTI-PLACIDI A.M., TONARELLI F., *La picea dell'Alpe delle Tre Potenze*, «Annali dell'Accademia Italiana di Scienze Forestali», 29 (1980), pp. 107-207.
- MAGNANI F., *Impatto della disponibilità idrica sugli incrementi dei soprassuoli di conifere: un modello di previsione*, in *Atti I Congresso Nazionale della Società Italiana di Selvicoltura ed Ecologia Forestale*, (Legnaro, PD, 4-6.VI.1997), 1998, pp. 43-47.
- MAGNANI F., BORGHETTI M., *Interpretation of seasonal changes of xylem embolism and plant hydraulic resistance in Fagus sylvatica*, «Plant Cell and Environment», 18 (1995), pp. 689-696.
- MACUZ A., GIORDANO E., SCARASCIA-MUGNOZZA G., *Rinnovazione naturale dei querceti caducifogli di Castelporziano in rapporto a parametri strutturali e microclimatici*, in *Il sistema ambientale della tenuta presidenziale di Castelporziano - Ricerche sulla complessità di un ecosistema forestale costiero mediterraneo*, II, Roma, 2001, pp. 789-812 (Accademia Nazionale delle Scienze Scritti e Documenti XXVI).
- MALTONI A., PACI M., *Strutture spaziali in castagneti abbandonati della toscana: relazioni con il dinamismo della vegetazione*, «Monti e Boschi», 6 (2001), pp. 14-20.
- MATTEUCCI G., DE ANGELIS P., DORE S., MASCI A., VALENTINI R., SCARASCIA-MUGNOZZA G., *Il bilancio del carbonio delle faggete: dall'albero all'ecosistema*, in *Ecologia strutturale e funzionale di faggete italiane*, a cura di G. Scarascia-Mugnozza, Bologna, 1999, pp. 133-183.

- MATTHEWS J.D., *Sylvicultural systems*, Oxford, 1989, pp. 284.
- MENCUCCINI M., GRACE J., *Hydraulic conductance, light interception, and needle nutrient concentration in Scots pine stands (Thetford, UK) and their relation with net primary production*, «Tree Physiology», 16 (1996), pp. 459-469.
- MIGLIETTA F., RASCHI A., BETTARINI I., RESTI R., SELVI F., *Natural CO₂ springs in Italy: a resource for examining long-term response of vegetation to rising atmospheric CO₂ concentrations*, «Plant, Cell and Environment», 16 (1993), pp. 873-878.
- MONDINO G.P., PIAZZI M., SALADIN R., GRIBAUDO L., MENSIO F., TERZUOLO P.G., *I tipi forestali del Piemonte*, II parte, Torino, 1996, pp. 189-204.
- MONDINO G., BERNETTI G., *I tipi forestali*, in *Boschi e macchie di Toscana*, Firenze, 1998, pp. 358.
- MOONEY A.H., *Lessons from Mediterranean-Climate Regions*, in *Biodiversity*, a cura di E.O. Wilson, Washington, 1988, pp. 156-165.
- MORANDINI R., *Forest trees: Introduction*. In *Italian contribution to plant genetics and breeding*. XV Congresso di EUCARPIA, (Viterbo 21-25.X.1998), a cura di G.T. Scarascia-Mugnozza e M.A. Pagnotta, Viterbo, 1998, pp. 841-844.
- NOCENTINI S., *Gli «impianti pilota» nella sperimentazione forestale*, «L'Italia forestale e Montana», 50 (1995), pp. 38-43.
- PACI M., CIAMPELLI F., *Risposta della vegetazione all'apertura di gap nella Riserva Naturale Integrale di Saxo Fratino*. «Monti e Boschi», 2 (1996), pp. 50-58.
- PACI M., ROMOLI G., *Studio sulla diffusione spontanea del pino nero sui pascoli del Passo dello Spino (AR)*. «Annali dell'Accademia Italiana di Scienze Forestali», (1992), pp. 191-226.
- PALMIERI S., SIANI A.M., AGOSTINA A.D., *Climate fluctuations and trends in Italy within the last 100 years*, «Ann. Geophysicae», 9 (1991), pp. 769-776.
- PAPI R., *L'avifauna nidificante in una faggeta dell'Appennino abruzzese*, «Rivista Italiana di Ornitologia», 66 (1996), pp. 29-36.
- PATRONE G., *Stravaganza prima: l'essenza dell'assestamento forestale*, «L'Italia Forestale e montana», 1 (1972), pp. 1-22.
- PAVARI A., *Studio preliminare sulle colture di specie forestali esotiche in Italia. I. Parte generale*, Firenze, 1916 (Regio Istituto Superiore Forestale Nazionale. Annali).
- PAVARI A., *Basi ecologiche e tecniche dei rimboschimenti in Italia*. In *Scritti di ecologia, selvicoltura e botanica forestale*, Firenze, 1959.
- PAVARI A., DE PHILIPPIS A., *La sperimentazione di specie forestali esotiche in Italia. Risultati del primo ventennio*, Roma, 1941 (Annali della sperimentazione agraria, 38).
- PICCIOLI L., *Provenienza, estrazione e valore delle sementi di conifere*, Firenze, 1920 (Regio Istituto Superiore Forestale Nazionale, Annali, Vol. IV e V).
- PIUSSI P., *La rinnovazione delle peccete subalpine*, «Le Scienze», 37 (1986), pp. 58-67.
- PIUSSI P., *Selvicoltura Generale*, Torino, 1994, pp. 421.
- RADDI S., GIANNINI R., *Indagini preliminari dell'effetto dei tagli successivi uniformi sulla struttura genetica dei boschi di faggio*, in *Atti del seminario Funzionalità dell'ecosistema faggeta* (Firenze, 16-17.XI.1995), a cura di R. Giannini, Firenze, 1998, pp. 85-105.
- RIESS S., DE COLLE S., PIRAZZI R., CELLERINO G.P., BRAGALONI M., PASQUALETTI M., RAMBELLI A., *Le micorrize e la micoflora della lettiera in faggete italiane*, in *Ecologia strutturale e funzionale di faggete italiane* a cura di G. Scarascia-Mugnozza, Bologna, 1999, pp. 81-105.

- RIGUZZI F., *Pini mediterranei della sez. «Halepensis»: accrescimento e discriminazione isotopica del carbonio in ambienti diversi dell'Italia centro-meridionale*, Tesi di Dottorato in Ecologia Forestale, Università degli Studi di Padova, 2002, pp. 140.
- ROSENZWEIG C., TUBIELLO F.N., *Impact of global climate change on mediterranean agriculture: current methodologies and future directions*, in *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, the Netherlands, 1997, pp. 219-232.
- ROVERSI P.F., COVASSI M., *Note ecologiche sui coleotteri xilofagi della douglasia in Italia*, in *Atti XVII Congresso Nazionale Italiano di Entomologia*, (Udine 13-18.VI.1994), Udine, 1994, pp. 767-770.
- SABATINI S., PAOLETTI E., MARESI G., *Micorrizzazione e biomassa delle radici fini in faggio e abete bianco deperienti*, in *Atti del seminario Funzionalità dell'ecosistema faggeta* (Firenze, 16-17.XI.1995), a cura di R. Giannini, Firenze, 1998, pp. 233-246.
- SALLEO S., LO GULLO M.A., *Drought resistance strategies and vulnerability to cavitation of some Mediterranean sclerophyllous trees*, in *Water Transport in Plants under Climatic Stress*, a cura di M. Borghetti, J. Grace, A. Raschi, Cambridge, 1993, pp. 99-113.
- SARACINO A., MORETTI N., BORGHETTI M., *Water stress and bark beetles attacks in Pinus halepensis*, in *Atti I Congresso Nazionale della Società Italiana di Selvicoltura ed Ecologia Forestale* (Legnano, PD, 4-6.VI.1997), Legnano, 1998, pp. 53-56.
- SARACINO A., LEONE V., *Osservazione sulla rinnovazione del Pino d'Aleppo (Pinus halepensis Mill.) in soprassuoli percorsi dal fuoco*, «Monti e Boschi», 6 (1991), pp. 39-46.
- SCARASCIA-MUGNOZZA G., COSTANZA M.T., *Influenza delle condizioni ambientali sullo stato idrico dei semenzali di pino d'aleppo in due pinete del Gargano percorse da incendio*, «Annali dell'Accademia Italiana di Scienze Forestali», 32 (1983), pp. 243-260.
- SCARASCIA-MUGNOZZA G., DE ANGELIS P., MATTEUCCI G., VALENTINI R., *Foreste e cambiamenti climatici*, in *Secondo Congresso Nazionale di Selvicoltura - per il miglioramento e la conservazione dei boschi italiani*, II Congresso Nazionale di Selvicoltura (Venezia, 24-27.VI.1998), Venezia, 1999, vol. I, pp. 97-122.
- SCARASCIA-MUGNOZZA G., KARNOSKY D.F., CEULEMANS R., INNES J.L., *The impact of CO₂ and other greenhouse gases on forest ecosystems: an introduction*, in *The Impact of Carbon Dioxide and Other Greenhouse Gases on Forest Ecosystems*, a cura di D.F. Karnosky, R. Ceulemans, G.E. Scarascia-Mugnozza, J. L. Innes, IUFRO research Series, 2001, pp. 1-16.
- SCHIMEL D.S., *Terrestrial ecosystems and the carbon cycle*, «Global Change Biology», 1 (1995), pp. 77-91.
- SPIECKER H., MIELIKÄINEN K., KÖHL M., SKOVSGAARD J.P., *Growth trends in European Forests*, Berlin, 1996, p. 372.
- SUSMEL L., *Caratteri comparati delle abetine primarie delle Alpi Dinariche e delle abetine secondarie delle Alpi Italiane*, «Annali dell'Accademia Italiana di Scienze Forestali», 5 (1956), pp. 115-146.
- SUSMEL L., VIOLA F., BASSATO G., *Ecologia della lecceta del Supramonte di Orgosolo*. «Annali del C.E.M.V.», Padova, 10 (1976), pp. 261.
- TOGNETTI R., MICHELOZZI M., GIOVANNELLI A., *Geographical variation in water relations, hydraulic architecture and terpene composition in Aleppo pine seedlings from Italian provenances*, «Tree Physiology», 17 (1997), pp. 241-250.
- VALENTINI R., SCARASCIA-MUGNOZZA G., EHLERINGER J.R., *Hydrogen and carbon isotope ratios of selected species of a mediterranean macchia ecosystem*, «Functional Ecology», 6 (1992), pp. 627-631.

- VALENTINI R., DE ANGELIS P., MATTEUCCI G., MONACO R., DORE S., SCARASCIA-MUGNOZZA G., *Seasonal net carbon dioxide exchange of a beech forest with the atmosphere*, «Global Change Biology», 2 (1996), pp. 199-207.
- VANNINI A., SCARASCIA-MUGNOZZA G., *Water stress: a predisposing factor in the pathogenesis of Hypoxylon mediterraneum on Quercus cerris*, «European Journal of Forest Pathology», 21 (1991), pp. 193-201.
- VILLANI F., BENEDETTELLI S., PACIUCCI M., CHERUBINI M., PIGLIUCCI M., *Genetic variation and differentiation between natural population of chestnut (Castanea sativa Mill.) from Italy*, in *Biochemical markers in the population genetics of forest trees*, a cura di S. Fineschi, M. E. Malvolti, F. Cannata, H. H. Hatterer, The Hague, 1991.
- VITOUSEK P.M., MOONEY H.A., LUBCHENCO J., MELILLO J.M., *Human domination of earth's ecosystems*, «Science», 277 (1997), pp. 494-499.
- WARING R.H., SCHLESINGER W.H., *Forest Ecosystems. Concepts and Management*, San Diego, California, 1985, p. 340.
- ZANETTO A., KREMER A., *Allozyme polymorphism in sessile Oak populations in western Europe*, «Annales des Sciences Forésières», (1991).

LEONARDO CASINI

ASPETTI FONDIARI, ORGANIZZAZIONE E SVILUPPO DEL TERRITORIO E DELLE ATTIVITÀ RURALI

INTRODUZIONE

L'evoluzione del settore agricolo in Italia è segnata dalla alta diversità di territori, ambienti, e culture che hanno originato sistemi economici e sociali altamente differenziati fra loro.

Il contesto socio-culturale, in cui l'agricoltura italiana ha operato, è stato dominato da rapporti di produzione arretrati, che hanno visto persistere le più diverse forme di organizzazione e conduzione del fondo, eredità di percorsi storico culturali delle singole civiltà locali. Il sistema fondiario italiano agli inizi degli anni '50 è espressione di questo complesso retaggio storico che si manifesta nelle strutture fondiarie, nei contratti e nel rapporto con la proprietà. Il capitalismo agrario delle pianure del nord, la mezzadria delle zone centrali, il latifondo del mezzogiorno sono solo alcune delle forme di conduzione ancora presenti in agricoltura alla vigilia dell'industrializzazione del paese. Questa complessa e frammentata situazione si coniuga con una bassa produttività naturale della maggior parte dei suoli italiani. Le particolari condizioni del territorio italiano hanno, infatti, reso possibile l'agricoltura solo a costo di alti investimenti di capitale e lavoro. Tali investimenti riguardano prevalentemente opere di sistemazione e protezione dei suoli, senza le quali estese superfici resterebbero invase da paludi, soggette a inondazioni o prive dei requisiti minimi necessari all'esercizio delle pratiche agronomiche. La difesa del territorio, la regimazione delle acque, lo sviluppo dell'irrigazione, i terrazzamenti delle zone collinari hanno richiesto nei secoli una incessante attività dell'uomo, che ha in parte *ricostruito* il territorio rurale, sviluppando tecniche e manufatti ancora oggi presenti nelle nostre campagne. Questa attività dell'uomo ha riguardato la gran parte della superficie territoriale italiana. Infatti considerando i 30 milioni di ettari di superficie nazionale, 18 ricadono nei comprensori di bonifica e 2 milioni in quelli di miglioramento fondiario, effettuato soprattutto a scopo irriguo.

In questo capitolo si propone una sintesi dell'evoluzione delle strutture agricole dal dopoguerra al 2000 attraverso l'analisi dei dati censuari a livello provinciale, soffermando l'attenzione sulle principali variabili strutturali del settore e sugli andamenti demografici connessi. In ultimo si propone un'analisi degli scenari futuri della politica agricola comunitaria e delle implicazioni sulle strutture del settore agricolo nazionale.

GLI ANNI DELL'ESODO AGRICOLO DAL DOPOGUERRA AL 1970

L'elevata eterogeneità delle strutture produttive agricole italiane diventa particolarmente evidente quando il contesto economico e sociale subisce ed impone profondi cambiamenti, mettendo a dura prova le capacità di adeguamento del settore. Ciò comincia a realizzarsi negli anni '50 quando l'agricoltura italiana si trova a dover affrontare un periodo caratterizzato da radicali trasformazioni, che accompagnano il paese verso la modernizzazione di tutti i settori dell'economia. Le strutture fondiarie con cui il settore affronta le prime fasi di industrializzazione del paese sono il risultato di un modello produttivo che ha sperimentato negli anni una bassa attitudine al rinnovamento. Questo ha portato al persistere nei decenni, di una struttura e di una organizzazione produttiva fortemente legata al passato. Nonostante gli imponenti investimenti per le opere di bonifica e di irrigazione effettuate negli anni fra le due guerre, la situazione della distribuzione della proprietà ed i contratti agrari non sembrano modificarsi secondo criteri di efficienza produttiva e di organizzazione del lavoro. Agli inizi degli anni '50 la situazione non mostra segni di evoluzione: i terreni più fertili delle pianure sono ancora in mano ai grandi e medi proprietari, mentre la piccola proprietà coltivatrice (che rappresenta la classe delle imprese agricole più numerosa) è relegata a zone marginali e, spesso inospitali, della collina, della montagna e della costa. Le estese proprietà del nord e del centro sono organizzate in fattorie i cui poderi sono, nella maggior parte dei casi, condotti a mezzadria, nel sud prevale ancora una struttura legata al modello feudale, dominata dal grande latifondo. Le condizioni di vita degli addetti al settore sono ovunque pressoché insoddisfacenti: redditi al limite della sopravvivenza, totale assenza di servizi e condizioni abitative inadeguate, rendono l'esistenza della popolazione rurale assolutamente precaria. Con la riforma fondiaria si cerca di rimuovere alcune fra le principali cause di arretratezza del settore, (soprattutto nel Mezzogiorno e nella Maremma) ridistribuendo la terra e realizzando opere

infrastrutturali volte a migliorare le condizioni di vita della popolazione agricola. Negli stessi anni in cui si attua la riforma si cominciano a consolidare nuovi processi economici, destinati ad avere rilevanti ripercussioni sull'assetto socio-culturale. Si affermano, infatti in questi anni, soprattutto nel nord del paese, le prime strutture industriali che danno impulso a nuove produzioni, e generano nuovi equilibri economici e territoriali, dando luogo ad importanti movimenti di popolazione dalle campagne verso le città. Si assiste al fenomeno storicamente conosciuto come *esodo rurale*. Gli effetti della riforma non sono in grado di contrastare un evento di tale portata, nonostante il settore, soprattutto dalla fine degli anni '50, stia sperimentando una accelerazione nel progresso tecnico ed economico, che porta il valore aggiunto agricolo ad una crescita del 49% rispetto al 1951. Questa crescita non è però confrontabile con quella realizzata dall'industria che diviene settore trainante nell'economia nazionale. Lo sviluppo economico si va così localizzando nelle aree urbane e produce un elevato cambiamento del mercato del lavoro nelle campagne (alta mobilità dei lavoratori agricoli verso industria e terziario). Il rapido sviluppo economico non stimola un altrettanto rapido adeguamento delle strutture fondiarie ed aziendali. La forza lavoro della famiglia contadina non è più dedita esclusivamente al settore primario, e diviene una delle principali fonti di mano d'opera per tutti gli altri settori. La piccola proprietà coltivatrice dà spesso luogo ad imprese gestite a *part time*, i giovani cominciano ad abbandonare il settore, che tende ad una progressiva senilizzazione. L'esodo rurale in questo decennio ('50-'60) raggiunge una dimensione mai precedentemente sperimentata ed interessa in modo diffuso tutta la popolazione agricola, portando fuori dal settore la forza lavoro in esubero. Si passa da una popolazione agricola pari a circa il 43% della popolazione totale nel 1951, ad una quota di circa il 30% agli inizi degli anni '60.

All'inizio degli anni '60 la crescita economica del paese si fa più rapida. Nel decennio, che va dal 1960 al '70, infatti il passaggio ad una industrializzazione spinta di numerose aree del paese, in cui si concentrano gran parte delle attività economiche, induce importanti trasformazioni nello scenario economico-sociale nazionale. Questi profondi cambiamenti esercitano pressioni diverse sul mondo rurale che, come abbiamo visto, si trova a dover gestire fenomeni di enorme portata con un assetto locale ancora profondamente condizionato dal passato. Il processo di ridimensionamento del settore continua inesorabilmente anche in questo decennio, ma interessa soprattutto le zone agricole marginali (collina e montagna) caratterizzate da condizioni territoriali inadeguate alle nuove frontiere produttive.

Ci troviamo nel così detto periodo del boom economico, che produce una sostanziale riorganizzazione del lavoro in Italia. Si assiste ad aumenti della produzione nazionale, del reddito procapite e di conseguenza ad un generalizzato incremento della domanda di beni di consumo. Nelle aree rurali la domanda di beni industriali cresce e permette di far fronte al declino demografico aumentando la produttività del lavoro agricolo (la meccanizzazione permette di abbassare le ore richieste per la coltivazione di 1 ha di coltura cerealicola da 400-500 a 100-150). Il progresso tecnico produce importanti effetti: le produzioni unitarie raddoppiano e triplica il salario medio agricolo. Le strutture di molte aziende subiscono profonde trasformazioni in seguito all'introduzione di *inputs* esterni, cambiano gli ordinamenti produttivi, sia per nuove dinamiche nella domanda di prodotti alimentari sia perché il progresso tecnico offre nuove soluzioni ai problemi agronomici. Nelle aziende agricole *moderne* i processi produttivi tendono ad essere razionalizzati e semplificati secondo criteri che seguono i modelli industriali. I regimi fondiari subiscono trasformazioni volte ad aumentare la superficie degli appezzamenti, a ridurre le arborature, ad annullare le colture promiscue indirizzandosi verso coltivazioni specializzate su larga scala. Nonostante questo sforzo la crescita del settore non può competere con quella dell'industria e del terziario. Il contributo dell'agricoltura all'economia nazionale tende a ridursi (si passa da un contributo al PIL del 1955 pari al 17,6% ad un 13,4% di dieci anni dopo), il reddito procapite agricolo è negli anni '60 circa 47% del reddito medio degli addetti in altri settori. Alla fine degli anni '60, a circa venti anni dalla riforma, la proprietà contadina scende dal 6,4% al 2,5%.

Nella cartina 1 si evidenzia l'andamento demografico in Italia nel decennio '61-'71 e si possono rilevare i seguenti principali elementi della dinamica della popolazione. La riduzione demografica più consistente si riscontra nelle province centro meridionali con spiccata evidenza delle province della dorsale appenninica. La situazione delle province del nord risulta migliore con una più contenuta tendenza alla riduzione ed un gran numero di province in cui la popolazione si mantiene stabile. Da rilevare come anche a livello provinciale in questi anni si possano leggere le influenze del fenomeno dell'industrializzazione che vede affermarsi un modello di sviluppo incentrato nei poli industriali situati nel nord, nord-est e centro del paese. La popolazione si muove verso i grandi poli industriali sia spinta dalle pessime condizioni di vita offerte dalle zone rurali marginali, sia alla ricerca di nuove opportunità economiche. Le opportunità lavorative, le tipologie abitative, la presenza di infrastrutture e servizi offrono alle popolazioni rurali un

modello di vita maggiormente rispondente alla nuova percezione del benessere dominante nella società italiana.

Il nuovo impulso allo sviluppo determina anche una forte mobilità del mercato del lavoro con una domanda crescente espressa dal settore industriale e dal terziario concentrati nella città. L'agricoltura non è in grado di competere con i redditi offerti dall'industria e con la migliore qualità della vita offerte dalle città. Si ha in tutta Italia un importante calo degli addetti agricoli, probabilmente già sottoccupati (FIG. 2). Le maggiori contrazioni si hanno nel nord e nel centro, in particolare nelle zone montuose. Questo è dovuto alla concomitanza di due fattori. Il primo vede una maggiore mobilità della forza lavoro dovuta alla vicinanza con i poli industriali, il secondo vede nelle strutture fondiari e territoriali condizioni più favorevoli alla rapida diffusione della meccanizzazione dei processi produttivi agricoli. Questo si riflette in una riduzione del lavoro umano richiesto e su una maggior flessibilità del lavoro familiare verso impieghi in altri settori. Il fenomeno si attenua nelle province meridionali confermando una tendenza alla meridionalizzazione dell'agricoltura italiana.

Le conseguenze di questi profondi mutamenti nell'assetto produttivo del paese sono evidenziabili anche livello territoriale. Dalla cartina 3 emerge una generalizzata riduzione della Superficie Agraria e Forestale (SAF). Tale fenomeno non è univocamente determinato dai problemi e dalle tendenze evolutive sperimentate in questi anni nel settore agricolo: gli importanti cambiamenti introdotti nella vita economica e sociale del paese determinano anche una riorganizzazione territoriale che vede concentrarsi nelle città la domanda di nuovi spazi urbani da destinare a funzioni economiche, residenziali, o infrastrutturali. Sono le conseguenze del *miracolo economico* che si realizza in questi anni e che sposta definitivamente i baricentri economici, sociali e culturali nelle aree urbane industrializzate. Le città subiscono una forte espansione (3,2% in più nel periodo 1953-'63) spesso sottraendo terreni fertili di pianura all'agricoltura. Questa tendenza vede rare eccezioni in alcune province della pianura padana, in cui condizioni ambientali favorevoli e strutture fondiari adeguate facilitano il rapido ammodernamento delle imprese permettendo l'affermazione di sistemi agricoli intensivi. Il resto delle province confermano il generale declino del settore. Nonostante questo la superficie produttiva media delle aziende non subisce rilevanti riduzioni, sintomo di una tendenza al riaccorpamento fondiario necessario alla riorganizzazione delle imprese secondo i nuovi criteri produttivi (FIGG. 4 e 5).

La dinamica in atto nel settore trova ulteriore conferma nell'analisi delle superfici a bosco (FIG. 6). La forte espansione dei boschi a fronte di una più contenuta riduzione della superficie agraria e forestale fornisce indicazioni sull'alto grado di abbandono a cui il settore è soggetto. Il bosco si espande in aree che perdono interesse economico per l'agricoltura. I terreni che presentano una minore attitudine alla riorganizzazione produttiva sono lasciati incolti e la loro collocazione, spesso in zone marginali, favorisce l'avanzamento di formazioni a bosco. La superficie coltivata subisce una contrazione ovunque in questo decennio, in funzione della necessità di selezionare i terreni aziendali maggiormente produttivi e della diminuzione della manodopera disponibile in azienda.

Lo scenario fino ad ora descritto dipinge un totale ridimensionamento territoriale ed economico dell'agricoltura, ma all'interno del settore sono in atto processi di riorganizzazione economica e strutturale volti a contrastare questa tendenza. Ciò riceve conferma dal dato sulle aziende (FIG. 7) che tendono a ridursi in maniera consistente su tutto il territorio nazionale con punte massime nelle zone di montagna ed un considerevole calo nel centro Italia. Elemento questo da mettere in relazione con la natura della crisi, che colpisce il settore in maniera differenziata in funzione delle condizioni territoriali e strutturali dell'attività produttiva, e seleziona e valorizza le imprese in grado di competere nel nuovo scenario economico.

L'impatto del processo di ristrutturazione del settore agricolo risulta evidente anche nel comparto zootecnico. Si assiste in questi anni ad una forte riduzione del numero di aziende dotate di bovini (FIG. 8). La riduzione più spinta, come mostra la cartina, si ha nel nord e nel centro, zone in cui la riorganizzazione produttiva risulta più marcata. La riduzione delle aziende con bovini è l'effetto di una riorganizzazione fondiaria e produttiva che spinge verso una specializzazione e razionalizzazione dei processi. Questo tipo di analisi è confermato dal dato sul numero di capi di bestiame illustrato in cartina 9. Il maggior incremento numerico dei capi si ha spesso nelle province che registrano il più consistente calo nel numero di aziende con bovini. Fenomeno che indica una tendenza generale delle aziende agricole verso specializzazione produttiva che ha prodotto per le aziende zootecniche il superamento dei tradizionali limiti di superficie alla concentrazione degli allevamenti. La capacità di carico naturale dei terreni è infatti integrata dall'impiego di mangimi concentrati e foraggiere acquisite da altre aziende.

La crisi del settore agricolo in Italia ed in Europa assume in questi anni evidenza tale da spingere gli stati aderenti al trattato di Roma (1958) ad intra-

prendere misure di sostegno dell'agricoltura che portino il settore ad un livello di sviluppo adeguato alla nuova situazione economica internazionale. Il problema della garanzia di redditi sufficienti per gli agricoltori viene recepito anche a livello europeo con l'introduzione di un regime di "prezzi interni alti" gestito con l'istituzione del Feoga (Fondo europeo di orientamento e garanzia). Inoltre, con il Piano Mansholt nel 1968 si afferma per la prima volta la necessità di un intervento di politica comunitaria di tipo strutturale per lo sviluppo del settore agricolo, con l'individuazione di obiettivi quali: l'incremento produttivo, l'adeguamento strutturale delle aziende più marginali, il sostegno ai prezzi dei prodotti agricoli.

GLI ANNI DELLA POLITICA AGRICOLA COMUNITARIA 1970-'80

In questo decennio assistiamo al consolidamento dei processi economici avviati negli anni precedenti, e che vedono l'industria assumere un ruolo assolutamente dominante nel sistema economico nazionale. Nello stesso periodo nel settore agricolo continuano i processi di modernizzazione delle strutture produttive, con una progressiva integrazione nel contesto internazionale. Questa tendenza è stata sostenuta da misure di politica agraria, che assumono massima incisività a livello comunitario. In particolare le direttive socio-strutturali pongono le basi per gli interventi di adeguamento strutturale anche se in Italia la loro applicazione non raggiunge i livelli degli altri paesi europei. L'agricoltura italiana continua ad essere sostenuta da interventi settoriali, mediante misure di incentivazione e sostegno alle produzioni dei vari comparti.

Il settore subisce una progressiva industrializzazione che porta alla sostituzione del lavoro umano con mezzi forniti dall'industria. L'abbandono delle terre marginali ha portato la concentrazione degli investimenti nelle terre migliori di pianura, collina e bassa montagna dove l'agricoltura di tipo intensivo offre maggiori garanzie economiche. La spinta produttivistica subita dall'agricoltura durante tutti gli anni '50 e '60 ha portato ad un largo uso di fertilizzanti e prodotti antiparassitari con importanti conseguenze sull'ambiente (a livello comunitario 1/3 delle falde risultano contaminate da azoto). Nasce una certa sensibilità verso la questione ambientale e la salubrità degli alimenti. Cominciano ad affermarsi imprese che innovano i processi mirando al contenimento o all'eliminazione degli inputs chimici, attraverso tecniche di agricoltura biologica, biodinamica o lotta integrata. Si assiste in questi anni anche ad una riorganizzazione del settore che vede fiorire diverse forme di integrazione verti-

cale in risposta sia ai crescenti costi di esercizio della meccanizzazione sia al basso incremento della base territoriale aziendale, che non concede un efficiente impiego delle trattrici. Questo processo provoca una *destrutturazione* delle aziende, che risulta, in un primo momento, parziale in quanto si limita ad alcune fasi dei processi meccanizzati, ma tende progressivamente a coprire tutti i processi, portando alla scomparsa dell'intero parco macchine aziendale, sostituito dal nascere di nuovi servizi all'agricoltura. Nonostante questi progressivi adattamenti ai dinamismi economici, il settore non raggiunge performances comparabili con quelle dell'industria: il contributo dell'agricoltura al Pil nazionale si riduce ancora scendendo al 7,9%, i redditi agricoli restano inferiori a quelli degli altri settori. Lo sviluppo del sistema industriale in Italia ed Europa ha ormai prodotto indelebili cambiamenti nelle strutture socio-economiche nazionali, riducendo ad un ruolo marginale l'agricoltura, nonostante la protezione offerta al settore dalle politiche di mercato. Nasce in ambito comunitario l'esigenza di rendere le aziende di avanguardia più competitive con il settore industriale, rendendo più efficiente il sistema produttivo attraverso la modernizzazione delle strutture. L'impegno finanziario della comunità è stato consistente e ha portato ad adottare strumenti di finanziamento per l'ammmodernamento delle aziende agricole all'interno di direttive strutturali, quali la 159 del 1972, che pone attenzione particolare all'agricoltura di montagna e a talune zone svantaggiate (direttiva n.ro 268 1975). Allo stesso tempo la necessità di imprimere maggiore competitività al settore spingeva la comunità ad incentivare economicamente il ritiro dall'attività agricola degli operatori in età compresa fra i 55 ed i 65 anni (direttiva 160, '72) e a finanziare centri di orientamento economico di supporto agli agricoltori nelle scelte imprenditoriali (direttiva 161 del 1972). Ma la situazione economica italiana ed internazionale, comincia a mostrare i primi segnali di crisi. Inflazione, calo della domanda di beni alimentari sono alcune delle manifestazioni di una crescita economica che tende a rallentare. Sono gli anni della crisi petrolifera. L'espansione del settore industriale subisce una diminuzione ed assume nuove modalità. La necessità di contenere i costi spinge alla diffusione di piccole e medie imprese industriali in territori urbano-rurali. È il così detto modello NEC, che produce importanti effetti sull'agricoltura consolidando situazioni di part time inserite in un contesto locale in cui l'organizzazione fondiaria ed aziendale è fortemente influenzata dalla presenza di centri di produzione industriale. In tali situazioni l'industria contribuisce a mantenere legate al territorio famiglie rurali la cui funzione produttiva in esaurimento viene integrata con quella di tutela del territorio e dell'ambiente.

Complessivamente il decennio in esame è segnato da una attenuazione dei fenomeni demografici che hanno pesantemente influenzato gli anni '50 e '60. Come dimostra anche la cartina 10, le variazioni di popolazione tendono ad essere distribuite più uniformemente sul tutto il territorio. I residenti subiscono un incremento generalizzato e non più circoscritto alle province industrializzate del nord. Gran parte delle province del sud, con i residenti in calo nel decennio precedente, sono adesso in crescita. Si conferma la riduzione in alcune province dell'arco appenninico dove la carenza di servizi condiziona ancora pesantemente la qualità della vita e conseguentemente i processi di sviluppo locali. Nel complesso, il dato demografico sembra risentire del superamento del modello di sviluppo incentrato nei grandi poli industriali, che porta le attività produttive a diffondersi maggiormente sul territorio soprattutto a nord e nel centro.

La riduzione degli addetti è fenomeno che interessa in questo decennio tutto il settore senza regionalismi (FIG. 11), e prosegue inesorabile su tutto il territorio, con tassi variabili per le zone marginali e per i comprensori agricoli industrializzati. La percentuale di addetti agricoli va gradualmente a livellarsi sul dato europeo fino ad ora molto distante da quello nazionale, ciò pone l'agricoltura italiana in una prospettiva di adeguamento ai parametri economici e strutturali europei. La riduzione della forza lavoro agricola si spiega infatti sia come conseguenza dell'avvio dei processi di modernizzazione interni al settore anche nelle regioni meridionali, sia per l'affermarsi, soprattutto al centro nord, di un modello di sviluppo a maggiore diffusione territoriale, che, attraverso la realizzazione di nuove strutture produttive esterne ai poli urbani, determina nuove opportunità d'impiego alternative al settore agricolo anche in aree rurali, dando spazio a nuove forme di attività agricola, quali il part-time e il contoterzismo.

Questi fenomeni se pur rilevanti non sono però tali da invertire i processi di abbandono o di ridestinazione dei terreni agricoli ad altri usi. La Superficie Agraria e Forestale si riduce ancora per la sottrazione di terreni da parte delle aree urbane (FIG. 12). Crescono quasi ovunque i boschi a scapito dei terreni agrari (FIG. 13), in conseguenza dell'abbandono di vaste aree del paese da parte della popolazione dedita ad attività agro-silvo-pastorali non più sostenibili nel nuovo assetto economico. Le rare eccezioni si riscontrano nelle province della pianura padana e del centro che si vanno affermando come comprensori agricoli. Nonostante queste situazioni particolari la tendenza generale è quella di una continua e consistente riduzione economica e territoriale.

La Superficie Agraria Utilizzata (FIG. 14), che dà conto della consistenza delle attività produttive agricole, è in forte calo su tutto il territorio nazionale, anche se con intensità minore in alcune aree del centro nord maggiormente vocate. Questo dato conferma sia la tendenza a selezionare i terreni migliori che rendono possibile un'agricoltura ad alto reddito, sia la tendenza all'abbandono di vaste aree del paese, dove le caratteristiche territoriali e sociali non permettono più il mantenimento di un'agricoltura competitiva. In questi anni, infatti, si assiste al completo smantellamento dei sistemi agricoli montani.

Queste considerazioni sono confermate dall'analisi dell'evoluzione degli ordinamenti colturali. In cartina 15 si evidenzia infatti come per i seminativi, colture a reddito medio-basso, si verifichi una forte contrazione generalizzata, con punte proprio nelle aree più difficili, dove nel passato tali colture si erano spinte in risposta ad esigenze economiche ormai completamente superate dal modello di sviluppo dominante. L'aumento della produttività unitaria raggiunto mediante l'impiego di nuove tecnologie spinge ad una *intensivazione* delle coltivazioni che riescono a resistere solo nelle aree più favorevoli al trasferimento delle nuove tecniche produttive.

Il numero delle aziende è in questo decennio in riduzione ma con un tasso inferiore rispetto al decennio precedente con alcune province che registrano piccoli incrementi (FIG. 16). Questo dato se confrontato con quello della Sau media per azienda (FIG. 17) testimonia ulteriormente il progresso del settore verso una organizzazione maggiormente competitiva e rispondente alle necessità di efficienza economica. La Sau media per azienda subisce piccoli incrementi che determinano nel decennio esaminato dinamiche positive nella zona della pianura padana e del centro. Aree proprio che vedono nelle condizioni strutturali del settore presupposti per il mantenimento dell'agricoltura a livelli economici soddisfacenti.

Per le coltivazioni legnose agrarie (FIG. 18) si registra invece un andamento assai diverso, determinato dalla maggiore redditività di tali colture e dalla vocazione particolare di vaste aree del paese per l'ortofrutta, per la viticoltura e l'olivicoltura. Queste condizioni, soprattutto nel centro sud dove la concorrenza delle attività industriali era più limitata, ha permesso lo sviluppo di imprese efficienti e il mantenimento se non l'ampliamento di tali coltivazioni. Da sottolineare come nelle province liguri si abbia una consistente riduzione delle colture legnose da associare direttamente alle caratteristiche del territorio che rendono difficile l'impostazione di sistemi di coltivazione intensivi. Qui le riduzioni delle superfici a colture legnose agrarie sottendono spesso fenomeni di abbandono con gravi ripercussioni su equilibrio

idrogeologico e paesaggio (alta incidenza territoriale dei terrazzamenti). In queste zone infatti l'agricoltura si è storicamente spinta anche nei terreni più impervi, dove la coltivazione di vite e olivo è subordinata ad imponenti opere di terrazzamento che richiedono la continua azione dell'uomo.

Il settore zootecnico mostra una dinamica particolare (FIG. 19). Le aziende con allevamenti rimangono in forte declino su tutto il territorio nazionale e confermano la tendenza in atto nel settore verso l'industrializzazione. La specializzazione e la disponibilità di inputs esterni spinge verso una razionalizzazione e specializzazione dei processi. La riduzione comincia a manifestarsi anche al sud. Anche il numero dei capi (FIG. 20) dimostra un andamento coerente con quanto accaduto nel decennio precedente e con l'evoluzione tecnica ed economica di cui il settore è oggetto. Si registrano ancora forti spinte verso la specializzazione zootecnica di molte province.

LA FINE DELL'ESODO RURALE NEL DECENNIO 1980-'90

Agli inizi degli anni '80 l'agricoltura continua a mostrare importanti segni di recessione nonostante gli imponenti sforzi effettuati nella riorganizzazione fondiaria con un alto grado di integrazione delle imprese con i settori a monte e a valle, che hanno dato luogo ad un'agricoltura industrializzata spesso indicata come sistema agro-alimentare. Allo stesso tempo le grandi imprese industriali confermano la loro crisi ed in Italia si intensificano i processi di industrializzazione diffusa, soprattutto nelle regioni del centro e del nord, con importanti conseguenze sul settore agricolo, che si conferma in molte aree come settore in declino. Inoltre a seguito di una serie di cambiamenti nell'assetto economico-politico nazionale ed internazionale il settore è chiamato ad una nuova riorganizzazione. Lo scenario agricolo europeo è dominato in questi anni dall'emergere di una serie di problemi legati all'applicazione della politica agricola comunitaria. Crescenti pressioni internazionali e imponenti problemi di bilancio, dovuti in larga parte all'espansione di produzioni eccedentarie, nonché evidenti sperequazioni territoriali e settoriali all'interno della CEE, spingono ad una riorganizzazione della politica volta a ridurre le garanzie di mercato. I prezzi agricoli fissati dalla comunità sono congelati, si adottano tasse di corresponsabilità tramite le quali gli agricoltori prendono parte al finanziamento della politica comune. Sono introdotte le quote fisiche di produzione (zucchero 1979, latte 1984) che fissano una quantità massima di produzione ammessa per i comparti eccedentari, vengono adottati gli sta-

bilizzatori di bilancio, che prevedono una riduzione dei prezzi garantiti quando la quantità di prodotto sia superiore a quello stabilito a livello comunitario. Queste misure segnano un primo cambiamento nella filosofia che ha informato la politica comunitaria dalla sua nascita fino a questo momento. Dagli anni '50 in poi il settore agricolo è stato costantemente sotto l'influsso della politica economica comunitaria, che auspicava per l'agricoltura una dimensione economica comparabile a quella dell'industria, esasperandone la funzione produttiva. Le peculiarità del settore che vedono i processi produttivi subordinati alle condizioni climatiche, ambientali e sociali delle diverse *ruralità* europee, hanno ostacolato la realizzazione dell'obiettivo. Il settore non è infatti stato in grado di raggiungere il grado di autosufficienza sperato, né redditi comparabili con gli altri settori. Dopo anni di *aiuti* l'agricoltura non è ancora in grado di rinunciare ai benefici economici della Pac (Politica Agricola Comunitaria), anzi ne è sempre più dipendente. Il rapido sviluppo che ha spinto l'economia in questi decenni ha trascinato anche l'agricoltura verso nuove forme di produzione che hanno visto nel progresso tecnico la possibilità di ottenere produzioni crescenti. Tutto ciò non ha affrancato l'agricoltura dalla sua fragilità relativa. Gli incrementi di produttività non hanno spinto ad un allargamento della base territoriale dell'attività e ad una diversificazione delle produzioni in sintonia con il mercato, ma ad una contrazione nello spazio con conseguente abbandono di terreni anche di pianura e alla concentrazione sulle colture con maggiori aiuti comunitari. Proprio in relazione agli effetti di questo abbandono crescente del territorio e dei suoi rilevanti effetti negativi si viene affermando una nuova concezione del settore agricolo. Il principio guida non è più quello della crescita economica, ma quello dello sviluppo sostenibile in cui il settore agro-forestale ha un ruolo determinante. Risulta ridimensionata la funzione produttiva e l'obiettivo di garantire la sicurezza alimentare, a favore di un insieme di altre funzioni riconosciute centrali per lo sviluppo. L'ambiente diviene un elemento prioritario che si coniuga con la dimensione produttiva agricola tradizionale e conduce ad una valorizzazione di sistemi produttivi divenuti marginali nel processo di sviluppo agricolo degli ultimi decenni. Il rinnovamento del settore in questi anni è caratterizzato dalla riscoperta delle radici nella consapevolezza che il modello produttivistico adottato per anni non è sufficiente a dare risposte alle problematiche del settore. Anche se ci vorranno alcuni anni perché tutto ciò si traduca in effettivi strumenti di politica agricola comunitaria. La necessità di concretizzare un processo di superamento della *vecchia* Pac trova le prime applicazioni nei regolamenti per le politiche strutturali. Con i regolamenti 797 del 1985

e 1760 del 1987 si intende spostare le finalità degli interventi comunitari verso il contenimento delle eccedenze attraverso “l’adeguamento dell’agricoltura alla nuova situazione dei mercati, nonché al mantenimento degli spazi rurali”. Se da una parte la politica comunitaria comincia a confrontarsi con la dimensione territoriale dell’agricoltura superando i confini settoriali che ne hanno caratterizzato l’impostazione, dall’altro conferma in alcuni interventi il suo approccio settoriale, come dimostra il regolamento 1094 del 1988 noto come *set aside*. Con tale regolamento si favorisce la non coltivazione di terreni destinati a seminativi e la cessazione dell’attività agricola. Si tratta di un provvedimento che stravolge la logica di tutti i precedenti interventi comunitari in quanto prevede forme di pagamento per non produrre. Proprio per tale motivo risulta fortemente contrastato da molte associazioni di categoria che paventano pesanti effetti sul territorio, leggendo il provvedimento come un ulteriore “aiuto” al disimpegno dall’agricoltura da parte di molti produttori marginali. Ancora oggi questi timori sono presenti e non è chiaro se il *set aside* abbia permesso effettivi processi di ristrutturazione aziendale o semplicemente abbia tolto dalla produzione rilevanti superfici agricole.

Dall’analisi dei principali dati censuari si evidenzia come i fenomeni di esodo siano ormai terminati e si assiste casomai a fenomeni di contro esodo. Gli aumenti di popolazione (FIG. 21) sono maggiormente presenti al sud, mentre al centro nord il calo delle nascite e la crisi di alcune grandi industrie determinano riduzioni abbastanza diffuse.

In termini di addetti alle attività agricole si registra una contrazione generalizzata del 20-40% con poche eccezioni se non nelle due grandi isole che presentano tassi di riduzione inferiori (FIG. 22).

L’abbandono del settore ha così accentuato i fenomeni dell’esodo prodotto dall’industrializzazione con pesanti conseguenze a livello territoriale. Molte zone marginali, un tempo ad indirizzo prevalentemente agricolo sono state abbandonate, causando un degrado ambientale che ha danneggiato equilibri dovuti anche all’attività dell’uomo. Dall’analisi dell’evoluzione della SAF (FIG. 23) si registra una contrazione superiore al 3% in molte aree costiere del Centro Sud Italia e nella Pianura Padana in conseguenza dello sviluppo urbano e residenziale. Allo stesso tempo si registra un’espansione dei boschi (FIG. 24) che continuano ad incrementare la propria superficie su tutto il territorio nazionale. Continua, quindi un processo di *rinaturalizzazione* di ampie aree del paese, con conseguente abbandono di molti insediamenti situati in aree marginali, e decadenza delle sistemazioni idrauliche nei suoli riconquistati dalle foreste.

La Sau (FIG. 25) continua a ridursi anche se a ritmi decisamente inferiori rispetto al passato: la contrazione media è compresa fra lo 0 e il 10% e si incontrano per la prima volta aree con variazioni di SAU non negative.

Le colture legnose agrarie (FIG. 26) sperimentano un ulteriore recupero in molte aree del paese: le province con aumenti delle superfici sono quasi pari a quelle con riduzioni. Molte aree del Sud Italia e del Nord registrano aumenti importanti, determinati nella quasi totalità da nuovi impianti fruttiferi, indicando pertanto anche una notevole propensione a nuovi investimenti da parte degli imprenditori agricoli e quindi, considerando anche l'impulso registrato nel decennio precedente per queste colture, il definitivo affermarsi di distretti fruttiferi di importanza europea.

Continua (FIG. 27) anche in questi anni la riduzione delle aziende dovuta in parte a fenomeni di ricomposizione fondiaria, ma principalmente determinata da una perdita di interesse economico verso il settore.

Per quanto riguarda i seminativi si registra per la prima volta dal dopoguerra un aumento consistente in varie zone del paese (FIG. 28), risultato determinata in larga parte dai precedentemente citati strumenti di sostegno della PAC, che alterando le condizioni di mercato hanno determinato vantaggiose condizioni reddituali per il mantenimento e lo sviluppo di tali colture in diverse province, con i lamentati effetti di bilancio per lo smaltimento delle produzioni eccedentarie.

Continua l'erosione nel numero delle aziende con allevamenti bovini nella maggior parte delle province (FIG. 29). In questi anni per la prima volta si ha anche un generalizzato calo nella dotazione di capi bovini (FIG. 30), che delineano un momento di crisi del comparto, dovuto all'esigenza di una maggiore integrazione nel mercato anche delle produzioni zootecniche per il necessario ridimensionamento della *protezione* offerta dalla Pac. Il comparto lattiero caseario e delle carni è infatti fra quelli che presentano i maggiori problemi di eccedenze produttive, per cui sono adottate misure di contenimento della produzione.

DALLA CRESCITA ECONOMICA ALLO SVILUPPO SOSTENIBILE: DECENNIO 1990-2000

In questi anni l'organizzazione economica mondiale subisce rilevanti revisioni sulla spinta dei traguardi tecnologici raggiunti nei vari settori dell'economia. Questi concorrono ad una contrazione spazio-temporale che sposta le relazioni economiche ad una scala sovra nazionale. Le produzioni subi-

scono, così, una riorganizzazione spaziale che prescinde dai confini nazionali, verso una graduale scomposizione dei processi. Le singole economie procedono verso una totale *internazionalizzazione* attraverso trasferimenti di fattori, di capitali, di *know how* e di modelli di consumo da una parte all'altra del pianeta. Il nuovo processo economico basato sulla *globalizzazione* induce il superamento delle formazioni economiche nazionali, negli ultimi anni quasi esclusivamente basate su un modello di produzione e consumo di tipo *fordista*. Questo modello oltre a prevedere una precisa organizzazione spaziale della produzione, con l'industria localizzata nelle aree urbane e la produzione primaria nelle aree rurali, determinava un mercato di prodotti indifferenziati destinati a soddisfare i bisogni della massa di residenti nelle città. In conseguenza del superamento di questo tipo di organizzazione si creano nuovi rapporti territoriali, che superano la *scissione* urbano rurale in favore di una maggiore integrazione e di un miglior equilibrio nella distribuzione spaziale di attività economiche e residenti. Il territorio rurale non è più esclusivamente recepito come agricolo, ma come un luogo di interazione tra forme economiche sociali e culturali sfuggite all'azione omologante della società industriale, caratteristiche di diversificati percorsi di sviluppo rurale. Questo fenomeno, unitamente all'allargamento dei mercati, genera fra l'altro una spinta graduale verso forme di produzione diverse, fortemente legate ai territori di origine e prevalentemente basate sulle caratteristiche di qualità piuttosto che sulle rese unitarie. Agricoltura, artigianato e piccola industria concorrono a definire percorsi di sviluppo rurali fortemente legati alle caratteristiche del territorio ed alle risorse endogene. Nelle aree marginali lo sviluppo rurale diviene il motore di un processo economico che vede l'agricoltura uscire dal ruolo subordinato all'industria, per divenire elemento caratteristico e di valorizzazione dell'intero tessuto economico locale. L'agricoltura comincia ad integrare la propria natura territoriale e *localista* con le nuove istanze frutto della globalizzazione e delle evoluzioni interne alla comunità. In questi anni la Politica Agricola Comunitaria è, infatti, fortemente interessata dai processi di trasformazione in atto nello scenario economico internazionale, che spingono verso una revisione integrale delle politiche economiche in Europa. Questo risulta essere il decennio dei grandi cambiamenti della politica agricola comunitaria, le cui radici e le cui cause sono già state introdotte nel capitolo precedente. Con la riforma Mc Sharry si attua un sostanziale cambiamento nella filosofia di erogazione degli aiuti comunitari all'agricoltura. Il passaggio dall'aiuto alla produzione incorporato nei prezzi all'aiuto ad ettaro determinato sulla base della superficie coltivata, insie-

me ai regolamenti comunitari 2078 e 2080/92, determinano la riduzione dell'intensità colturale in molte aree del Paese, se non la diffusione del set aside e dell'arboricoltura da legno nelle aree meno produttive.

Allo stesso tempo gli interventi sulle politiche strutturali puntano sempre più all'attivazione di processi di sviluppo rurale su base territoriale, anche se le risorse disponibili per queste tipologie di interventi continuano a rimanere modeste. Inoltre le evoluzioni in atto nello scenario europeo ed extraeuropeo spingono ad una profonda revisione dei rapporti instauratisi fin dai primi anni dell'Unione, fra il settore agricolo e gli altri settori economici.

C'è crescente consapevolezza che l'ambito internazionale nel quale l'agricoltura italiana dovrà trovare un proprio spazio sia, infatti, quello di mercati sempre più globali, nei quali le tariffe e le altre barriere commerciali verranno necessariamente ridotte, e l'azione dei pubblici poteri si concentrerà solo sulle politiche considerate non distorsive della produzione e degli scambi.

Il settore agricolo italiano affronta questi importanti cambiamenti con una struttura ancora fortemente caratterizzata da quegli elementi storici che ne hanno condizionato l'evoluzione.

La continua pressione che il settore ha subito verso una totale riorganizzazione non ha prodotto in Italia risultati confrontabili con il resto d'Europa. La realtà agricola italiana, fortemente diversificata al suo interno, non ha raggiunto nel complesso livelli di innovazione tecnologica e di crescita dimensionale sufficienti a sopportare la concorrenza europea in molti settori. L'importanza economica del settore nell'economia nazionale si è negli anni progressivamente ridotta. Alla fine degli anni '90 l'agricoltura contribuisce solo per il 3,3% al valore aggiunto totale nazionale ed assorbe il 7,8% della forza lavoro. I segni di recessione nel settore sono importanti, nonostante si ricorra sempre più diffusamente a strategie di diversificazione dei redditi attraverso l'integrazione nel contesto aziendale di attività di tipo agrituristico e a strategie di integrazione verticale ed orizzontale a compensazione delle inefficienze strutturali.

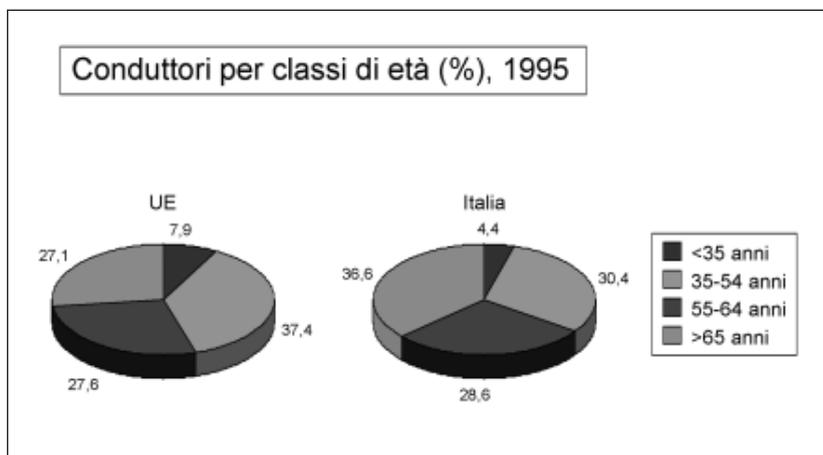
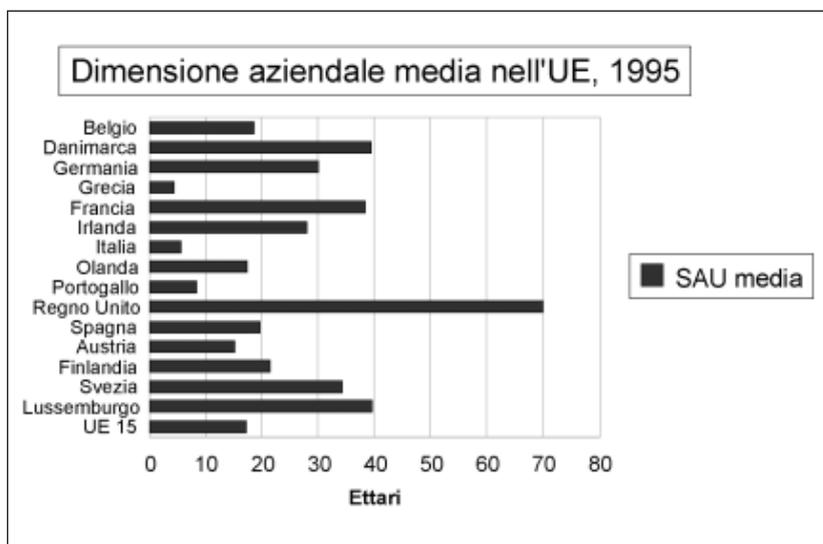
Le ripercussioni territoriali del ridimensionamento economico dell'agricoltura diventano sempre più evidenti. Dissesto idrogeologico e deturpamento paesaggistico ambientale sono solo alcune delle emergenze dovute alla riduzione dell'attività agricola. Le problematiche del settore restano tuttavia di difficile soluzione. La superficie agricola utilizzata subisce anche in questo decennio rilevanti riduzioni in tutte le province (FIG. 31). Tale fenomeno è testimonianza delle già citate difficoltà storiche del settore, ma anche degli effetti delle nuove condizioni in cui l'agricoltura si trova ad operare dopo la riforma della Pac.

Questo dato è confermato anche dall'andamento dei seminativi (FIG. 32) che dimostrano in questo decennio i più diffusi segnali di riduzione. La SAU media aziendale (FIG. 33) subisce invece un incremento generale a confermare i fenomeni di riaccorpamento fondiario che hanno ricevuto impulso sia dal fenomeno dell'abbandono del settore da parte di molti imprenditori (confermato dalla riduzione numerica delle aziende presenti sul territorio come dimostra la cartina 34), sia dal perseguimento del modello produttivistico incentivato dalle misure della vecchia Pac. Le colture legnose agrarie trovano (FIG. 35), invece, una propria dimensione economica favorevole in molti contesti agricoli nazionali dove si registrano anche importanti incrementi, nonostante la quasi totale assenza di specifici aiuti al settore. Fra gli elementi favorevoli da sottolineare in particolare la natura pedoclimatica di molte aree agricole e la bassa concorrenza europea rispetto a questi prodotti.

La riduzione delle aziende zootecniche (FIG. 36) continua con evidenza su tutto il territorio nazionale e risulta coerente con l'andamento del numero dei capi (FIG. 37). Infatti per gli allevamenti bovini non si evidenzia nessun ulteriore fenomeno di specializzazione degli allevamenti: la consistenza del bestiame è quasi ovunque in forte calo a delineare un riduzione reale della dimensione economica del comparto. Certamente non estranea a questa contrazione del settore è anche la PAC, con le ben note difficoltà di gestione di normative basate sul meccanismo delle quote in un quadro di eccedenze comunitarie. Il quadro complessivo che emerge dall'analisi dei dati provvisori del Censimento ISTAT del 2000 è quello di un settore in trasformazione, molto diversificato al suo interno, che comprende realtà estremamente evolute in alcuni settori, quali la viticoltura e la frutticoltura, e situazione di profonda debolezza che si mantengono quasi esclusivamente grazie agli aiuti comunitari.

Questa realtà diversificata ha di fatto rallentato se non impedito il processo di adeguamento strutturale alle esigenze produttive del mercato comune. L'analisi comparata dell'attuale sistema agricolo nazionale rispetto agli altri partners europei pone in questo senso vari elementi di preoccupazione. Gran parte dell'agricoltura italiana presenta un ritardo strutturale nei confronti dell'UE. Nonostante il costante impegno destinato alla riorganizzazione del settore, il sistema produttivo è ad alta intensità relativa di lavoro, elemento che, se da una parte è positivo in termini di mantenimento di forza lavoro nelle aree rurali, dall'altra indica che le innovazioni introdotte non sono state sufficienti a permettere un risparmio di manodopera e una connessa riduzione dei costi in linea con gli altri paesi europei.

La prevalenza delle piccole aziende, con limitato sfruttamento delle economie di scala, e l'età avanzata degli imprenditori agrari sono altri segni di debolezza, che si riflettono in una bilancia commerciale pesantemente e costantemente negativa.



Tuttavia possono essere evidenziati alcuni elementi di favore di cui può beneficiare l'agricoltura italiana in relazione all'andamento del mercato di prodotti alimentari.

La crescente attenzione alle produzioni fresche e di qualità e la promozione dell'insegna rivalutano il ruolo della produzione agricola e la professionalità dei produttori. Si tratta di una competizione non fondata sui costi, ma sulle caratteristiche del prodotto, nella quale l'Italia gode di un vantaggio comparato. Anche per la salvaguardia ambientale il nostro Paese è in grado di ottenere ottimi risultati. Si deve allora guardare con favore ai propositi di riforma che mirano ad ottenere un rispetto più rigoroso di requisiti di carattere ambientale. Non soltanto l'Italia avrebbe meno difficoltà degli altri ad adeguarsi, ma il beneficio ecologico che deriva da un simile orientamento permetterebbe di proteggere le potenzialità agricole future.

In questo quadro l'Unione Monetaria Europea (UME), l'allargamento dell'UE ai Paesi dell'Est europeo, la liberalizzazione del mercato mondiale e Agenda 2000, rappresentano gli elementi fondamentali e estremamente problematici, su cui si giocherà il futuro dell'agricoltura italiana ed europea.

In questo complesso scenario l'agricoltura italiana può trovare nella multifunzionalità un ruolo di spicco, che congiuntamente alla produzione primaria, le permetta di fornire una serie di servizi in relazione alla tutela dell'ambiente, alla conservazione di tradizioni e know how, ed al mantenimento dei valori estetici del paesaggio rurale. Fattori di sviluppo e valorizzazione delle potenzialità turistiche e ricreative dei territori rurali, questi elementi divengono strategici nello sviluppo endogeno delle aree marginali, soprattutto in quei luoghi dove le particolari condizioni ambientali e culturali avevano impedito l'omologazione delle strutture agricole agli standards dell'Unione.

PROSPETTIVE

Per quanto finora detto, riteniamo che alcuni dei temi centrali su cui si baserà il futuro dell'agricoltura nazionale siano costituiti dal rapporto agricoltura-ambiente-territorio, anzitutto con la ricerca di soluzioni all'apparente ossimoro competitività-sostenibilità delle produzioni, ma anche con la valorizzazione delle funzioni sociali dell'agricoltura in termini di immagine e di informazione; dal coordinamento degli interventi pubblici sul territorio sia in termini di pianificazione, sia di impiego delle risorse; dallo sviluppo di

sistemi informativi e di servizi di formazione e di divulgazione a supporto dei processi decisionali pubblici e privati.

I percorsi di sviluppo che possono essere tracciati per il settore dipendono in larga misura dalle capacità disponibili per rispondere alle molteplici opportunità offerte dal mercato globale. I percorsi di sviluppo locale dovranno in questo senso assumere una prospettiva *globale*, che permetta la piena valorizzazione economica delle risorse endogene. I limiti strutturali del settore primario potranno, in un'ottica di recupero di tradizioni, produzioni ed ambienti legati alle diverse civiltà rurali, essere valorizzati e divenire argomento di sviluppo territoriale. Questi percorsi dovranno necessariamente essere definiti da un insieme di più forze: la nuova organizzazione della Pac, l'evolvere dell'economia globale, l'insieme di elementi culturali, di relazioni e di regole sociali che agiscono a livello locale.

In particolare, la nuova organizzazione della Pac con l'allargamento dell'Unione Europea a Paesi con un settore agricolo notevolmente più ampio e con prezzi molto inferiori, insieme al processo di globalizzazione economica e la stipula di accordi internazionali di libero scambio imporranno una maggiore concorrenzialità delle nostre agricolture. Su questo scenario si aprono le prospettive di una grande e profonda concorrenza poco favorevole all'agricoltura italiana, ma, d'altra parte, la crescente consapevolezza ambientale, l'esigenza di garantire la salubrità degli alimenti, l'apertura dei mercati globali per prodotti tipici e di alta qualità e la consapevolezza del ruolo delle funzioni sociali dell'agricoltura nei processi di sviluppo, definiscono un quadro in cui l'agricoltura italiana ha importanti caratteristiche di competitività.

L'Unione con Agenda 2000 fornisce il documento nel quale il passaggio a un nuovo indirizzo di politica agricola è espresso in maniera più organica e definisce l'obiettivo prioritario di favorire una maggiore competitività delle imprese verso una più elevata qualità di prodotto all'interno di una politica di sviluppo rurale che comprende la promozione di un'agricoltura sostenibile, volta al rispetto dell'ambiente e alla salubrità dei prodotti. I cambiamenti nelle linee direttrici generali sono senz'altro considerevoli e si potranno tradurre in vari strumenti operativi innovativi, fra cui le forme di retribuzione della multifunzionalità dell'agricoltura saranno un elemento determinante. Come il settore agricolo risponderà a queste nuove sfide è il tema su cui si giocherà il futuro dell'intero mondo rurale, senza approfondire l'analisi è comunque possibile affermare che questo nuovo scenario avrà importanti implicazioni sulla struttura delle imprese agricole e sul territorio e che insieme a elemen-

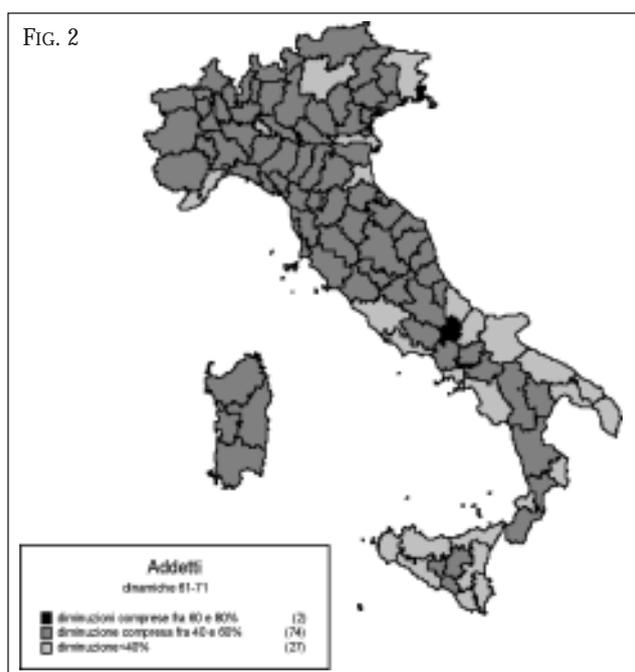
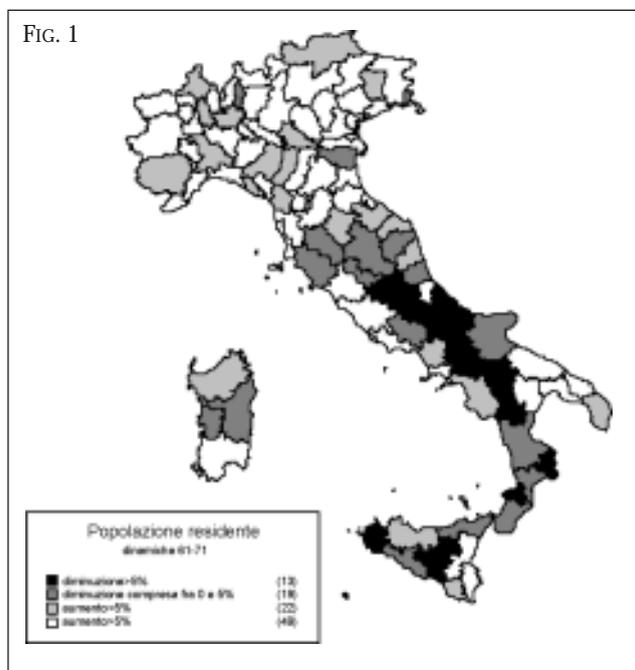
ti di difficoltà, come quelli di riduzione delle risorse disponibili, porta anche interessanti elementi positivi, come quelli di una maggiore attenzione alle funzioni sociali dell'agricoltura e alla qualità e tipicità dei prodotti.

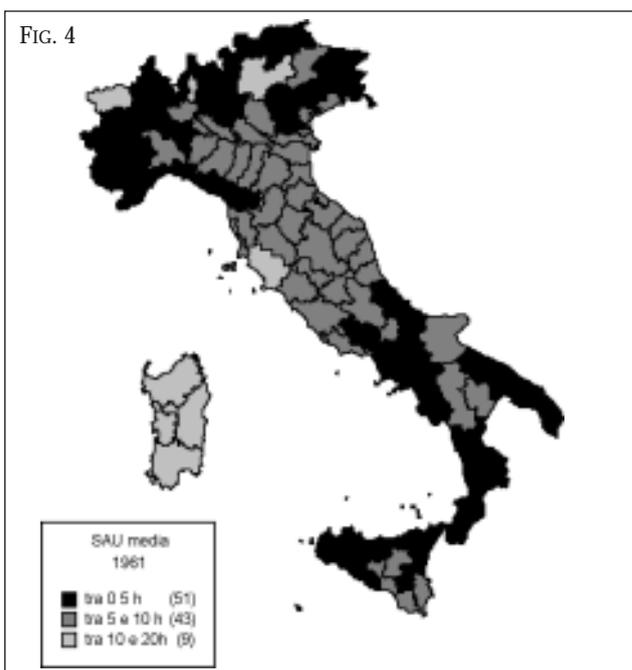
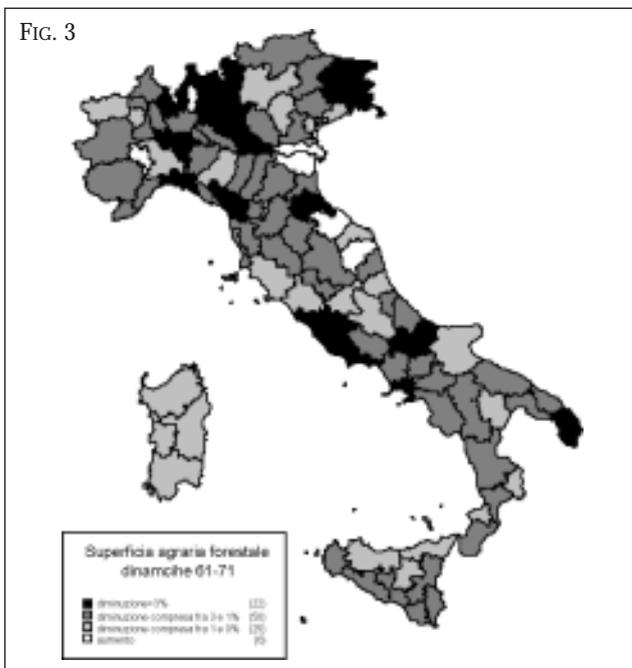
Il principio guida che riteniamo possa costituire la base per la valorizzazione del rapporto agricoltura-territorio può essere sintetizzato nel concetto di *sviluppo sostenibile endogeno diffuso*. Il termine *sviluppo sostenibile*, come già illustrato, è ormai un punto fondamentale dei processi di sviluppo economico, in senso lato. Il problema è come attuarlo nelle diverse realtà e più specificamente come rendere concreti i principi di compatibilità economico-ambientale e di equità intra ed intergenerazionale su cui si fonda. Nella specifica realtà italiana riteniamo che uno sviluppo sostenibile per le aree rurali possa avvenire solo, o principalmente, attraverso processi basati sulla valorizzazione della enorme ricchezza di risorse naturali, culturali e sociali intrinsecamente legate alle diverse realtà rurali italiane. Quindi non uno sviluppo derivato da pochi grandi poli urbani, né uno sviluppo generato dall'esterno delle singole realtà rurali, ma uno sviluppo che trova negli equilibri socio-economico-ambientali locali, il punto di forza per produrre innovazioni (nuovi modi e tipi di "produzione", nuovi rapporti sociali, nuove "istituzioni", ecc.) e quindi benessere più elevato. Gli elementi chiave per il successo di tale modello di sviluppo sono pertanto rappresentati dalle risorse naturali ed umane presenti ed è quindi su di essi che si deve concentrare l'attività di indirizzo pubblico.

Inoltre il principio di uno sviluppo territoriale diffuso, implicando anche una trattazione integrata tra area urbana e spazio rurale, consentirà di affrontare adeguatamente le relazioni funzionali e fisiologiche che tra queste intercorrono e gli aspetti di assetto territoriale delle aree ibride intermedie. Per queste ultime zone in particolare, che presentano i massimi attriti estetici e funzionali, è necessario pensare a specifiche regolamentazioni, come ad esempio attuato nelle così dette "*green belts*" inglesi. Nella gestione delle relazioni tra territorio urbano e rurale va posta particolare attenzione all'agricoltura, come componente fondamentale nell'equilibrio ambientale ed estetico dei vari sistemi. L'agricoltura è l'attività attraverso la quale maggiormente si estrinseca il rapporto tra l'uomo ed il suo territorio. L'agricoltura e le altre attività del primario risultano molto importanti nella gestione del territorio e, insieme al turismo, rappresentano le componenti economiche basilari per uno sviluppo sostenibile nelle aree rurali. In questo senso si deve tener presente che se da un lato l'agricoltura svolge molteplici funzioni socialmente rilevanti, tanto che la produzione di beni tende a perdere d'importanza a favore delle

funzioni di prestazione di servizi paesaggistici, di difesa idrogeologica, ecc. non si deve però dimenticare come essa sia un'attività economica e come, pertanto, la sua esistenza dipenda da condizioni soddisfacenti di redditività. Quindi il perseguimento di obiettivi di ampliamento delle funzioni non di mercato dell'agricoltura a danno di quelle produttive tradizionali (le uniche direttamente apprezzate dal mercato) deve prevedere forme di pagamento per i nuovi servizi prodotti.

L'intervento pubblico in questo settore deve pertanto essere finalizzato a favorire le diverse vocazioni locali, operando principalmente secondo queste direttrici: compensare la produzione di servizi senza mercato privilegiando il ricorso a strumenti di programmazione negoziata; indirizzare i processi di sviluppo prioritariamente con incentivi e con la responsabilizzazione delle popolazioni locali e solo subordinatamente con strutture vincolistiche; realizzare le condizioni in termini istituzionali ed infrastrutturali affinché nelle diverse aree rurali siano conseguibili livelli di benessere (anche su basi alternative al benessere "urbano") tali da permettere il mantenimento e la crescita delle forze imprenditoriali.





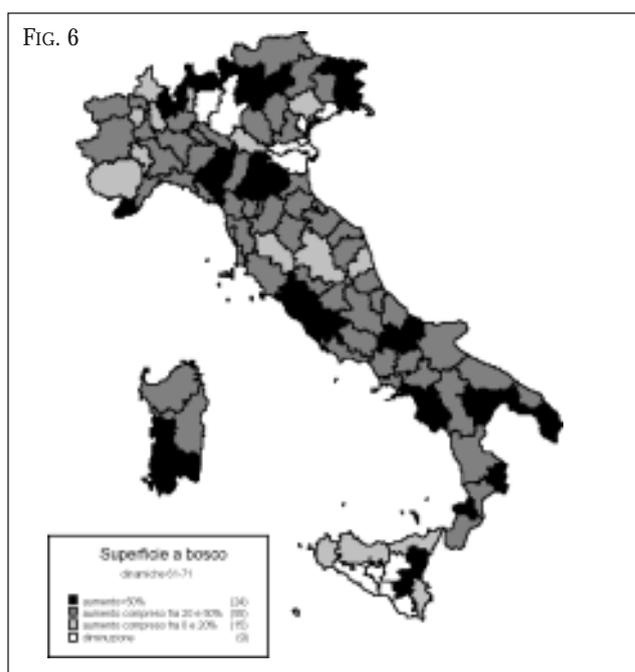
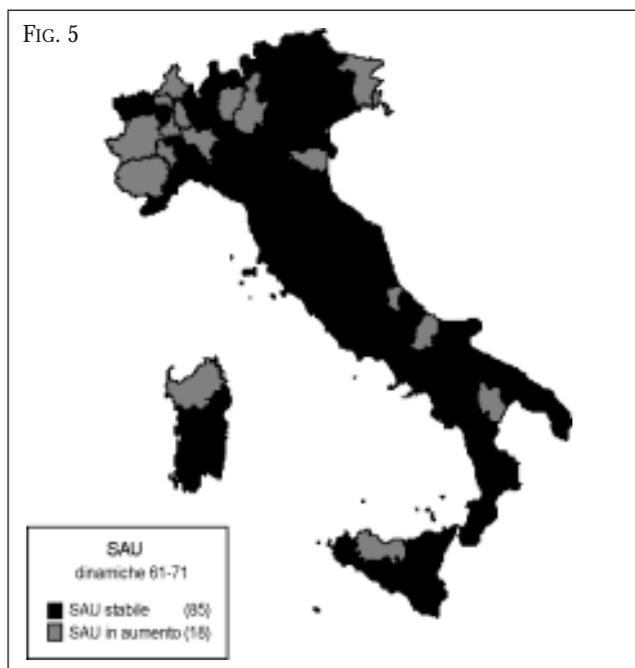


FIG. 7

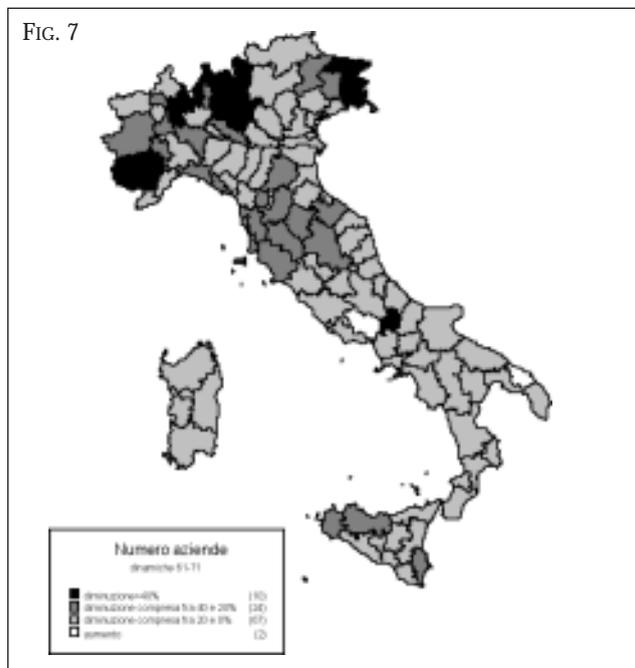


FIG. 8

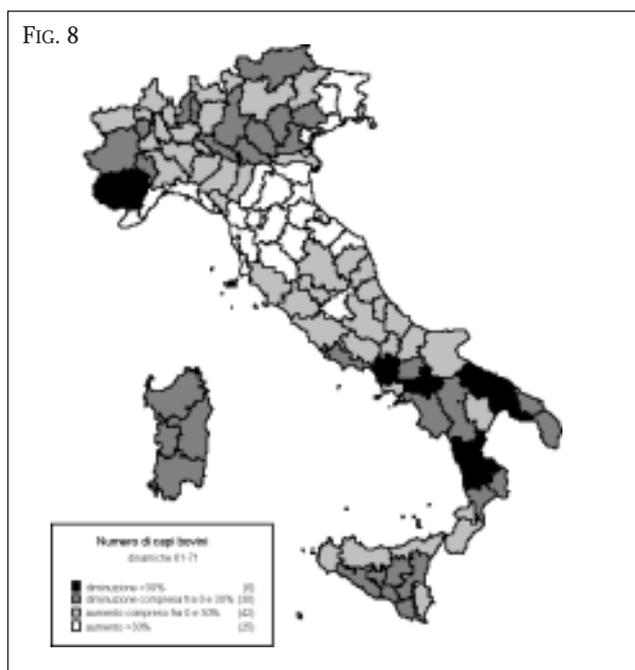


FIG. 9

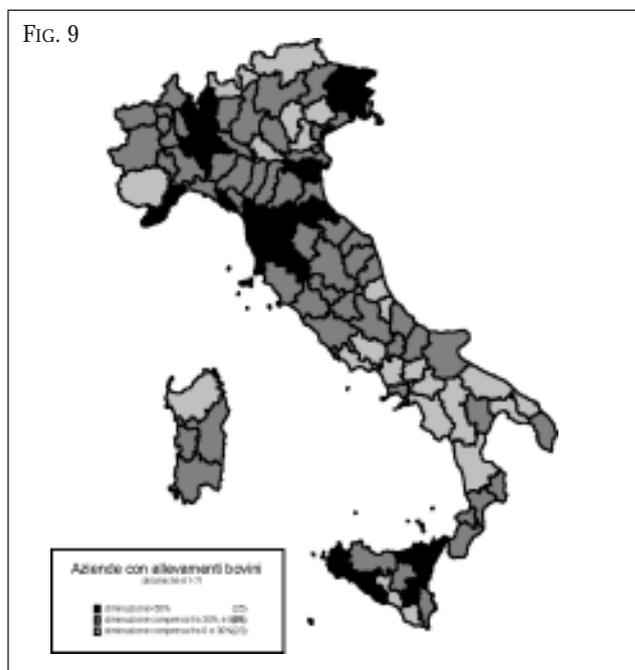


FIG. 10

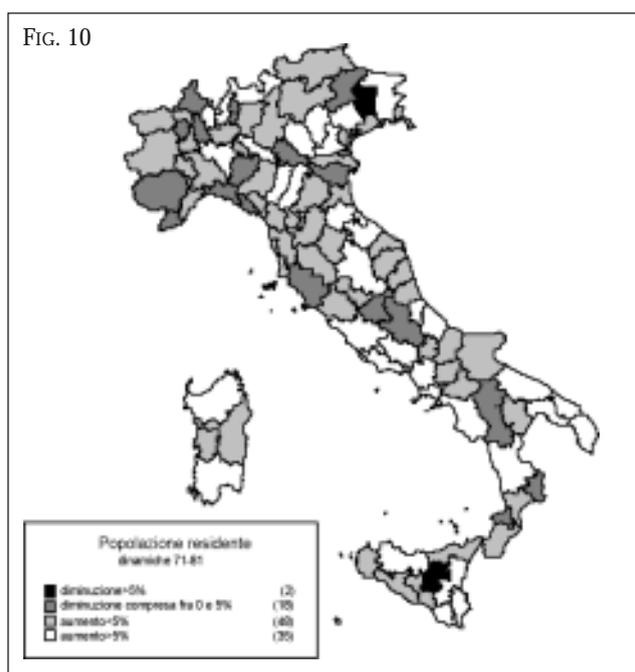


FIG. 11

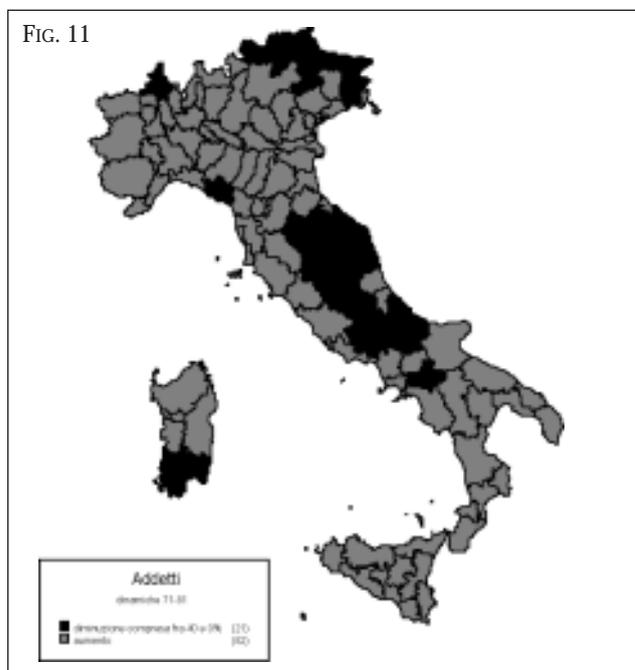


FIG. 12

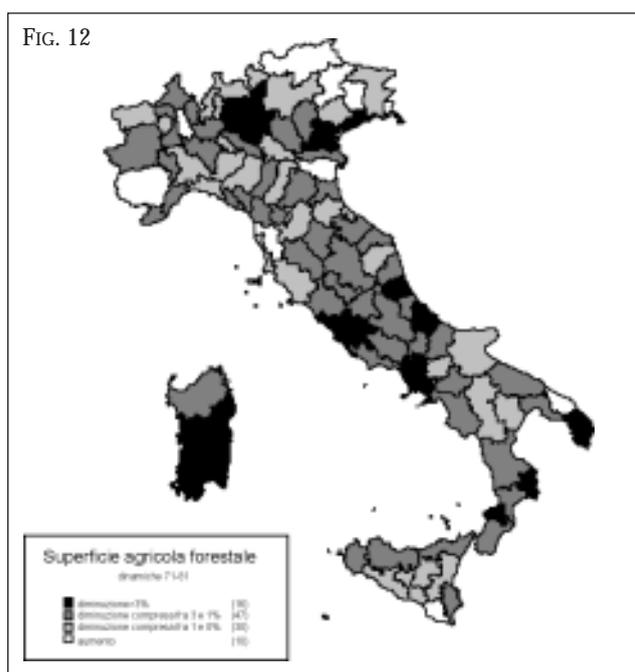


FIG. 13

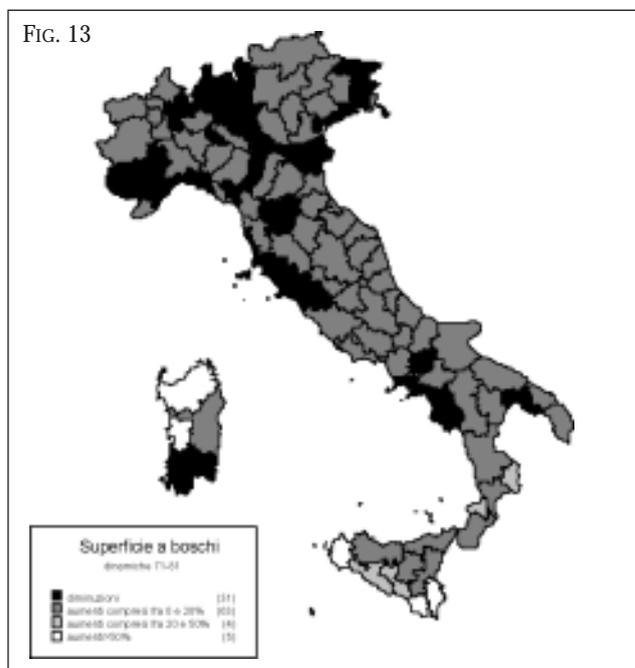


FIG. 14

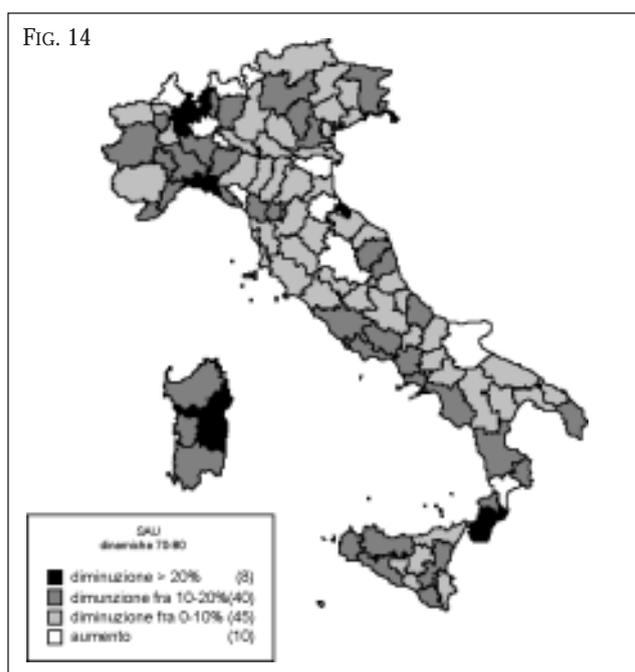


FIG. 15

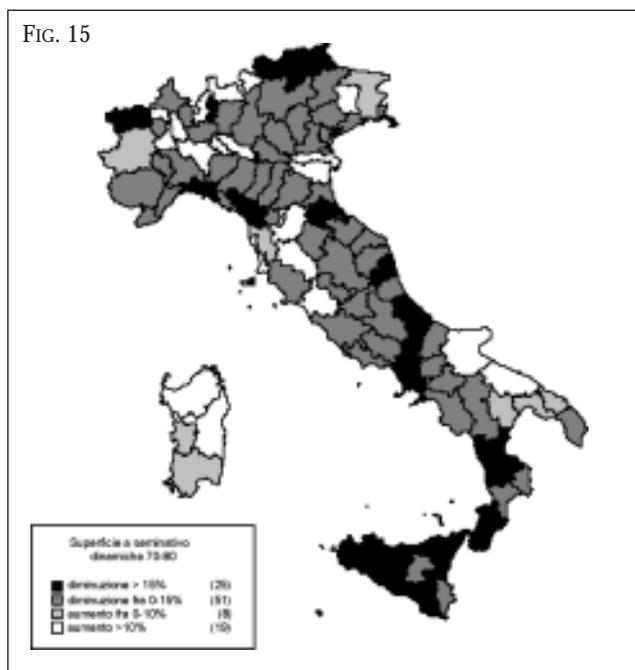


FIG. 16

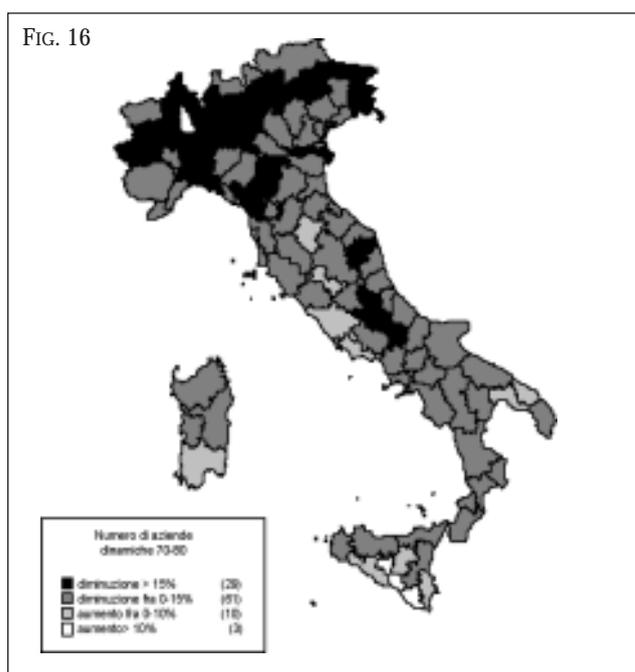


FIG. 17

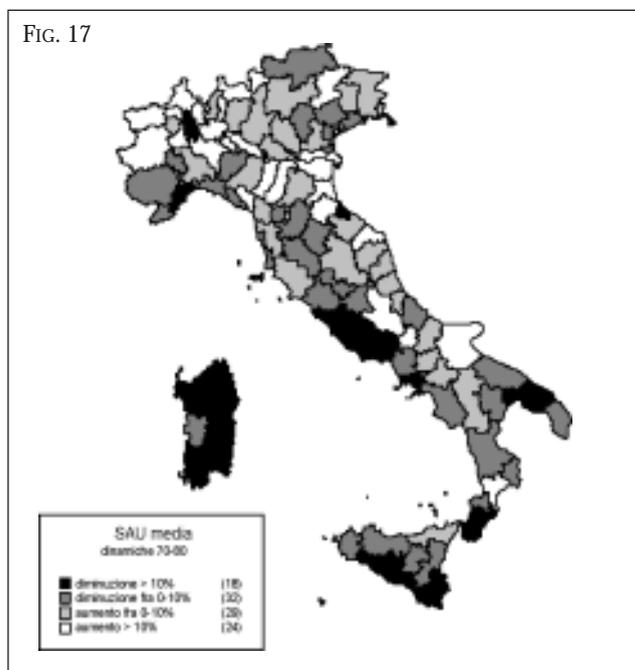


FIG. 18

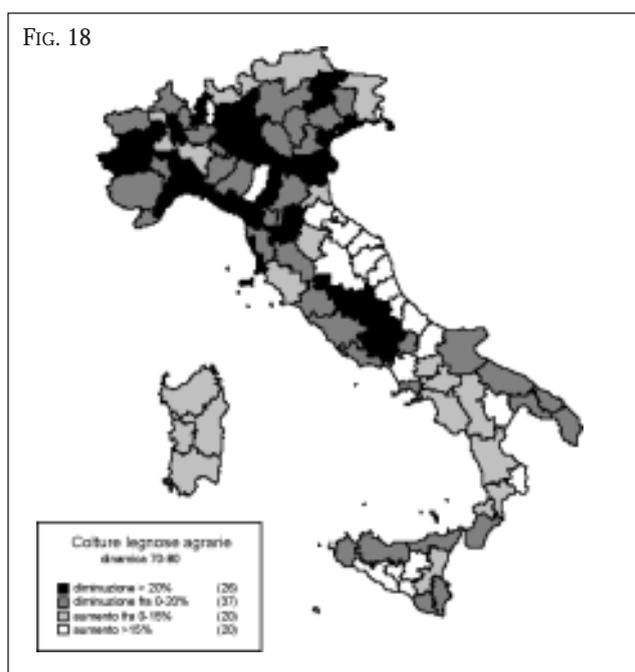


FIG. 19

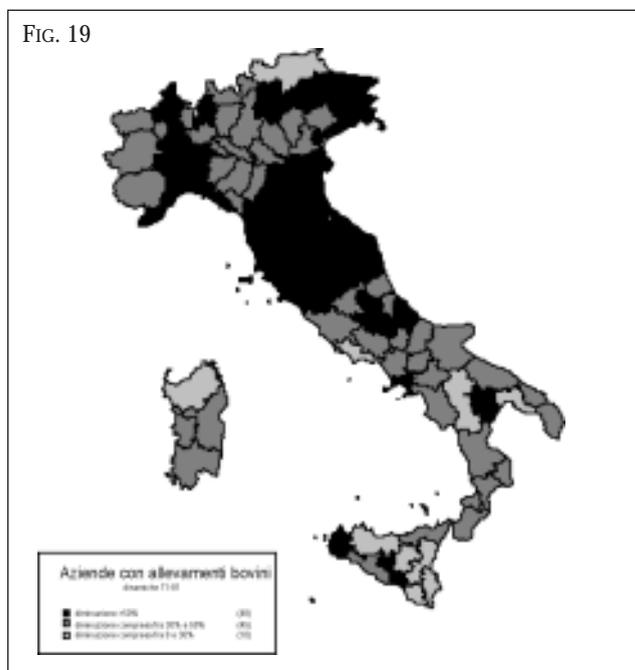


FIG. 20

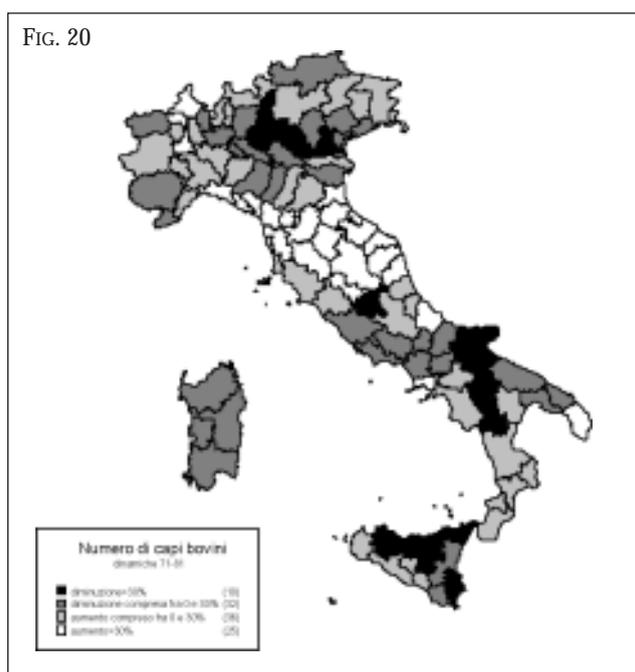


FIG. 21

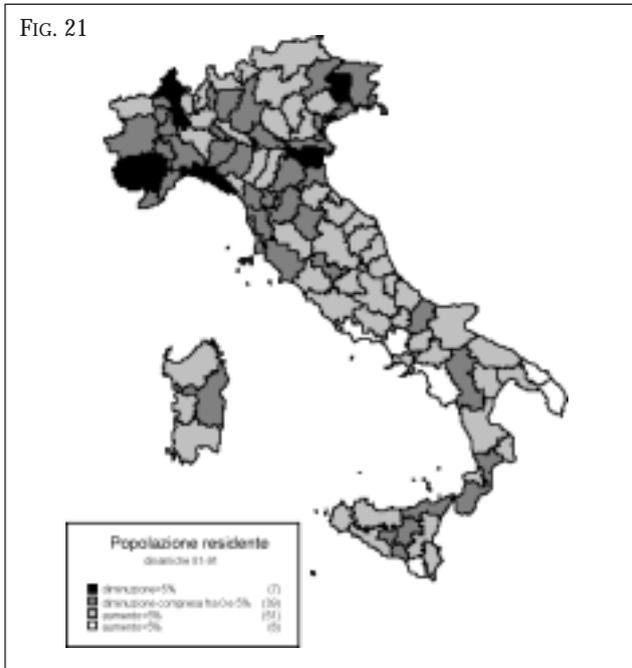


FIG. 22

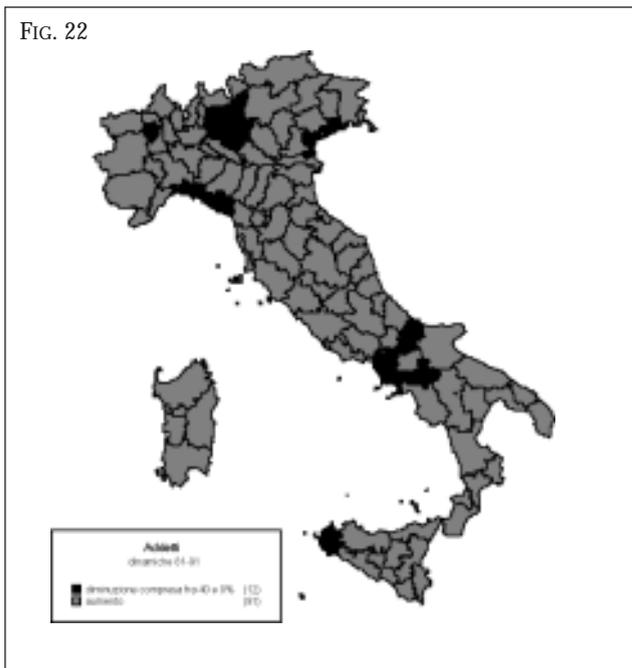


FIG. 23

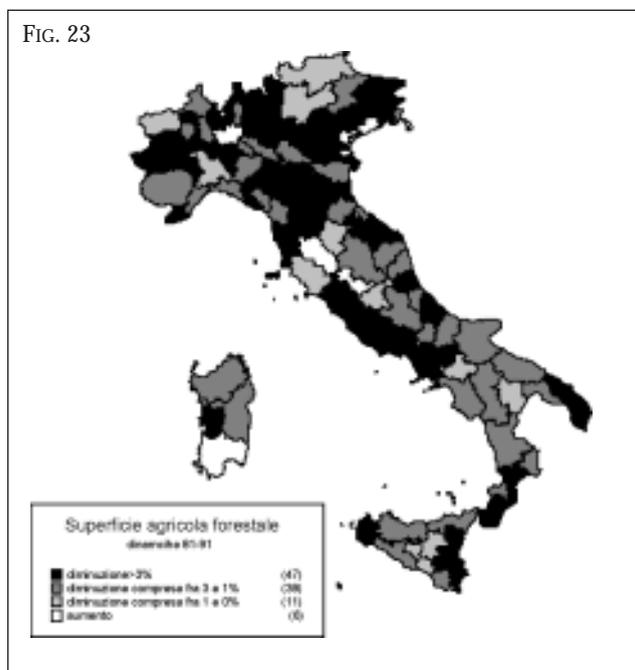


FIG. 24

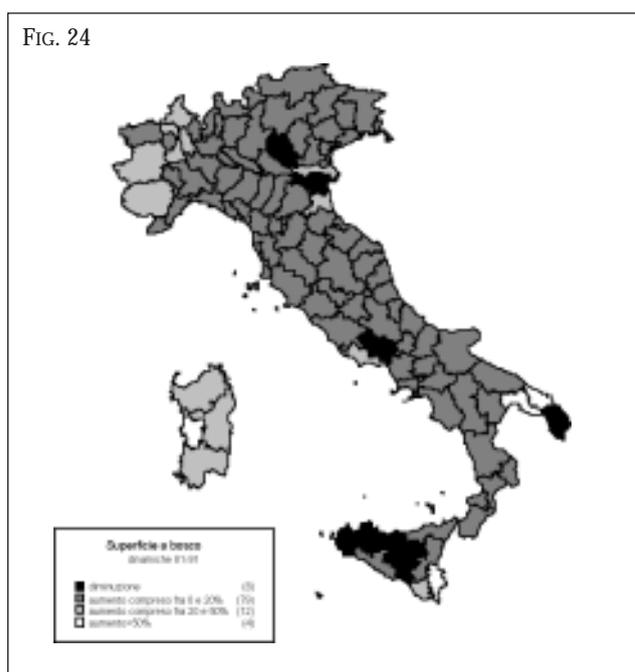


FIG. 25

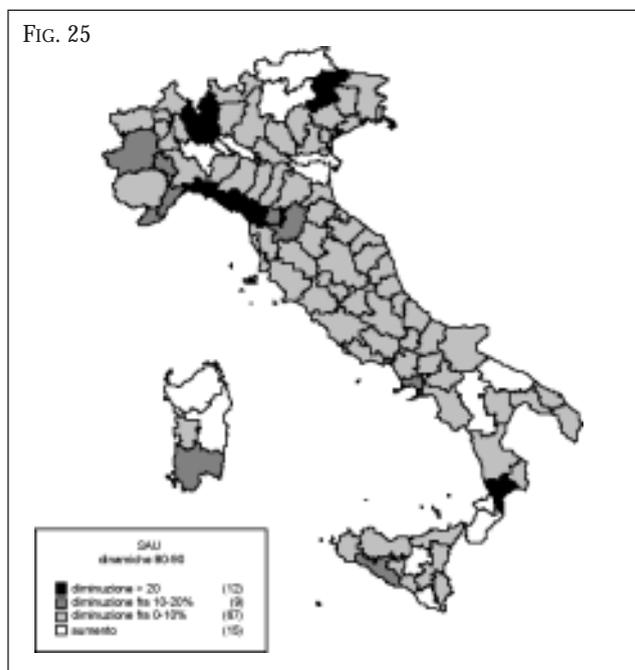


FIG. 26

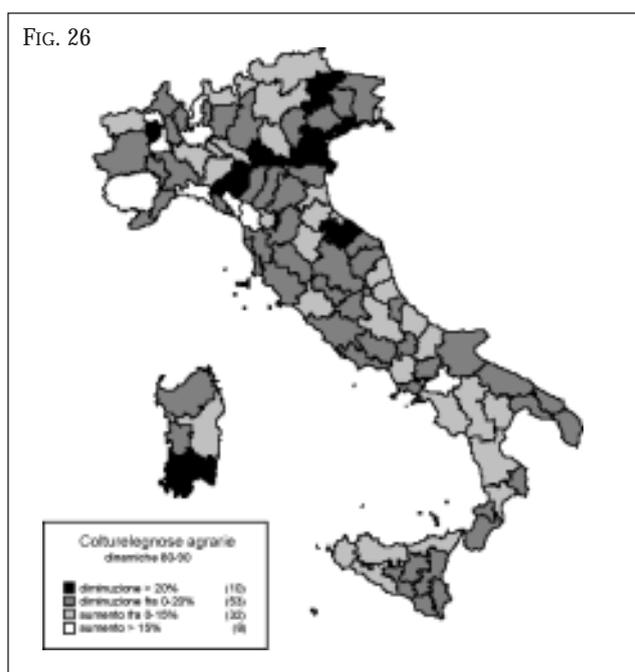


FIG. 27

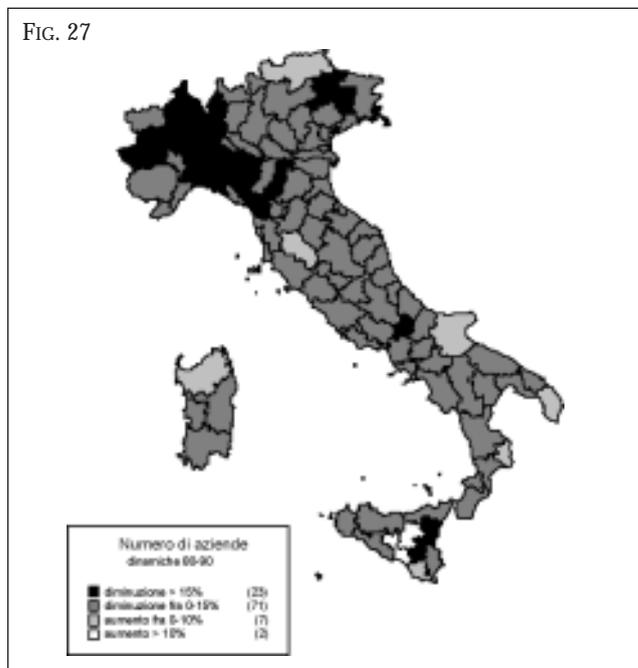


FIG. 28

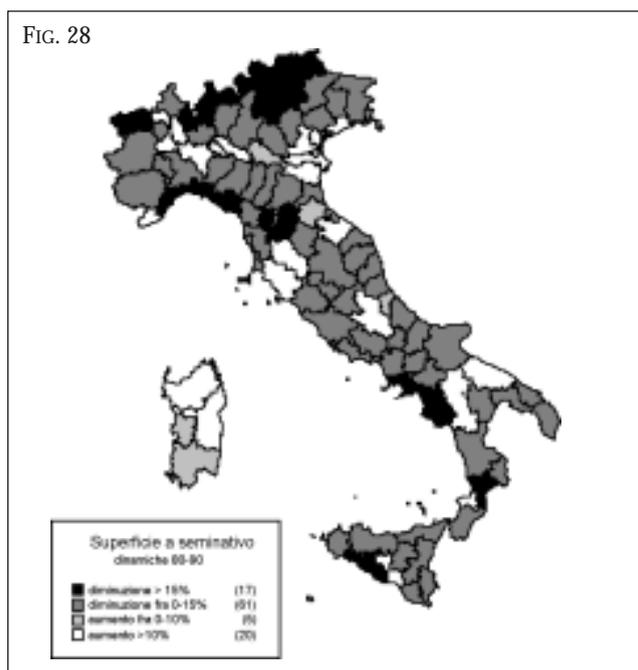


FIG. 29

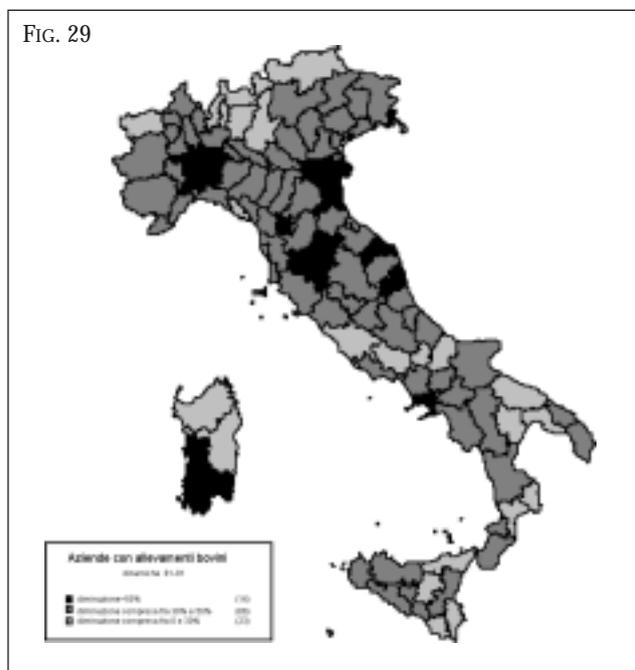


FIG. 30

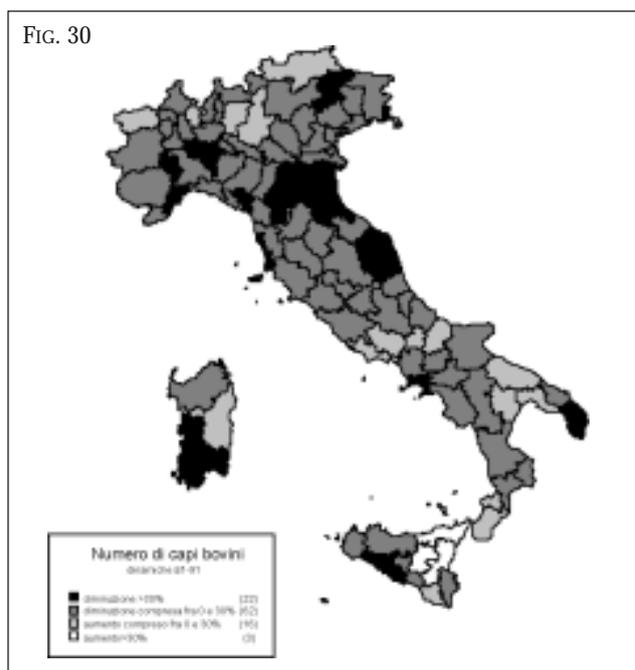


FIG. 31

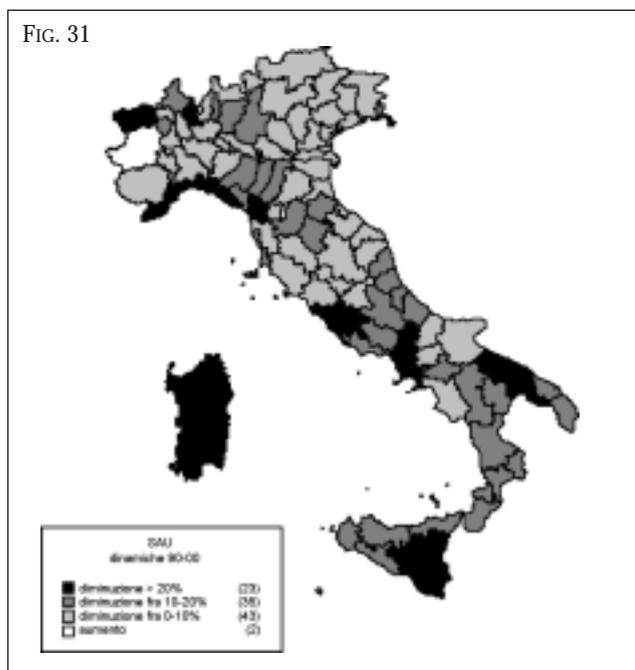


FIG. 32

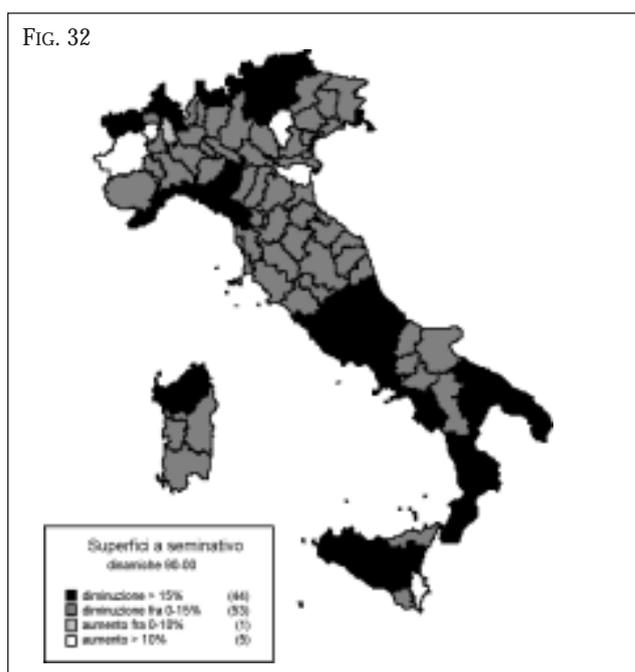


FIG. 33

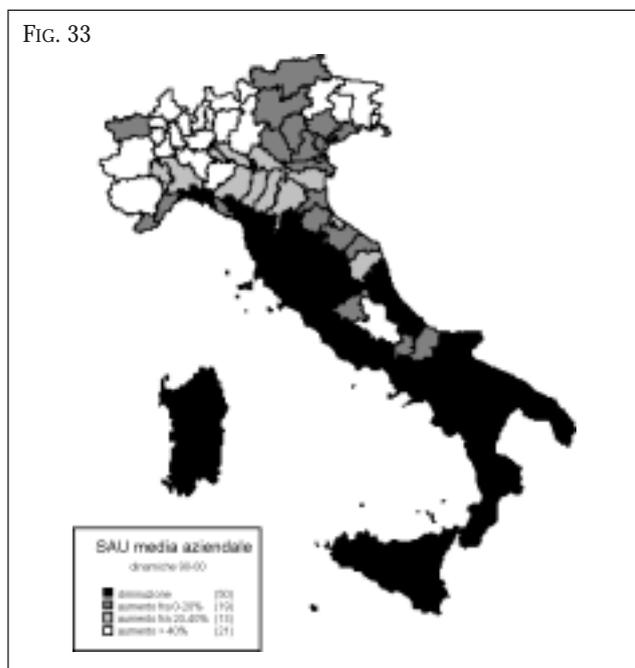


FIG. 34

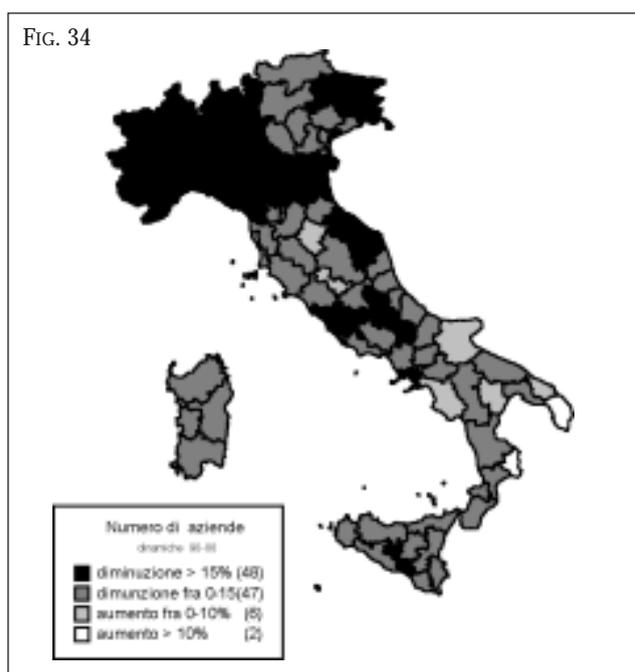


FIG. 35

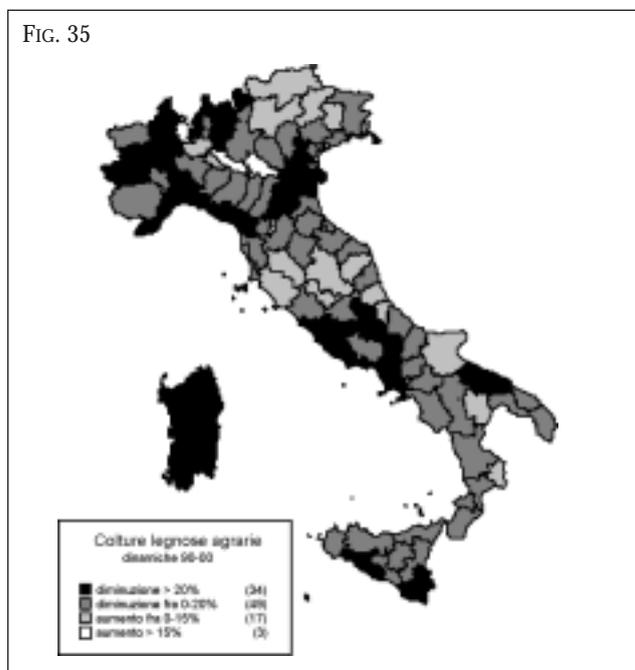


FIG. 36

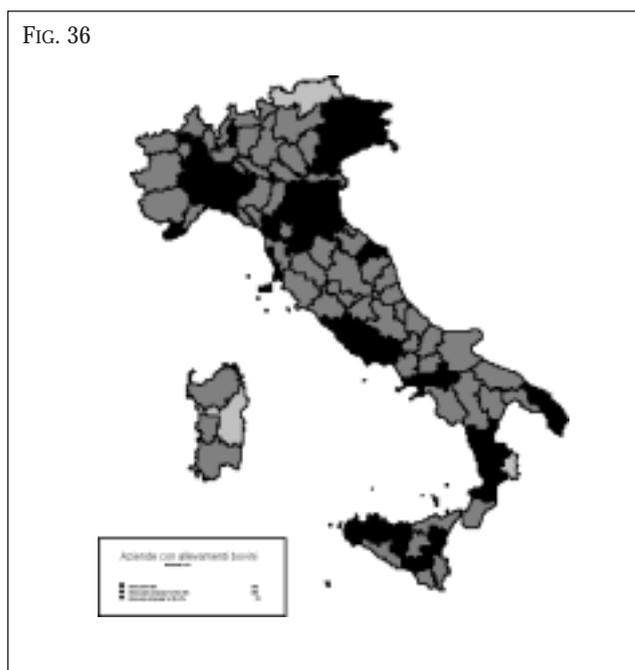
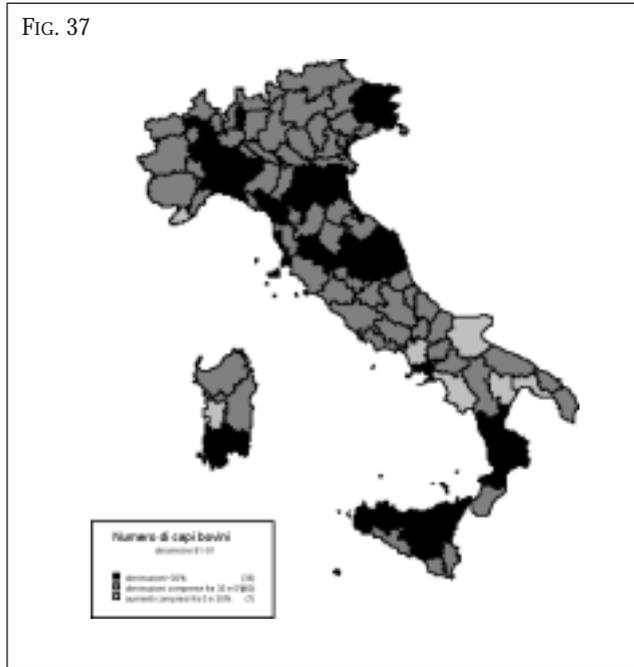


FIG. 37



BIBLIOGRAFIA

- AA.VV., *Le strutture fondiarie ed agrarie*, Atti del II Convegno di Studi Sidea, Bologna, 1964.
- AIELLO C., *Esodo agricolo e ristrutturazione fondiaria in Italia*, «Rivista di economia agraria» 1968, XXIII (3), pp. 163-181.
- BARBERO G., *Produttività e progresso tecnico nell'agricoltura italiana, 1961-1970*, «Rivista di economia agraria» 1974, XXIX (1), pp. 55-95.
- BARBERO G., *Dei dati censuali (1971-1981)*, «Rivista di economia agraria» 1988, XLIII (4), pp. 597-619.
- CALAMITA E., *Un caso di riordinamento fondiario in zona di riforma*, «Rivista di economia agraria» 1958, XIII (4), pp. 603-621.
- DI COCCO E., *Aspetti della senilizzazione agricola in Italia 1951-1971*, «Rivista di economia agraria» 1977, XXXII (3), pp. 547-569.
- FANFANI R., *Lo sviluppo della politica agricola comunitaria*, Roma, 1990.
- INSOR, *La riforma Fondiaria trent'anni dopo*, Milano, 1979.
- La struttura produttiva agricola: analisi, rilevazione, evoluzione*, a cura di A. Panettoni, Atti del XXII convegno di studi Sidea, Bari, 1985
- Trasformazioni d'uso del suolo agricolo*, a cura di U. Maggioli, Milano, 1991.
- Nuove prospettive per uno sviluppo sostenibile del territorio*, a cura di L. Casini, Firenze, 2000.
- ISTAT, *Censimento Generale dell'Agricoltura*, Roma, 1960, 1970, 1980, 1990.
- ISTAT, *Censimento della Popolazione e delle Abitazioni*, Roma, 1960, 1970, 1980, 1990.
- MARINELLI A., SABBATINI M., TURRI E., *Le tipologie delle aziende agricole italiane tra professionalità e accessorieta*, «Rivista di economia agraria» 1998, LIII (3), p. 315.
- MEDICI G., *La distribuzione della proprietà terriera privata in Italia*, «Rivista di economia agraria» 1948, III (4), pp. 491-513.
- MEDICI G., *La nuova bonifica*, «Rivista di economia agraria» 1970, XXV (6), pp. 3-6.
- SERPIERI A., *Imprese contadine e non contadine nell'agricoltura italiana*, «Rivista di economia agraria» 1951, VI (1), pp. 71-82.
- TOFANI M., *Interventi per il riordino delle proprietà fondiarie frammentate e polverizzate*, «Rivista di economia agraria» 1966, XX (1), pp. 60-64.
- VELLANTE S., *Cambiamento tecnologico ed effetti sull'organizzazione dell'impresa agricola*, «Rivista di economia agraria» 1983, XXXVIII(4), pp. 685-715.

AUGUSTO MARINELLI

POLITICA AGRICOLA NAZIONALE, COMUNITARIA E GLOBALE

L'evoluzione della politica agricola nazionale dal dopoguerra ad oggi è stata influenzata da profondi mutamenti che hanno interessato sia il quadro istituzionale preposto al governo dell'agricoltura, sia gli approcci politici e programmatici ad essa rivolti. A livello istituzionale le novità principali sono da ricercarsi nella costituzione della Comunità Europea e delle Regioni a statuto ordinario: fenomeni per certi versi contrastanti in termini di tendenze di decentramento delle competenze in materia di agricoltura, ma accomunati dal fatto di avere individuato nel settore primario l'ambito in cui sarebbero state minori le pressioni avverse ad una riduzione della sovranità nazionale in materia, sia in favore di un potere sovranazionale, sia di una maggiore autonomia delle Amministrazioni regionali.

Nel presente contributo, attraverso l'esame di taluni provvedimenti maggiormente significativi, verranno delineate le principali tappe dell'evoluzione politica comunitaria, nazionale e regionale, evidenziando il passaggio da un modello di sviluppo agricolo a quello di sviluppo rurale sostenibile, con la crescente affermazione del ruolo polifunzionale delle risorse agricole in uno scenario di globalizzazione dei mercati contrapposto alla riscoperta dei valori locali.

IL DOPOGUERRA E GLI ANNI CINQUANTA

Nel quadro del complessivo processo di ricostruzione post bellica del nostro Paese, venne definito per l'agricoltura un programma nazionale molto impegnativo, con ambiziosi progetti di carattere strutturale rivolti ad un comparto che, concorrendo per oltre il 45% al PIL nazionale, rappresentava ancora l'elemento portante dell'intera economia nazionale.

Come era già accaduto dopo il primo conflitto mondiale, anche all'indomani della seconda guerra mondiale si rese necessario porre rimedio ai

danni materiali prodotti dalla guerra, sia in termini di capitali, sia di risorse umane. Tale operazione in parte confluì nell'intensa opera di bonifica dell'epoca che, tra il 1945 e il 1950, interessò per oltre un terzo opere di ripristino dei danni conseguenti agli eventi bellici.

Inoltre, come all'indomani del primo conflitto, si ripresentò l'esigenza di rispondere alle aspettative delle maestranze agricole che reclamavano la «terra ai contadini», ossia la formazione di una più ampia rappresentanza di proprietari coltivatori, soprattutto rivolta al recupero delle terre incolte demaniali e quelle private insufficientemente coltivate. L'ambizione di una proprietà contadina era sinonimo di affrancamento da condizioni di lavoro che nel settore erano tanto più ingrate quanto minori erano i legami tra manodopera e fondo.

Nel 1948, mentre la Federconsorzi veniva autorizzata a svolgere attività di credito agrario in natura, ebbero origine alcune disposizioni per la formazione della proprietà coltivatrice. In tali provvedimenti il generale intento di favorire la costituzione di una più ampia rappresentanza di coltivatori diretti era associato ad una particolare attenzione ai soggetti che intendevano operare in aree montane o in contesti da colonizzare. Con lo stesso intento venne costituita la Cassa per la Formazione della Piccola Proprietà Coltivatrice, la quale doveva procedere all'acquisto di terreni che, riuniti in idonee maglie poderali, dovevano poi essere ceduti a singoli agricoltori o associati.

Questa politica strutturale dell'epoca, intenta a dare una risposta alla «fame» di terra da parte dei contadini, rappresentò anche il tentativo di porre rimedio a certe forme «patologiche» di proprietà fondiaria. Tali problematiche furono messe in evidenza nel 1948 da una ricerca che Giuseppe Medici condusse per l'Istituto Nazionale di Economia Agraria. I risultati dell'indagine condotta evidenziarono, quantificandole puntualmente per la prima volta, le problematiche di un sistema produttivo agricolo costituito da una categoria imprenditoriale resa estremamente eterogenea dalla notevole differenza di dimensione dei fondi aziendali. Sui circa dieci milioni di imprese proprietarie, circa il 50% risultava svolgere la propria attività su di una superficie inferiore a 0,5 ettari. Erano invece oltre l'80% le imprese con una superficie media aziendale inferiore ai 2 ettari.

Fu questa l'epoca in cui, oltre ad evidenziarsi le patologie di un latifondo scarsamente produttivo, fu sottolineata la contrapposizione tra piccole e grandi imprese, con tutte le difficoltà di gestione di questo «dualismo strutturale» a fronte di una logica, nettamente dominate in quell'epoca, che individuava per il settore un unico disegno evolutivo.

Fu comunque solo nel 1950 che le esigenze di intervenire sulla struttura dei fondi presero corpo in un progetto di riforma agraria che storicamente può farsi coincidere con il varo della Legge Sila: lo strumento era quello dell'esproprio che doveva colpire il latifondo scarsamente produttivo, riducendolo in proprietà di dimensioni minori in cui potesse essere più probabile il conseguimento di una più efficiente combinazione tra i diversi fattori della produzione.

Un altro intervento di particolare importanza dell'epoca fu la Legge Fanfani del 1952, per la fornitura di capitali finalizzati ad incentivare la meccanizzazione e le opere fondiari per l'irrigazione e le costruzioni rurali. La legge, che prevedeva anticipazioni in conto capitale e tassi agevolati, riscosse un successo tale da divenire il provvedimento di maggior rilievo dell'epoca post bellica. Il successo di tale provvedimento è da individuarsi soprattutto nella coincidente fase di forte progresso tecnico nella meccanizzazione dei processi produttivi di pieno campo: la macchina che sostituiva il lavoro umano e animale migliorava la produttività del lavoro e dello stesso fondo, producendo benefici in termini di qualità di vita del contadino, sia migliorandone i livelli di reddito, sia sollevandolo dalle fatiche di un tempo.

Nella politica nazionale degli anni '50, oltre ai generalizzati problemi di complessivo rinnovamento strutturale, le politiche di sviluppo agricolo si intrecciarono con specifiche problematiche di portata territoriale legate alle condizioni di svantaggio del Mezzogiorno e della montagna che condussero a specifici provvedimenti. Nel '50 fu costituita la Cassa per il Mezzogiorno con la quale lo Stato di allora espresse la consapevolezza di una particolare condizione di arretratezza geografica non riconducibile ai fatti dell'epoca. Con la legge 911 del 1952 venne invece affrontato il problema della montagna, dando riposta ad una popolazione, allora ben più significativa di quella odierna, che viveva in condizioni di estremo disagio tanto in termini di esclusione sociale che di successo economico delle attività produttive. Con tale legge si prevedevano opere di carattere infrastrutturale specificatamente rivolte al contenimento e/o risanamento di tali condizioni di disagio.

Gli anni Cinquanta rappresentano per l'agricoltura italiana un momento importante anche per la nascita della Comunità Economica Europea, sancita con il Trattato di Roma del 25 marzo 1957.

Per comprendere l'evoluzione della Politica Agricola Comunitaria, così come brevemente verrà di seguito descritta, è fondamentale esaminare alcu-

ni aspetti che sono alla base dell'atto costitutivo della Comunità Economica Europea. Innanzi tutto deve essere ricordato il fatto che l'agricoltura fu posta al centro dell'atto costitutivo della Comunità in quanto altre tematiche, come quelle promosse con il mercato comune del carbone e dell'acciaio (CECA), si erano rivelate particolarmente inadeguate, ponendo in evidenza tutti i timori per una perdita della piena sovranità nazionale. Il settore agricolo apparve subito come il soggetto più idoneo per avviare un dialogo sovranazionale, con il quale mettere a punto le istituzioni e i meccanismi di un organismo di governo europeo.

Il compito principale della Comunità venne definito nel Trattato di Roma come quello di promuovere uno sviluppo armonioso delle attività economiche e un generico miglioramento (art. 2). Di seguito, con l'articolo 3, vennero fissate invece le azioni finalizzate al conseguimento degli obiettivi indicati nell'articolo 1, sintetizzabili in tutti quei provvedimenti in grado di ridurre al minimo gli impedimenti alla libera circolazione dei prodotti, dei servizi, delle persone, negli Stati membri. È importante considerare come l'articolo 2, nell'indicare il Mercato Comune come strumento per il conseguimento degli obiettivi sopra elencati, non definiva tale Mercato come l'obiettivo ultimo della Comunità: esso doveva rappresentare uno strumento per un'integrazione sempre maggiore dei singoli Paesi membri della Comunità.

Gli specifici indirizzi in materia di agricoltura vennero formulati nell'articolo 38, dove venivano indicati cinque obiettivi:

- aumentare la produttività dell'agricoltura;
- assicurare alle popolazioni agricole un tenore di vita accettabile;
- pervenire ad una stabilizzazione del mercato all'interno della Comunità;
- garantire un adeguato approvvigionamento dei prodotti agricoli;
- assicurare dei prezzi di acquisto dei prodotti agricoli ragionevoli.

Di fatto, tali obiettivi fotografavano una precisa situazione dell'epoca in cui in effetti le emergenze riguardanti il settore agricolo erano prioritariamente individuabili nell'esigenza di aumentare la produzione alimentare dei Paesi fondatori, garantendo nel contempo un miglioramento delle condizioni di vita degli agricoltori e dell'intera collettività.

Coerentemente con gli obiettivi di incremento della produttività del comparto agricolo fissati in ambito europeo, come già accennato, gli indirizzi politici nazionali furono rivolti sia all'espansione delle aree coltivate, sia all'intensificazione colturale delle superfici già coltivate. Mentre l'ampliamento delle aree coltivabili veniva auspicato attraverso un principale inter-

vento di carattere infrastrutturale, che rinnovava in parte gli impegni assunti in materia di bonifica, l'intensificazione produttiva delle superfici coltivate veniva perseguita attraverso i già citati interventi di riconversione del latifondo in proprietà di minori dimensioni nelle quali realizzare ordinamenti meno estensivi, ovvero un migliore equilibrio tra capitali e lavoro, innalzando anche il livello di meccanizzazione.

GLI ANNI SESSANTA

Negli anni Sessanta la politica agricola nazionale iniziò ad essere fortemente influenzata dalle prime iniziative assunte dalla Comunità Economica Europea in materia di PAC. Il tutto coincideva con una crescente esclusione dell'agricoltura dalla vita economica e sociale nazionale, in favore di una «nuova società» che, sulla scia del miracolo economico di quegli anni, concentrava le proprie energie esclusivamente nello sviluppo industriale e metropolitano. Sono questi gli anni in cui iniziarono ad evidenziarsi gli effetti dell'esodo rurale, con il quale si realizzava un processo di completo abbandono, sia in termini di dismissione della professione agricola, sia di rinuncia alla residenza rurale: il clima politico e gli orientamenti economici dell'epoca contribuirono ad inquadrare le risorse del mondo rurale come una eccezionale riserva per la crescita delle altre attività economiche, incoraggiando oltremodo la già forte propensione all'abbandono indotta dalle dure condizioni di vita dei campi, rese oltremodo pesanti da una redditività del lavoro agricolo decisamente inferiore a quella degli impieghi alternativi.

Questa fase è particolarmente importante nella storia dell'agricoltura di questi ultimi cinquant'anni in quanto segna l'inizio del declino del settore agricolo in un sistema in cui il progresso e lo sviluppo erano letti univocamente in termini di crescita economica, senza quindi destinare alcuna attenzione al fatto che le scelte di dismissione delle attività agroforestali nazionali non erano certo ideali in termini di sostenibilità ambientale e sociale. Il generale ottimismo indotto dal sorprendente sviluppo post bellico indusse ad inquadrare il declino dell'agricoltura in un positivo processo di crescita delle nuove attività produttive e dei diversi modelli di vita ad esse associate, come un importante momento di emancipazione non solo economica, ma soprattutto sociale.

Nonostante questo sensibile affievolirsi degli interessi per la «questione agraria» negli anni Sessanta non mancarono comunque delle iniziative impor-

tanti in materia di politica agricola nazionale, come i due *Piani Verdi* che, con durata quinquennale, vennero avviati rispettivamente nel 1961 e nel 1966. Il primo Piano Verde venne approvato con la legge n. 454 del 2 giugno 1961. Tale provvedimento, con il quale furono stanziati oltre 600 miliardi, rinnovava gli impegni in favore della bonifica, della meccanizzazione e dello sviluppo del settore zootecnico: il tutto favorendo anche il credito agrario. Con il secondo Piano Verde, varato con la legge n. 910 del 27 ottobre 1966, l'attenzione del legislatore si concentrò sulla promozione di interventi di miglioramento delle dotazioni aziendali e del generale livello di impiego di mezzi tecnici.

Al di là del successo che ebbero le iniziative assunte in seguito a tali finanziamenti, i *Piani Verdi* dimostrarono comunque forti limiti nel fatto di ignorare qualunque genere di progettualità legata ad un disegno di sviluppo aziendale né, tantomeno, considerare qualunque strategia programmatica settoriale e territoriale secondo la quale orientare i singoli interventi. Se quest'ultima visione era effettivamente antesignana rispetto al clima generale dell'epoca, l'idea di interventi associati ad un piano di sviluppo aziendale era già un obiettivo auspicabile, peraltro ampiamente formalizzato nelle linee di intervento di altri Paesi europei come Germania e Francia.

Sempre in questa stessa epoca fu rinnovato l'interesse per la revisione dei patti agrari curando, in particolare, le iniziative in favore della proprietà coltivatrice. La legge n. 590 del 26 maggio 1965 promuoveva mutui poliennali agevolati in favore dell'acquisto di terre, introducendo per la prima volta in modo esplicito non più tanto il criterio per la costituzione di una specifica forma di proprietà, quella contadina, quanto il raggiungimento di un'efficiente ampiezza tecnico-economica del fondo.

A livello comunitario nel frattempo andavano delineandosi le strategie d'intervento per il settore soprattutto attraverso l'affermazione di strumenti per il sostegno dei mercati, ossia tutto quell'insieme di meccanismi di garanzia dei prezzi che ancora oggi rappresentano il prevalente impegno, perlomeno finanziario, dell'Unione Europea.

Come già indicato, con il Trattato di Roma i principali obiettivi di politica agricola erano rappresentati dall'esigenza di elevare il livello di autoapprovvigionamento, garantendo un generale miglioramento delle condizioni di vita della popolazione agricola e dei prezzi di mercato (art. 39). Sia in ragione di tali obiettivi, sia per precise scelte esercitate della Comunità su

pressione di taluni Paesi membri, pur non mancando iniziative di carattere strutturale, come nel caso del Piano Mansholt per la formazione di aziende di adeguate dimensioni e con appropriate dotazioni strutturali, la PAC venne orientata principalmente su interventi di mercato, fondati su premi e su prelievi legati rispettivamente all'esportazione e all'importazione di determinate produzioni.

Nel 1962, secondo tali meccanismi, ebbe inizio l'azione di sostegno del mercato dei cereali. Il sistema di aiuti prevedeva l'individuazione di un prezzo di «*riferimento*» fissato ad un livello giudicato ideale sia per i produttori interni sia per il mercato comunitario. Oltre a questo prezzo veniva fissato un prezzo di «*intervento*», inteso come il prezzo minimo che la Comunità Europea garantiva ai produttori, impegnandosi in prima persona ad acquistare la produzione. Infine, per regolare il mercato interno si prevedeva la fissazione di un prezzo «*soglia*» da applicare ai prodotti di importazione extracomunitaria. Il meccanismo era completato da una serie di «*prelievi*» alle importazioni tali da garantire la convenienza all'acquisto del prodotto interno e da delle «*restituzioni*» alle esportazioni in favore dei prodotti interni commercializzati al di fuori della Comunità.

Tali meccanismi, indistintamente rivolti a tutti i Paesi membri della Comunità, al fine di garantire le aree produttive più deboli, condussero alla fissazione di prezzi di intervento estremamente convenienti per taluni Paesi particolarmente vocati, determinando fortissime distorsioni del naturale equilibrio dei mercati locali, con un'impressionante espansione dell'offerta associata a profondi mutamenti degli orientamenti produttivi territoriali e degli stessi ordinamenti aziendali.

Partita dai cereali, la Politica Comunitaria dei prezzi alla fine degli anni '60 giunse ad interessare la grande maggioranza dei prodotti agricoli, lasciando intravedere immediatamente tutti i problemi di un rapido raggiungimento di eccedenze produttive legate, oltre che all'elevato incremento dell'offerta anche ad una rigidità fisiologica della domanda, con una sostanziale riduzione dei livelli di crescita dei consumi alimentari.

Ma uno dei principali provvedimenti che contribuì in modo determinante all'avviamento di una politica sovranazionale in materia agricola è rappresentato dal Regolamento 17/64, con il quale veniva istituito il Fondo Europeo Agricolo di Orientamento e Garanzia (FEOGA). Gli interventi orientati alla riforma strutturale del sistema produttivo vennero fatti afferire alla Sezione di Orientamento, mentre quelli rivolti al sostegno dei mercati, in favore

sia dei consumatori sia degli operatori delle filiere agricole, furono inquadrati nell'ambito della Sezione di Garanzia.

Nella costituzione del Fondo non vennero assunti precisi provvedimenti per la ripartizione delle risorse tra le due sezioni e ben presto questo determinò un naturale sbilanciamento in favore degli interventi di garanzia, con i quali si associava all'immediatezza dei benefici l'assoluta assenza di qualunque genere di impegno da parte dei beneficiari.

Il contributo italiano alla definizione della politica comunitaria dell'epoca fu estremamente limitato, discontinuo e, nella maggioranza dei casi, allineato alle scelte tedesche che, seppure nell'esplicito intento di favorire le produzioni cerealicole locali, proponevano livelli dei prezzi tali da lasciare intravedere una convenienza anche per i Paesi produttivamente meno vocati come il nostro. Peraltro, i cospicui finanziamenti dei due Piani Verdi che rappresentavano l'asse portante della politica agricola italiana dell'epoca, contribuirono a rendere relativo l'interesse nazionale per le opportunità che potevano derivare dalla nuova PAC. L'unica iniziativa rilevante si registrò a metà degli anni Sessanta, quando il nostro Paese sollecitò l'avvio di una specifica regolamentazione per il comparto dell'ortofrutta, con interventi di ritiro o di distribuzione delle eccedenze di frutta e di alcuni ortaggi.

L'Italia rimase estranea a qualunque politica di carattere strutturale, soprattutto rivolta all'ammodernamento delle aziende agricole e del sistema delle trasformazioni a valle. Sicuramente si trattava di interventi che avrebbero prodotto effetti solo nel lungo periodo e, quindi, in un certo senso risultavano meno interessanti in termini di immediata efficacia. Tuttavia, resta il fatto che molte delle realtà agricole italiane versavano in condizioni di forte arretratezza strutturale, soprattutto se confrontate a molte delle altre realtà produttive europee.

Tra gli elementi di arretratezza strutturale permanevano ancora le patologie riconducibili alla dimensione dei fondi le quali non trovarono soluzione né attraverso i provvedimenti normativi dell'epoca, né nelle spontanee conseguenze che si sarebbero dovute innescare in seguito ai fenomeni di esodo che ancora negli anni '60 continuavano ad interessare prevalentemente le aree produttive più marginali, ossia contesti in cui l'agricoltura si era incautamente espansa, accettando soluzioni tecniche e risultati economici sempre meno sostenibili rispetto alle crescenti aspettative in termini di reddito e di complessiva qualità della vita.

GLI ANNI SETTANTA

Negli anni Settanta il disimpegno nazionale nei confronti dell'agricoltura divenne una realtà tangibile. Le cause di tale dinamica sono senza dubbio da ricercarsi nel diverso equilibrio istituzionale generato sia dal maturare del potere sovranazionale esercitato in ambito PAC, sia dalle deleghe alle Regioni in materia di agricoltura. Ben presto le questioni dello sviluppo agricolo nazionale trovarono spazio nei soli strumenti di politica comunitaria. La tutela delle specificità locali che avrebbe dovuto essere trattata in ambito regionale venne a mancare totalmente e questo soprattutto per il travagliato modo con cui venne gestito il passaggio di competenze dallo Stato alle Regioni: difficoltà che da una parte erano riconducibili alla fase di avviamento degli uffici decentrati, ma anche in parte da ricercarsi nell'incapacità da parte del potere centrale di interpretare un nuovo ruolo di coordinamento, rispetto alla originaria competenza decisionale centralizzata.

Il travaglio interno al nostro Paese determinò per tutti gli anni Settanta una condizione di totale assenza di linee guida nazionali per lo sviluppo agricolo, delegando di fatto la gestione del settore nazionale ad una PAC strutturata principalmente sulle caratteristiche dell'agricoltura nord europea, scarsamente rispondente alle generali caratteristiche dell'agricoltura italiana e del tutto inadeguata rispetto alle specificità delle diverse realtà agricole del Paese. Fu così che gli orientamenti comunitari, già particolarmente indirizzati ad interventi prevalentemente di garanzia e solo marginalmente di orientamento, assunsero un esclusivo significato assistenzialistico, disincentivando anziché stimolare qualunque processo di rinnovamento strutturale del sistema produttivo nazionale.

L'espressione di una politica comunitaria preposta al governo della realtà italiana non solo determinò, come già visto negli anni Sessanta, il rinvio di interventi strutturali estremamente importanti, ma esaltò la questione delle «terre marginali», evidenziandone i limiti tecnici che si opponevano a qualunque ipotesi comunitaria di massimizzazione produttiva e, tantomeno, a qualunque strategia di riduzione dei prezzi che si sarebbe sviluppata in seguito.

La complessiva strategia di incremento delle produzioni interne alla quale si ispirava la politica comunitaria dell'epoca era confortata da uno scenario internazionale dominato da un deficit alimentare in continua crescita: i *Rapporti del Club di Roma* del 1972 e '74 e il *Rapporto Global 2000* commissionato dagli Stati Uniti concordavano nell'indicare che il forte incremento demografico avrebbe determinato un progressivo aumento della domanda di

beni alimentari, a fronte di un'offerta incapace di seguire tale evoluzione. A livello mondiale, gli incrementi di produzione fortemente legati all'introduzione di importanti innovazioni tecnologiche nell'ambito della ricerca brevettabile in campo chimico e della meccanizzazione, si realizzarono soprattutto nei Paesi con maggiore crescita economica, mentre rimasero esclusi da tale processo i Paesi in via di sviluppo, nonché Russia e Cina, ossia proprio quei contesti in cui sarebbe stato maggiore l'incremento demografico previsto. La naturale conseguenza fu quella di un sensibile aumento degli scambi internazionali dei prodotti agricoli, soprattutto in relazione alle derrate più agevolmente assoggettabili ad un trasferimento nello spazio e nel tempo.

Esaminando gli interventi comunitari in materia agricola, in questa epoca gli unici provvedimenti di carattere strutturale sono riassumibili nelle direttive socio-strutturali per l'ammodernamento e il potenziamento delle strutture agricole (159/72), l'incoraggiamento alla cessazione dell'attività agricola (160/72), l'informazione socioeconomica (161/72) e la salvaguardia delle zone montane e svantaggiate (268/75). Tali provvedimenti, recepiti a livello nazionale dalla legge n. 153/75, produssero effetti estremamente limitati sia per l'entità delle risorse che vennero destinate per la loro attuazione, sia per lo stesso carattere di direttiva con il quale vennero promossi. Inoltre, tali direttive evidenziarono anche la difficoltà di applicare provvedimenti estranei alla cultura rurale italiana, come nel caso più eclatante del prepensionamento, ipotesi plausibile per le realtà professionali nord Europee, ma del tutto inconcepibile per la cultura rurale del nostro Paese, nella quale spesso il ruolo di agricoltore non è una semplice scelta professionale ma espressione di una più articolata scelta di vita. Con l'attuazione di tali direttive si sperimentò in Italia anche la difficoltà connessa al lungo iter burocratico di recepimento a livello nazionale e, successivamente, regionale delle normative emanate dalla Comunità, giungendo all'attuazione dei provvedimenti molto tempo dopo la loro emanazione normativa, con scenari nel frattempo estremamente mutati.

Nonostante i rischi associati ad una riduzione della sovranità nazionale in materia di politica agricola, il clima generale in Italia era comunque rasserenato dai cospicui aiuti a «pioggia» che provenivano ancora dalle erogazioni residuali dei Piani Verdi e dalle crescenti risorse comunitarie destinate all'aiuto alle produzioni e alla garanzia dei mercati che vedevano comunque l'Italia tra i principali beneficiari.

GLI ANNI OTTANTA

Al termine degli anni Settanta nei governi nazionali europei si riaccese l'interesse per una politica agraria nazionale ed una programmazione settoriale. Il Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste (MAF) formulò per il nostro Paese il documento di programmazione su «Indicazioni per un Piano agricolo alimentare» dal quale partì una Conferenza nazionale incentrata sul miglioramento quantitativo della produzione agricola e alimentare interna che, insieme al deficit energetico, rappresentava uno dei maggiori saldi negativi italiani. Il tutto venne fatto confluire nella L. 984 del 27 dicembre 1977, la *Legge Quadrifoglio*, riferita a quattro specifici ambiti di intervento: zootecnia, ortofrutta, irrigazione e zone rurali. Sulla base di tale legge venne predisposto il Piano agricolo nazionale (PAN), approvato dal Cpa il 13 dicembre 1979. Con tale legge si proponeva, per la prima volta in maniera organica e programmatica, una razionalizzazione della spesa pubblica in agricoltura, auspicando un'azione più incisiva per il rilancio del settore. Il piano, inizialmente programmato sino al 1987, si concluse con tre anni di anticipo già nel 1984.

L'esperienza condotta evidenziò tutta una serie di difficoltà di attuazione soprattutto per il fatto che nella legge mancavano precisi obiettivi, mentre erano sin troppo rappresentati complessi meccanismi burocratici ed amministrativi.

Nel 1985, in seguito all'esperienza effettuata con la *Legge Quadrifoglio*, venne varato un secondo piano agricolo nazionale, «Per un nuovo piano agricolo nazionale», denominato «*Piano Pandolfi*» con il quale venne data vita alla L. 752 del 1986, con una copertura finanziaria pluriennale fino al 1991. Tra le novità principali del piano spicca sicuramente l'apertura verso le Amministrazioni regionali, le quali vennero chiamate a contribuire alla stesura del piano medesimo. In tale modo il piano rappresentò il primo concreto tentativo di coordinamento nazionale delle iniziative locali regionali, proponendo una programmazione meno rigida delle precedenti e, soprattutto, più vicina alle specificità locali. Secondo questo intento, alle linee programmatiche nazionali era attribuita la funzione di raccordo tra gli indirizzi comunitari e le preferenze regionali, ovvero proprio quella funzione di coordinamento invocata già a partire dagli anni '70, all'indomani della costituzione delle Amministrazioni regionali.

Un altro aspetto saliente del Piano era rappresentato dalla puntuale individuazione di interventi di carattere «orizzontale», rivolti ai servizi per lo sviluppo agricolo, distinti da interventi di carattere «verticale», rivolti ai singo-

li settori e prevalentemente trasferiti alle competenze delle singole Regioni: il tutto con procedure di spesa più immediate di quelle sperimentate con la *Legge Quadrifoglio*. Tuttavia, anche con tale esperienza, nonostante la semplificazione amministrativa, non vennero risolti i principali problemi di politica agricola generati dalla contrapposizione tra Stato e Regioni. Questo nonostante il Dpr 616 del 1977 che, in stretta relazione con l'attuazione della Legge 382/75, fissava puntualmente le rispettive competenze dei due livelli istituzionali: allo Stato venivano attribuite le funzioni di indirizzo programmatico e il successivo coordinamento, mentre alle Regioni venivano riservate le funzioni prevalentemente attuative. Di fatto, questa separazione delle funzioni non ebbe luogo nel modo desiderato, scontrandosi con un insieme di vincoli di carattere amministrativo, sia nazionali sia comunitari, spesso prevaricanti gli stessi indirizzi normativi di autonomia decisionale in favore delle Regioni.

A livello comunitario gli anni '80 furono caratterizzati da un primo bilancio sulle scelte di Politica Agricola. L'attenzione fu particolarmente rivolta agli evidenti effetti distorsivi legati all'assoluto prevalere degli interventi di garanzia dei mercati, rispetto ad una pressoché inesistente azione di riforma strutturale del sistema produttivo. Tale condizione era testimoniata con estrema evidenza dal fatto che oltre il 60% dell'intero ammontare del bilancio comunitario veniva assorbito in quegli anni dal FEOGA, ed in particolare dalla Sezione Garanzia, con una progressione impressionante che vedeva raddoppiare nell'arco di un quinquennio i fondi ad essa dedicati.

La consapevolezza da parte della Comunità Europea di dovere procedere ad una modifica della politica agricola fu formulata in modo esplicito già nel 1981 con il «Mandato alla Commissione», finalizzato allo studio di specifiche modifiche della PAC, con l'obiettivo di contenere l'incremento produttivo e la relativa spesa pubblica. In questo documento, così come anche nei Rapporti «Thorn» e «Gundelach», si evidenziava la necessità di ricondurre la domanda e l'offerta alimentare ad una condizione di un equilibrio «naturale» espresso dal mercato, ponendo fine al fenomeno che vedeva ormai le imprese intente quasi esclusivamente a «produrre per l'ammasso», con attività di organizzazione e gestione aziendale del tutto estranee alle reali dinamiche della domanda.

Il problema grave di cui ci si rendeva ormai pienamente conto era rappresentato dal fatto che l'orientamento comunitario per il settore primario non solo non aveva stimolato quei processi di rinnovamento desiderati all'atto della costituzione della Comunità, ma aveva procurato notevoli

ritardi e, spesso, gravi distorsioni rispetto a quello che sarebbe potuto essere il naturale evolversi del settore. I meccanismi di garanzia ben presto divennero una componente rilevante nelle scelte imprenditoriali anche di lungo periodo, arrivando ad influenzare la struttura produttiva delle singole aziende o, addirittura, lo sviluppo di interi comprensori non solo esasperandone le produttività unitarie ma addirittura distorcendone le naturali vocazioni produttive.

Di fronte a questo scenario, negli anni '80 maturò l'esigenza di intervenire con un profondo processo di riorientamento della PAC, al fine di recuperare quel rinnovamento strutturale disatteso.

Gli sforzi in tale direzione trovarono un concreto risultato con la formulazione di tre principali provvedimenti: il Regolamento 797/85, relativo al miglioramento dell'efficienza delle strutture agrarie, il regolamento 2052/88 di riforma dei fondi strutturali e, infine, il regolamento 2088/85 sui Piani Integrati Mediterranei (PIM), finalizzato al miglioramento delle strutture socio-economiche delle regioni meridionali della CEE.

Il Regolamento 797/85 rappresentò un'importante novità sia in termini di contenuti, sia di modalità attuative: l'esperienza condotta con le direttive sociostrutturali degli anni '70, suggerì l'adozione di uno strumento normativo di più rapida attuazione, il regolamento, con il quale rendere più incisiva la politica di orientamento strutturale del settore e questo sia riducendo i tempi di recepimento da parte di ogni Paese membro, sia uniformando le linee di applicazione in ciascuno di essi.

In termini di contenuti la principale novità introdotta dal regolamento fu quella di indicare il miglioramento della produttività delle imprese agricole eminentemente attraverso la riduzione dei costi di produzione, evitando qualunque trasformazione finalizzata alla elevazione della produzione aziendale. Era inoltre di rilievo il fatto che, come già indicato con la direttiva 72/159, gli interventi strutturali venivano inquadrati a livello aziendale: infatti, i soggetti che intendevano accedere agli aiuti dovevano predisporre un Piano di miglioramento materiale dell'azienda nel quale, in via analitica, doveva essere dimostrato che gli interventi per i quali si richiedeva il finanziamento conducevano ad un reddito da lavoro agricolo superiore al reddito di riferimento assunto come obiettivo soddisfacente.

Nel regolamento, ribadendo i contenuti delle direttive sociostrutturali, si sottolineava come in certi contesti sussistessero condizioni di svantaggio che era possibile recuperare solo attraverso l'integrazione dell'attività agricola con altre attività, come quelle agrituristiche e artigianali. Inoltre, eminente-

mente per rispondere alle esigenze di riduzione della produzione agricola, venne per la prima volta ricondotto in uno strumento normativo comunitario un provvedimento specifico in favore del comparto forestale (art. 20), prevedendo il finanziamento di imboschimenti, strade forestali, frangivento, fasce tagliafuoco, punti d'acqua e riconversioni del parco macchine per l'attività forestale.

Due anni dopo, a parziale correzione del regolamento 797, venne varato il regolamento 1760/87 in cui furono ribadite le immediate esigenze di riconversione e estensivazione della produzione agricola.

Sempre con lo stesso spirito, l'anno successivo vennero definiti i principi del *set-aside*, con il quale si cercava di ridurre le produzioni comunitarie attraverso il ritiro dei seminativi, ossia con la messa a riposo dei terreni destinati alla semina. Questi principi vennero formalizzati nel regolamento 1094/88, con il quale si indicava che le terre messe a riposo per un periodo quinquennale dovevano comunque essere curate, evitando conseguenze legate al completo abbandono.

Questo regolamento inizialmente in Italia non ebbe un grande successo, probabilmente perché, come già accadde con la direttiva sul prepensionamento, si scontrava con un approccio all'attività agricola che nel nostro Paese non si esauriva in motivazioni esclusivamente professionali. Tuttavia, dopo i primi due anni, soprattutto gli agricoltori delle aree con minori produttività ad ettaro iniziarono ad aderire in massa.

Tale regolamento, ispirato dall'esigenza di porre rapidamente rimedio ai problemi delle eccedenze produttive, sollevò non poche perplessità. La prima, di carattere prettamente politico, era relativa al fatto che con esso si contribuì in modo rilevante a radicare, sia nell'opinione pubblica, sia negli stessi operatori del settore, una visione assistenzialistica negli orientamenti della PAC: l'offrire un contributo per sollecitare una «non produzione» rappresentò, insieme alle distruzioni delle eccedenze produttive, soprattutto agrumicole, di quegli anni l'espressione più estrema di questo approccio, contribuendo a rendere ancor più profondo il solco di separazione tra l'agricoltura e il resto della società, ovvero le difficoltà a comprendere i motivi di un intervento pubblico in favore di un settore economico perennemente in crisi.

Un'altra perplessità legata all'applicazione di tale provvedimento era dovuta al fatto che il *set aside* comportava delle alterazioni nell'equilibrio produttivo aziendale. Infatti, con tale provvedimento, alla luce di una terziarizzazione allora ancora molto poco sviluppata, si sollecitava la riduzione nei processi produttivi aziendali di un solo input produttivo, il capitale fondia-

rio, generando nel breve periodo (i cinque anni di durata dell'adesione al provvedimento) un eccesso di dotazioni in termini di capitali di esercizio e di lavoro.

Subito successivamente al regolamento per il ritiro dei seminativi venne emanato il regolamento 1096/88, col quale si istituiva un regime comunitario di incoraggiamento alla cessazione dell'attività agricola.

Con tale regolamento si ribadiva il provvedimento in favore del prepensionamento di imprenditori agricoli con età superiore ai cinquantacinque anni, già incentivato con le direttive sociostrutturali degli anni '70. Tuttavia, rispetto alla direttiva 160 del '72, questa volta l'incoraggiamento all'interruzione dell'attività agricola non era finalizzato solo ad un processo di riordino fondiario, ma anche ad una riduzione produttiva del comparto. Infatti, l'articolo 5 del regolamento prevedeva che le terre soggette al provvedimento di cessazione dell'attività agricola potevano essere destinate al riposto totale, oppure all'imboschimento o ad usi extra agricoli, comunque sempre mantenendo buone condizioni ambientali. Questa nuova tendenza venne oltremodo ribadita con il regolamento 3808/89, con il quale si rifinanziò l'intervento di prepensionamento con soli fini di ritiro dalla produzione dei fondi agricoli.

Con il regolamento 2052/88 di riforma dei fondi strutturali venne indicata l'esigenza di giungere ad un maggiore coordinamento tra la Sezione Orientamento del FEOGA e gli altri fondi comunitari FSE e FERS: il tutto nell'intento di raddoppiare entro i cinque anni successivi all'emanazione del regolamento gli impegni finanziari in ambito strutturale. In particolare (art.1) si indicavano cinque precisi obiettivi da associare a specifiche zone di intervento e secondo programmi operativi pluriennali:

- promuovere lo sviluppo e l'adeguamento strutturale delle regioni in ritardo;
- riconvertire le regioni gravemente colpite dal declino industriale;
- lottare contro la disoccupazione di lunga durata;
- facilitare l'insediamento professionale dei giovani;
- accelerare nel processo di riforma della PAC l'adeguamento delle strutture agrarie e promuovere lo sviluppo delle zone rurali.

Il regolamento 2088/85 sui Programmi Integrati Mediterranei (PIM) rappresentò un provvedimento specificamente adottato per ridurre nei con-

fronti di alcune aree comunitarie gli effetti derivanti dall'ampliamento della Comunità a Spagna e Portogallo. Il particolare stato di arretratezza strutturale delle realtà rurali di questi due Paesi rappresentò l'opportunità per lanciare uno specifico intervento di miglioramento delle strutture socioeconomiche non solo di tali aree, ma anche di altre regioni di Paesi già appartenenti alla Comunità. Fu così che in Italia vennero ammesse ai PIM tutte le regioni del Mezzogiorno, la Toscana, la Liguria, l'Umbria e le Marche ad eccezione dei grandi agglomerati urbani, delle zone costiere urbanizzate e con una attività turistica permanente.

Questo Regolamento ha un precedente nel Regolamento 269 del 1979 che promuoveva specifici programmi regionali di intervento pubblico in favore del settore agricolo. Questo ultimo Regolamento ebbe in Italia un altissimo livello di adesioni: infatti gli iniziali 580 miliardi stanziati furono rapidamente impiegati tutti; anzi, le Regioni presentarono al MAF richieste complessive per oltre 800 miliardi. Per rispondere a tale domanda il Consiglio dei Ministri di allora aumentò del 25% i fondi riservati a tale regolamento, prorogando a tutto il 1985 il periodo utile per la presentazione delle domande. Questi fatti, al di là della consistenza effettiva degli interventi, hanno l'importanza di sfatare il luogo comune di un'Italia cronicamente incapace di recepire gli indirizzi normativi comunitari e gestire le relative risorse.

Inquadrate nel contesto del «pacchetto mediterraneo» il regolamento 269 nasceva per migliorare le condizioni di svantaggio fisico e culturale dell'agricoltura della Francia meridionale e dell'Italia centromeridionale, Liguria inclusa. Per queste zone, caratterizzate da una situazione particolarmente sfavorevole per quanto concerneva le condizioni di produzione, l'erosione del suolo e il bilancio idrico, era previsto un intervento esteso anche al comparto forestale. Le risorse forestali venivano dal regolamento individuate come elemento di rilievo nella difesa del suolo, la tutela della fauna e della flora e il miglioramento stesso dei terreni agricoli. Gli interventi in favore del comparto erano previsti sia in termini di imboschimento, sia di miglioramento del patrimonio già esistente, la costruzione di strade forestali, la sistemazione del suolo e la protezione contro gli incendi. È interessante osservare che nell'applicare il regolamento tutte le Regioni italiane aderirono incondizionatamente agli interventi di miglioramento, considerando con riserva le iniziative di imboschimento. Questa posizione ebbe conferma in termini di realizzazioni, con il pieno impiego delle risorse finalizzate al miglioramento, mentre quelle destinate all'imboschimento furono impiegate per un solo 65%.

Con il Regolamento 2088/85 furono difese ed ampliate le iniziative assunte dal Regolamento 269, non fissando però limiti finanziari come in precedenza. Ma al di là dei livelli di attuazione, l'importanza dei PIM deve individuarsi soprattutto per il fatto che essi furono il primo intervento di programmazione pluriennale intersettoriale assunto a livello comunitario. La promozione dello sviluppo, l'adeguamento e il sostegno dell'occupazione e dei redditi erano previsti attraverso un'azione che doveva riguardare tutti settori dell'economia locale e quindi non solo l'agricoltura e la pesca, che comunque rimanevano le attività principali. Il carattere intersettoriale dei PIM era testimoniato dalla loro organizzazione in sottoprogrammi (agricoltura, foreste, industria e artigianato, ambiente e turismo e attuazioni).

Oltre a tali specifici provvedimenti finalizzati all'assunzione di un maggiore impegno di carattere strutturale, negli anni '80 vennero avviati anche provvedimenti direttamente rivolti al contenimento delle spese di garanzia. A tale fine vennero fissate delle quote di produzione, che interessarono per prime le produzioni di barbabietola da zucchero nel '79 e quelle del latte nell'84. Nel 1988 il meccanismo delle quote di produzione venne perfezionato con il sistema delle quantità massime garantite, associate ad una automatica riduzione dei prezzi di sostegno. Tuttavia, sempre al fine di contenere tali capitoli di spesa, si rese comunque necessario introdurre anche dei provvedimenti esplicitamente finalizzati alla riduzione delle produzioni: è questo il caso dei programmi per l'abbattimento delle vacche, per l'estirpamento dei vigneti, che si sommarono ai provvedimenti di estensivazione colturale espressi dai già citati Regolamenti 797/85 e 1094/88.

In questo modo si cercò di ricondurre la PAC in uno scenario mondiale in cui si era ridimensionata l'esigenza di fare fronte ad una emergenza alimentare annunciata dalle stime di incremento demografico formulate nel precedente decennio.

Volendo delineare una linea di sintesi nell'evoluzione della PAC degli anni '80 sino ad ora esposta, si può affermare che l'approccio complessivo alla base dei provvedimenti assunti dalla Comunità Europea fu quello di abbandonare le logiche di massimizzazione produttiva per incentivare un processo di miglioramento dell'efficienza produttiva, riducendo i costi di produzione ed evitando ulteriori incrementi produttivi o addirittura auspicando un'inversione di tendenza. Anche se per motivi eminentemente indotti da esigenze di bilancio, la PAC aveva incominciato ad esprimere un preciso interesse verso le

tematiche ambientali e i principi dello sviluppo rurale. Nel 1988 la Commissione con il documento «Il futuro del mondo rurale» formalizzò per la prima volta in un documento pubblico l'esigenza di inquadrare le sorti dell'agricoltura nel più ampio contesto dello sviluppo rurale, evidenziando i rischi connessi al suo declino, ovvero la necessità di inquadrare le sorti di uno specifico settore nell'intero contesto socioeconomico locale, secondo una logica di sviluppo integrato.

L'intenso processo evolutivo della PAC negli anni '80 coincide con un'altrettanto rilevante evoluzione del complessivo assetto politico comunitario. Sino ad allora le linee ispiratrici del processo di integrazione europea furono sostanzialmente, senza variazioni di rilievo, quelle fissate nel '57. Fu solo con l'Atto Unico del dicembre 1985 che si iniziarono a rivedere i contenuti del Trattato di Roma, proponendo un processo di integrazione non solo nell'ambito economico. Con tale documento si definì un diverso principio ispiratore delle basi politiche e giuridiche di Unione Europea, identificando il disegno di una sovranità sovranazionale come processo dinamico tendente alla realizzazione di un federalismo cooperativo, contrapponendosi all'impostazione di una Comunità che sino ad allora si era ispirata a statiche formule di diritto comunitario.

Fu così che la Comunità Economica Europea (CEE) venne rinominata come Comunità Europea (CE) e vennero fissati obiettivi di maggiore coordinamento politico nella definizione di un'«Europa senza frontiere» costituendo, in aggiunta alle Istituzioni comunitarie già operanti, anche un Consiglio dei Ministri dotato di poteri deliberanti con la sola maggioranza qualificata.

GLI ANNI NOVANTA

Agli inizi degli anni Novanta, all'indomani dell'esaurimento del Piano Pandolfi, lo scenario politico programmatico italiano in materia di agricoltura fu dominato dall'aspro confronto tra Stato e Regioni, facendo del decentramento un argomento principale nella definizione delle future linee programmatiche settoriali. Il dibattito condusse nel 1993 alla promozione di un referendum per l'abrogazione del Ministero dell'agricoltura. In seguito a tale referendum nel 1993 venne delineata con la LN 491/93 una nuova organizzazione ministeriale che portò alla costituzione del Ministero delle risorse agricole, alimentari e forestali (MiRAAF), nel quale venivano ridefinite le competenze delle Regioni e dello Stato, precisando il ruolo attivo delle

Amministrazioni regionali nell'elaborazione ed attuazione della politica nazionale e Comunitaria. Per garantire l'attuazione di tale partecipazione, nell'ambito della Conferenza permanente per i rapporti tra Stato, Regioni e province autonome di Trento e Bolzano, venne istituito il Comitato permanente delle politiche agro-alimentari e forestali che, presieduto dal ministro, risulta composto dai presidenti delle Regioni e delle Province autonome o da loro delegati. Successivamente nel 1997, in seguito alla promozione di un secondo referendum abrogativo che non sortì alcun effetto per il mancato raggiungimento del quorum fissato, venne comunque emanato il decreto n. 143 del 4 giugno 1997, con il quale venivano nuovamente, e questa volta più incisivamente, conferite alle Regioni le funzioni amministrative in materia di agricoltura. Con lo stesso decreto veniva nuovamente definita la riorganizzazione dell'amministrazione centrale, con l'abolizione del MIRAFAF e l'istituzione del Ministero delle Politiche Agricole (MIPA), per il quale erano ancora più puntualmente definite funzioni di solo coordinamento e di indirizzo delle politiche agricole agroindustriali e forestali, con la fondamentale azione di rappresentanza degli interessi nazionali presso la sede comunitaria.

Negli anni Novanta il processo d'integrazione comunitaria, riveduto secondo l'Atto Unico dell'85, ebbe un'ulteriore evoluzione con il Trattato sull'Unione Europea, sottoscritto a Maastricht il 7 febbraio 1992.

In ambito di Politica Agricola Comunitaria maturò l'esigenza di riformare l'intero approccio alle problematiche del settore, non più quindi attraverso singoli interventi, ma con una vera e propria ridefinizione di un diverso quadro programmatico.

Furono questi i presupposti che portarono alla definizione della riforma *Mc Sharry* del 21 maggio 1992, nella quale confluirono sia esigenze di carattere finanziario, legate a problematiche interne alla Comunità, sia gli effetti di una sempre maggiore pressione internazionale esercitata dai Paesi extracomunitari. Le esigenze interne erano rappresentate dalla necessità di intervenire in maniera ancora più incisiva sulla sempre più onerosa politica di garanzia delle produzioni sui mercati. Agli inizi degli anni '90 le spese di sostegno al settore rivolte a tali azioni erano giunte ad assorbire oltre il 78% del bilancio comunitario: spese che peraltro si concentravano in interventi a sostegno dei prezzi, limitando alle politiche strutturali solo una esigua quota di tutte le risorse disponibili.

Nonostante i tentativi di contenimento delle eccedenze produttive, le spese comunitarie continuavano a crescere sempre a causa delle azioni di

garanzia dei mercati e soprattutto di quello cerealicolo. Nel '93, nonostante gli interventi correttivi approntati negli anni '80, la produzione cerealicola aumentò ancora portando le scorte comunitarie oltre i 20 milioni di tonnellate ed assorbendo più del 40% dei fondi di garanzia.

Negli anni '90 le politiche protezionistiche del mercato interno, oltre a rappresentare un problema in termini di bilancio comunitario, divennero oggetto di una intensa trattativa internazionale nell'ambito delle trattative GATT dell'Uruguay Round. In tale Round, avviato nel 1986 e giunto a conclusione solo nel '92, apparve subito chiaro che, dopo decenni di assoluto disinteresse, si sarebbe riaperto un forte interesse per i prodotti agricoli, soprattutto per l'elevato incremento mondiale delle produzioni. Fu così che le diverse politiche agricole mondiali, sviluppatasi per un lungo periodo in piena autonomia, furono bruscamente riportate al centro di un dibattito internazionale che ben presto sfociò in veti e censure incrociate. I maggiori contrasti si generarono tra gli Stati Uniti d'America e la Comunità Europea, in ragione di un fortissimo calo delle esportazioni americane verso il Vecchio Continente. Dal 1977 al 1992 l'export USA verso i paesi della CEE scese di 10 punti, passando dal 27 al 17%. In particolare, il calo si riferiva soprattutto a cereali (grano e mais) e alla soia e suoi derivati.

Le trattative GATT-WTO nell'ambito dell'Uruguay Round costrinsero l'Unione Europea a rivedere le proprie strategie di sostegno agricolo, ricercando nuovi strumenti capaci di sostenere il settore senza influenzare i mercati, ovvero il libero scambio delle merci.

In risposta a tali esigenze il 22 maggio 1992 Ray Mac Sharry propose un piano di riforma ampiamente articolato, al fine di stabilizzare le produzioni eccedentarie, passando progressivamente da una politica di aiuto al settore agricolo fondata sul sostegno dei prezzi a forme di sostegno diretto dei redditi, secondo meccanismi che quindi avrebbero ridotto gli impedimenti al libero scambio delle merci a livello mondiale e la tendenza alle eccedenze produttive dei produttori comunitari.

Tale strategia di «disaccoppiamento degli aiuti» prevedeva una riduzione degli aiuti, sia in modo diretto, con l'abbattimento dei prezzi dei cereali e delle carni bovine, sia con forme disincentivanti l'attività produttiva, favorendo ulteriormente la pratica di *set aside*, introducendo il rimboschimento e incentivando nuovamente il prepensionamento.

Con il Piano si rafforzò ulteriormente l'esigenza di promuovere un diverso sostegno al settore con un crescente rispetto per l'ambiente: in questo senso

l'estensivazione produttiva che veniva auspicata per i vari settori d'intervento (colture arabili, tabacco, latte, bovini e ovini) assumeva anche il significato di sviluppo di un'agricoltura maggiormente ecocompatibile, aspetto che peraltro trovava espliciti riferimenti nelle misure di accompagnamento relative alla protezione dell'ambiente, il rimboschimento e il prepensionamento.

LO SCENARIO ATTUALE: AGENDA 2000 E GLOBALIZZAZIONE

Le evoluzioni della politica comunitaria e nazionale sino ad ora descritte evidenziano un processo evolutivo caratterizzato da lunghi periodi di stasi intervallati da rapidi eventi di profondo ripensamento. Tali evoluzioni riflettono solo in parte il profondo mutamento che nell'arco di cinquant'anni ha interessato l'agricoltura, facendole assumere un significato economico e sociale completamente diversi dal ruolo che aveva ricoperto per secoli ed aveva mantenuto in modo pressoché immutato sino all'indomani del secondo conflitto mondiale. Nei quarant'anni successivi il settore, andando incontro ad un inesorabile ridimensionamento sia in termini occupazionali che di PIL, ha perduto qualunque tipo di peso politico, venendo assoggettato prevalentemente ad interventi di tipo assistenzialistico, che in molti casi avevano il sapore di una medicina per lenire i dolori di una lenta e inesorabile estinzione alla quale non era possibile in alcun modo porre rimedio.

Seppure non manchino dei chiari tentativi di contenimento di tale evoluzione anche nei precedenti decenni, è solo alla fine degli anni '90 che si può leggere una volontà di rendere concreto un diverso approccio politico alle problematiche dell'agricoltura, abbattendo definitivamente certi pregiudizi, subiti da molti e ad arte alimentati da altri, secondo logiche e particolarismi non del tutto conformi ad un fattivo spirito europeista.

Gli orientamenti definiti con la *Dichiarazione di Cork* del 1996 rappresentano in tale evoluzione un momento di particolare importanza. Con tale documento, frutto della Conferenza Europea sullo Sviluppo Rurale, si propose nuovamente l'immagine di un'agricoltura portatrice di valori ben superiori a quelli identificabili nell'inquadramento tradizionale di settore economico. Pur ribadendo la vitalità competitiva del comparto, si indicava come il ruolo multifunzionale delle risorse e delle attività del primario dovesse divenire il criterio portante di una politica di settore fondata sullo sviluppo rurale sostenibile. Nella Dichiarazione tale modello di sviluppo veniva associato ad un approccio multicispilinare nell'analisi problematica e multisetoriale nell'am-

bito dei provvedimenti assunti, prevedendo un processo decisionale di tipo «bottom up», ossia la formazione di linee di sviluppo come espressione di sintesi delle aspettative e delle ambizioni delle collettività locali, identificando nei soggetti a monte del processo decisionale un ruolo di coordinamento delle specifiche progettazioni locali in un unico disegno complessivo.

Con la Dichiarazione di Cork, seppure ribadendo l'impegno pubblico in favore del settore, si affermò con forza il fatto che tale intervento non doveva essere inteso come un atto di pura solidarietà da parte dei settori economicamente e socialmente più forti in favore di un mondo in via di estinzione, ma come il legittimo riconoscimento dell'insostituibile ruolo del primario in favore dell'intera società, con tutti i valori culturali, sociali ed economici in esso riscontrabili.

Questo riposizionamento dell'agricoltura rispetto all'intera società coincide con la definitiva affermazione dello spazio rurale, come realtà ideale e reale in cui contestualizzare le attività del primario. Tale spazio, nel proporsi come nuova dimensione in cui leggere il significato dell'agricoltura, ha determinato il passaggio da una politica dello sviluppo agricolo ad una politica dello sviluppo rurale, riconducendo in un unico teorema l'evoluzione di tutte le attività produttive, residenziali, economiche e sociali di un contesto, quello rurale appunto, in cui l'agricoltura rappresenta ancora una testimonianza rilevante ma non più certo l'unica e quasi mai la prevalente.

L'insieme di questi principi ispiratori di una nuova PAC hanno avuto un importante momento di sintesi in *Agenda 2000*, documento con il quale la Commissione Europea inquadra gli orientamenti per il settore in un complessivo quadro evolutivo, dominato dalle sfide di internazionalizzazione dei mercati e dall'ampliamento dell'Unione.

La creazione di un nuovo modello agricolo europeo immaginato con *Agenda 2000* si fonda su cinque principi fondamentali:

- un' *agricoltura competitiva*, in grado di confrontarsi autonomamente sul mercato mondiale, con l'esigenza di abbattere i meccanismi di garanzia sia per rispondere alle pressioni estere, sia per fare fronte agli enormi costi attuali ed agli elevati effetti distorsivi;

- un' *agricoltura sana*, rivolta alla salvaguardia dell'ambiente ed alle esigenze salutistiche dei consumatori;

- un' *agricoltura poliedrica*, per la quale non vi è una finalità esclusivamente produttiva, ma anche di salvaguardia della varietà di paesaggio e della vitalità delle comunità rurali;

– una *PAC semplificata*, più comprensibile soprattutto per quanto concerne l'autonomia decisionale di ogni Stato membro nell'ambito del «disegno comune»;

– una chiara *motivazione della spesa pubblica in agricoltura*, ponendo in evidenza come l'impiego delle risorse pubbliche in favore del settore primario sia il tangibile contributo che la collettività destina agli operatori agricoli per i servizi che essi offrono.

Per garantire questi obiettivi in *Agenda 2000* si indicano chiaramente cinque principali linee d'intervento:

a) abbattimento dei meccanismi di protezione del mercato interno comunitario;

b) sostegno prioritario dello sviluppo delle aree rurali;

c) inquadramento delle problematiche agricole in un contesto multisettoriale e multidisciplinare;

d) affermazione di diverse forme di sviluppo, diversificate in funzione delle naturali vocazioni locali, ossia maggiormente rivolte allo sviluppo endogeno;

e) sussidiarietà tra Unione, Stati, Regioni e Amministrazioni locali, ossia una migliore ripartizione delle responsabilità tra i vari livelli istituzionali, con una autonomia decisionale maggiormente decentrata.

Come specificato nelle proposte legislative formulate nel marzo '98, la riforma proposta punta a «...garantire un approccio globale, snello e non burocratico per rendere l'agricoltura europea sostenibile nel lungo periodo, a vantaggio non solo dell'industria agricola dell'Unione Europea, ma anche dei consumatori, dell'occupazione e in definitiva dell'intera società europea».

Di fatto tali orientamenti chiamano l'agricoltura ad un nuovo forte impegno verso un rapido recupero della competitività delle imprese su di un mercato sempre meno garantito, riducendo i costi unitari di produzione e, contemporaneamente, soprattutto dove non sia possibile agire in questa direzione, favorendo il processo di valorizzazione qualitativa. Tale processo nel nostro Paese ha importanti opportunità di sviluppo soprattutto facendo leva sulla tipicità dei prodotti e delle tradizioni locali, auspicando di ottenere con ciò una differenziazione dei prodotti locali tale da consentire per essi l'affermazione di proprie nicchie di mercato, nelle quali potere agire secondo strategie concorrenziali non fondate sui prezzi ma sulla diversificazione del prodotto.

Nelle linee programmatiche impostate con *Agenda 2000* la visione di un diverso ruolo dell'agricoltura è associata ad una particolare attenzione alle tematiche agroambientali, investendo il settore primario di un «... ruolo fon-

damentale nel promuovere uno sviluppo sostenibile delle zone rurali e nel soddisfare la crescente domanda di servizi nel settore ambientale», ossia lo sviluppo delle attività ricreative.

Il provvedimento normativo più importante che è stato generato in seguito all'emanazione di *Agenda 2000* è rappresentato dal Regolamento n.1257 del 17 maggio 1999 «sul sostegno allo sviluppo rurale da parte del Fondo europeo agricolo di orientamento e di garanzia (FEAOG) che modifica ed abroga taluni regolamenti».

Con tale provvedimento l'Unione Europea, oltre a formalizzare l'approccio rurale alle questioni di sviluppo agricolo, nel tentativo di dare luogo ai processi decisionali di tipo «bottom up», definisce una diversa forma di partecipazione dei singoli Stati membri, sollecitando di fatto il riaccendersi di un interesse nazionale per una politica rivolta al settore primario.

Nell'articolo 41 del Regolamento l'Unione Europea demanda agli Stati membri l'individuazione dell'ambito geografico più opportuno per la redazione di Piani di Sviluppo Rurale (PSR). In Italia tale ambito geografico è stato individuato a livello regionale, identificando nelle singole Amministrazioni regionali i soggetti preposti alla stesura di un loro Piano con valenza temporale 2000-2006.

Al di là dei molteplici problemi suscitati da un decentramento decisionale non adeguatamente accompagnato da un'autonomia finanziaria nell'allocazione delle risorse in ragione degli indirizzi nazionali e regionali, l'attuale esperienza dei PSR ha riaperto nel nostro Paese il dibattito intorno alle questioni dell'agricoltura, chiamando imprenditori ed amministratori locali ad una maggiore partecipazione al governo delle questioni inerenti il settore.

Tuttavia, in questo momento tale nuova fase evolutiva ha evidenziato grandi difficoltà nell'attuazione di un processo decisionale decentrato imputabili a diverse cause rilevabili tanto a livello di pubbliche Amministrazioni che di singole imprese.

Per decenni l'organizzazione delle Amministrazioni locali ha risposto quasi esclusivamente ad esigenze di carattere burocratico e non pochi sono stati i problemi pratici che esse stanno incontrando nel riacquisire competenze adeguate al nuovo ruolo decisionale in ambito programmatico che ora effettivamente possono ricoprire. Problemi rilevanti interessano gli stessi imprenditori agricoli che, perdendo progressivamente i meccanismi di tutela dei mercati, dovranno al più presto adeguarsi ad un sistema sempre più esclusivamente orientato ad interventi di carattere strutturale, premiando sempre di

più coloro che per capacità professionali e disponibilità di capitali saranno in grado di aderire a progettualità di lungo periodo.

Senza dubbio la definizione dei PSR, ivi compresi i documenti programmatici degli Enti delegati sub-regionali, rappresenta un punto di partenza per la nuova PAC del terzo millennio. Con essi si restituisce ad ogni realtà locale il «diritto» di interpretare le linee guida generali dell'Unione Europea secondo quelle che sono le naturali vocazioni produttive e sociali locali, dando vita ad una politica locale capace di farsi interprete delle diverse agricolture del nostro Paese.

In questo senso, si rinnega una politica comunitaria che per decenni, in modo più o meno inconsapevole, ha invece proposto un modello di sviluppo ispirato ad un unico *best-way*, con effetti estremamente negativi tanto in termini di sostenibilità che di stabilità dei nuovi equilibri raggiunti.

CONCLUSIONI

L'evoluzione della politica agricola in questi ultimi cinquant'anni riflette fedelmente i profondi mutamenti ai quali è andata incontro l'intera società. Seppure legata ad una natura «conservatrice» dettata dall'incompleto dominio della tecnologia sui processi biologici, l'agricoltura ha comunque subito profonde trasformazioni che, riflesse nell'evoluzione della politica rivolta al settore, hanno enormemente elevato l'efficienza delle attività produttive e la qualità del lavoro e delle complessive condizioni di vita di tutti gli addetti al settore.

Tuttavia, a differenza di quanto si potesse immaginare sino a poco tempo fa, le politiche per lo sviluppo dell'agricoltura del nostro Paese, in risposta alle sfide della sostenibilità e della globalizzazione, stanno riconducendo il settore ai valori più tradizionali, identificando in essi uno strumento per l'affermazione di un modello di sviluppo rurale capace di garantire la sostenibilità economica, ambientale e sociale delle scelte produttive del settore.

Tale nuovo approccio si sta legando ad importanti fenomeni di rivitalizzazione del mondo rurale per effetto sia del forte successo di talune attività produttive sia dell'affermazione di nuovi modelli di sviluppo policentrico, capaci di garantire un più equilibrato rapporto tra spazio urbano e mondo rurale, riconducendo le patologie dell'esodo di un tempo in una condizione fisiologica caratterizzata in primo luogo da famiglie pluriattive e dal pendolarismo.

Questa evoluzione, espressione di un processo di controesodo già estremamente evidente in molti ambiti del nostro Paese, ripropone nelle future politiche per il contenimento del declino del settore primario e il rilancio di un complessivo processo di sviluppo rurale la necessità non solo di garantire il successo economico delle attività produttive del primario, ma anche un certa qualità della vita delle popolazioni rurali, contrastando un grado di esclusione sociale che in molti contesti sta diventando il primario fattore limitante qualunque forma di rivitalizzazione.

Anche in questo caso, i nuovi orientamenti politici per lo sviluppo agricolo proiettano un futuro che si lega intimamente a vecchi temi che hanno fatto la storia dell'agricoltura italiana. Il legare il rilancio competitivo dell'agricoltura alle complessive condizioni di vita locali è infatti un tema che si identifica già nell'opera del Serpieri degli anni Venti. Già allora, anche se in contesti problematici e obiettivi politici estremamente diversi, si identificava il territorio agricolo non solo come «mezzo di produzione agricola» e si definiva con l'opera di colonizzazione un «...processo di trasformazione della terra nuda condotto particolarmente nei riguardi dell'adattamento di essa alla vita sociale».

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV., *Euro, Agenda 2000 e WTO: quale impatto sull'agricoltura italiana*, Ministero del Lavoro, FSE, INIPA, 1999.
- AA.VV., *Rapporto 1997 sull'agricoltura*, Roma, 1998 (Documenti CNEL).
- Commissione CEE COM (88) 501, 1988, *Il futuro del mondo rurale*.
- Commissione Europea, *Agenda 2000: per un'Unione più forte e più ampia*, Bruxelles, 15 luglio 1997, COM (97), 2000 def Vol. I.
- Commissione Europea *Agenda 2000: Proposte della Commissione - Relazione. Quale avvenire per l'agricoltura?*
- Commissione Europea, *Agenda 2000: le proposte operative*, Bruxelles, 18 marzo 1998.
- Commissione Europea, *Towards a common agricultural and rural policy for Europe*, Bruxelles, 1997.
- I.N.E.A. *La distribuzione della proprietà fondiaria in Italia*, Roma, 1947.
- La politica agraria delle regioni italiane. caratteristiche strutturali e tendenze evolutive*, a cura di M. Prestamburgo, Milano, 2001.
- FANFANI R., *L'agricoltura in Italia*, Bologna, 1998.
- PICCININI A., *Politica e agricoltura. La svolta europea del secolo ventunesimo*, Milano, 2000.
- ROSSINI R., VANZETTI C., *Storia dell'agricoltura italiana*, Bologna, 1986.
- ROSI M., *La riforma agraria e la legge stralcio*, Bologna, 1951.
- SERPIERI A., *La bonifica nella storia e nella dottrina*, Bologna, 1947.
- The Cork declaration: a living countryside*, Cork, Irlanda, 7-9 Novembre 1996.

GIUSEPPE PELLIZZI

MECCANIZZAZIONE

L'EVOLUZIONE DAL 1950

Lo sviluppo dell'industria di settore

Con la fine della seconda guerra mondiale, in pratica dall'inizio degli anni '50, hanno preso avvio la forte evoluzione, la diffusione e l'espansione produttiva delle macchine agricole (motrici ed operatrici) nell'agricoltura nazionale. Fenomeno, questo e come è proprio di tutti i paesi industrializzati, collegato al crescente esodo della manodopera agricola ed all'esigenza di aumento della produttività del lavoro degli addetti al fine di contenere i costi di produzione. Mentre nel 1950 la commercializzazione dei trattori era coperta, per il 57%, da produzioni straniere, tale rapporto si è rapidamente invertito sino a portarsi già nel 1960 al 79% di prodotti nazionali per poi superare il 90% dal 1980 in avanti ed assestarsi su tali valori anche nel seguito. La produzione italiana – sempre più ampia e diversificata – tendeva ad espandersi progressivamente anche all'estero. Nel 1998 (ultimo dato disponibile) l'esportazione nazionale – in 180 paesi – di trattori e macchine agricole raggiungeva le 452.000 tonnellate di prodotti di cui il 59% come trattori e il 41% come macchine operatrici. Il tutto con un saldo attivo della bilancia commerciale di oltre 5.000 miliardi di lire, valore, questo, che ha concorso per il 13% circa al saldo attivo della bilancia dell'intero comparto metalmeccanico (auto comprese).

Tuttavia, agli inizi del periodo considerato, i numeri in gioco erano ancora piuttosto limitati: le nuove immatricolazioni di trattori arrivarono solo a poco più di 18.000 unità/anno, mentre la produzione annua di operatrici coprì poco più di 5.000 t di manufatti. Essa aumentò a quasi 100.000 t già dieci anni più tardi. Con la fine degli anni '50 comparvero le mietitrebbiatrici che già nel 1960 erano presenti in 5.000 esemplari per portarsi poi, venti anni dopo, a un parco di 47.000 unità in cifra tonda, di cui oltre il 60% di produzione nazionale. I motocoltivatori – pure essi di progressiva produzio-

ne interna – erano poco meno di 3.000 unità, mentre le motozappatrici si contavano in 2.400 unità. I motori endotermici, invece, erano diffusi già in 230.000 esemplari di cui quasi il 90% con ciclo ad accensione per scintilla e con potenza media dell'ordine di 4 kW.

Il tutto, almeno sino alla fine degli anni '60, a servizio delle aree di piano, delle colture erbacee di pieno campo e della zootecnia. Una conferma dell'evoluzione verificatasi si ha dall'analisi dei consumi energetici. Questi, nel 1950 incidavano per lo 0,2% sul valore della produzione lorda vendibile, mentre hanno inciso, alla fine del XX secolo, per circa il 5% della p.l.v., con un aumento, quindi, di oltre 25 volte.

Motori e trattori

Nel 1950 relativamente basso era il numero di ditte produttrici di *motori*. Questi vennero venduti, per l'agricoltura italiana, in poco più di 6.000 unità. I motori, inizialmente a scoppio nella gamma di potenza compresa fra 4 e 20 kW, si evolvettero successivamente verso modelli a 4 tempi a ciclo diesel anche per le piccole potenze, mentre si andarono progressivamente abbandonando – a partire soprattutto dalla fine degli anni '70 – i modelli a due tempi, la cui produzione è ora limitata alle piccolissime potenze (≤ 1 kW), e quelli a testa calda. Per dare un'idea dell'evoluzione, si può rilevare che mentre nel 1950 il parco era costituito per il 92% da motori a scoppio, per il 6% da diesel e per il 2% da semidiesel, nel 1960 la situazione si era modificata, rispettivamente, nelle seguenti proporzioni: 60%; 39%, 1% per giungere, nel 1990, al 98% circa di motori diesel. D'altra parte i consumi di combustibile, che nel 1950 erano costituiti per il 54% da petrolio e per il 46% da gasolio, quindici anni più tardi già vedevano l'80% di gasolio e solo il 20% di petrolio e benzina.

Nel periodo intercorso, inoltre, grandi sono stati i progressi compiuti sui motori endotermici per l'agricoltura grazie sia ad un migliorato disegno, sia all'introduzione di nuovi materiali. Il rapporto potenza per unità di cilindrata, che alla fine degli anni '40 si aggirava ancora attorno ai 5-6 kW/dm³ si è progressivamente portato verso i 15 kW/dm³ nei motori a ciclo Otto ed ai 12 kW/dm³ in quelli a ciclo Diesel per poi salire ulteriormente sino alla soglia attuale, rispettivamente, di 28 e 26 kW/dm³ con una quadruplicazione, in cifra tonda, dei valori iniziali. I consumi specifici, al contempo, si

sono più che dimezzati giungendo agli attuali valori di 220-230 g/kWh propri dei diesel aspirati.

Orientatisi, ormai, verso l'iniezione indiretta con raffreddamento ad acqua, le innovazioni più interessanti, relativamente recenti, riguardano: la modifica della curva di potenza (più piatta in corrispondenza del regime di rotazione compreso fra il valore di coppia massima e quello di potenza massima); l'introduzione della pompa ad iniezione rotativa (più precisa di quella convenzionale a pistoncini multipli) e, soprattutto, l'applicazione del sistema di sovralimentazione in grado di aumentare del 25-30% il rendimento complessivo dei motori, consentendo la costruzione di esemplari più leggeri con minori consumi energetici e più bassa fumosità allo scarico.

Altro fondamentale, recente contributo riguarda la diffusione (iniziata attorno agli anni '80) di sistemi elettronici di controllo attivo dell'apparato di alimentazione, previsti per ottimizzare la mandata del combustibile realizzando una diminuzione dei consumi – a parità di altre caratteristiche costruttive con i motori convenzionali – del 4-5%.

Analogamente, sono andati grandemente espandendosi anche i motori elettrici operanti a punto fisso, frutto della progressiva e oggi ormai generalizzata elettrificazione dell'agricoltura. Di recente, poi, questi motori sono stati proposti anche per la realizzazione di mezzi semoventi agricoli (trattori, carri raccolta per produzioni arboree ecc.).

Circa il 50% dei motori endotermici attualmente prodotti è applicato sui *trattori* che, abbandonati definitivamente i modelli a testa calda e le pesanti ruote metalliche, verso la fine degli anni '50, si sono orientati su: tipi a ruote gommate pneumatiche, con motori a ciclo diesel, dotati di sollevatori idraulici e attacco a tre punti, presa di potenza posteriore; modelli a cingoli.

Cinquantacinque erano, almeno sulla carta, le ditte italiane produttrici di trattori nel 1950. Esse, tuttavia, si ridussero, dieci anni dopo, solo a 16 società per poi assestarsi successivamente sulle 10-12 unità, se si escludono i casi di piccole imprese artigiane assemblatrici di uno o due esemplari all'anno.

All'inizio, si è trattato di trattori a due ruote motrici con motore espriamente una potenza inferiore a 25 kW all'albero motore, oltre che di un certo numero – mediamente il 10% del parco totale – di modelli a cingoli. Ma nel 1951 vennero presentati i primi modelli a 4 ruote motrici (isodiametriche o meno) il cui successo sarà crescente nel tempo. Infatti, i trattori 4RM, che nel 1960 rappresentavano il 10% del parco complessivo, coprono ora oltre il 50% del totale. Su 85.000 trattori prodotti e venduti nel 1998, l'80% è a 4 ruote motrici, il 14% a 2 ruote motrici e il restante 6% a cingoli.

Analogamente, è cresciuta la potenza media unitaria. Nei trattori esistenti nel 1960 essa era mediamente pari a 25kW, mentre nel 1998 è risultata di oltre 45kW, calcolata sul totale del parco, e di circa 57kW calcolata sulle sole vendite dell'anno.

Le principali innovazioni attuate in questi ultimi dieci lustri nel comparto trattoristico, oltre all'impiego di nuovi materiali, di nuovi lubrificanti ecc., sono individuabili nell'introduzione progressiva, in ordine temporale dal 1960 in avanti, di: doppia trazione; prese di potenza a doppio regime; pneumatici a basso rapporto di forma; accoppiamento portante di tipo a rapido aggancio; accoppiamento portante anteriore; guida reversibile; elettronica di controllo attivo e sensoristica a servizio delle trasmissioni, dei collegamenti con le macchine operatrici, del sistema di alimentazione del motore, degli impianti idraulici ecc.; trasmissioni idrauliche e servo-assistite con cambi a funzionamento sincrono ed automatico anche sottocarico; sistema frenante servo-comandato; sospensioni. Ciò, oltre, al noto e necessario progresso (verificatosi dal 1970 in poi) relativo a: il confort e la visibilità del posto di guida; la riduzione del rumore e la sicurezza. Recentemente, poi, sono stati introdotti i cingoli in gomma atti a garantire, oltre a un basso carico specifico sul terreno, grande versatilità di comportamento, in campo e su strada.

Un cenno particolare meritano i progressi ottenuti sul miglioramento del confort e della sicurezza dei trattori. Tale problema può farsi risalire – come tematica da risolvere – alla fine degli anni '50 quando comparvero i primi studi internazionali fra i quali quelli prodotti dalla scuola tedesca del Max Plank Institut di Bad Kreuznach diretto all'epoca da G. Preuschen. Una verifica svolta nel 1959-60 su undici trattori operanti presso altrettante aziende agricole dimostrò come la produzione fosse, nel complesso, ben lontana dal prendere in considerazione gli aspetti ergonomici. Quindi, come l'assetto del posto di guida e la posizione dei comandi fossero ben lungi dal rispondere alle indicazioni fornite dagli studi svolti da detto Istituto. Ciò, ad eccezione di due esemplari (uno tedesco ed uno inglese) meglio ergonomicamente disegnati. Fu solo più tardi che si introdussero in tutte le produzioni quelle innovazioni incrementali atte a rispondere alla riduzione della fatica dell'operatore garantendo, così, una più pronta risposta alle sollecitazioni esterne e, quindi, favorendo la sicurezza. Tali innovazioni riguardavano sia la più appropriata posizione dei comandi, rispetto a quella del conducente, sia il miglioramento introdotto sui sedili in termini di confortevolezza, così come di riduzione delle vibrazioni e della rumorosità.

Tali miglioramenti, peraltro, cominciarono a verificarsi soprattutto a seguito dell'effettuazione sui trattori delle omologazioni secondo il codice OCSE (all'epoca OECE) la cui nascita risale alla seconda metà degli anni '50. Analogamente può dirsi per quanto attiene la sicurezza e, quindi, a esempio, il montaggio obbligatorio – almeno sui trattori a ruote tipo standard – delle cabine e/o dei telai di protezione. Tale obbligatorietà risale all'1.1.1974.

Il tutto ha portato ad una nuova macchina capace di sviluppare diverse e molteplici funzioni, con ben più elevate prestazioni di campo, meglio rispondente alle varie esigenze tecniche, economiche e sociali dell'agricoltura e della crescente gamma di macchine operatrici ad essa accoppiabili. Ciò anche se, specie per il complicarsi delle trasmissioni, si è andata progressivamente riducendo la parte della potenza sviluppata dal motore disponibile per le macchine operatrici. Nei più recenti modelli di elevata potenza (sino a 250 kW), infatti, quasi il 50% della potenza stessa viene assorbita dagli organi interni del trattore contro il 25%, in media, proprio dei trattori di 10-15 anni fa. Il tutto a scapito (economico) dell'agricoltore.

Il trattore attuale, tuttavia, può essere valutato con prestazioni complessive migliori rispetto a quelle di 50 anni addietro di un fattore 8 e, rispetto ai modelli della fine degli anni '70, almeno di un fattore 3. Basta pensare, a dimostrazione di quanto sopra, all'effetto positivo offerto dalla doppia trazione – che ha fortemente migliorato il bilancio dinamico – con innesto automatico e dai pneumatici a basso rapporto di forma. Questi hanno drasticamente ridotto la resistenza di autodislocamento, cui vanno aggiunti i vantaggi propri: degli accoppiamenti portanti, anche anteriori, che hanno consentito una forte riduzione dei pesi; della riduzione dei consumi specifici; della guida reversibile; dei cambi – anche automatici – ad elevato numero di marce; dell'aumentata velocità di avanzamento; dei controlli elettronici, nonché dei dispositivi di sicurezza e confort. Tutte queste innovazioni hanno fatto fare enormi passi avanti nella versatilità di conduzione, nella facilità di guida e nella possibilità di economica utilizzazione a servizio dello svolgimento dei processi agricoli. Si è tuttavia, forse, ecceduto nelle sofisticazioni, introdotte spesso più per motivi mercantili che per reali esigenze dell'agricoltura. Infine, è da segnalare – contemporaneamente ad una positiva evoluzione del design – una forse eccessiva corsa alla alte potenze, nel complesso poco utilizzate dagli agricoltori.

A fianco dei trattori convenzionali, poi, è da ricordare lo sviluppo assunto in questi 50 anni dai motocoltivatori, la cui produzione si è sviluppata a

partire dagli anni '50. Si tratta di macchine universali (oggi di minore interesse agricolo ma di crescente importanza per la manutenzione del verde) che devono essere scelte in coerenza con le operatrici da applicare, studiate in modo da assicurare una maneggevolezza atta a rendere la guida meno faticosa e più rispondente alle esigenze di lavoro.

Le macchine per la lavorazione del terreno

L'evoluzione di questo comparto è stata caratterizzata: da un lato, da innovazioni di tipo incrementale sugli aratri, sugli erpici e sulle altre macchine per i lavori complementari già noti da decenni; dall'altro, dall'introduzione di innovazioni radicali consistenti in macchine nuove atte, soprattutto, a: migliorare l'efficienza delle soluzioni pre-esistenti; consentire lo svolgimento di processi di lavorazione anche fortemente modificati rispetto agli originali; ridurre i costi di svolgimento delle diverse operazioni.

Nel caso, in particolare, degli *aratri*, le innovazioni incrementali si sono soprattutto incentrate sulla utilizzazione di: nuovi materiali (recentemente si tende a sostituire l'acciaio triplex proprio dei versoi con quello al boro microlegato di più basso costo e di più facile lavorazione); modelli di tipo portato dal trattore, a larghezza di lavoro variabile, anche operanti fuori solco; soluzioni idrauliche per il comando a distanza dei diversi movimenti di sollevamento, interrimento, regolazione della profondità e della larghezza della fetta. Inoltre, molti sono stati i tentativi fatti – alcuni dei quali con buon successo mercantile – per realizzare innovazioni radicali consistenti in modelli a minor resistenza di trazione (versoi fenestrati, aratri a losanga ecc.) o, addirittura, atti a sostituire gli organi di lavoro fissi con organi ruotanti mossi dalla presa di potenza del trattore. L'aratro attuale, comunque, continua a seguire l'impostazione tecnica datagli nel secolo scorso da Ridolfi e Lambruschini, avendo gradualmente aumentato la larghezza di lavoro (sino a 6 e più corpi), essendo di tipo portato e destinato a lavori tanto più superficiali quanto più è grande il numero di corpi. Ad essi, poi, si sono andati affiancando modelli a dischi concavi ruotanti attorno ad assi orizzontali e mossi dalla p.d.p. dei trattori, così come vangatrici a quadrilatero articolato con cinematismo di comando azionato dalla stessa p.d.p. dei trattori. Esse sono in grado di operare sino a 30-35 cm di profondità con buon sminuzzamento del terreno, lavorando con successo su terreni asciutti con pochi residui colturali.

In parallelo, specie in questi ultimi anni, ci si è orientati – sempre nell’ottica di ridurre i consumi energetici e di aumentare la tempestività di intervento – verso modelli di macchine a operazioni riunite, cioè idonee ad arare, erpicare e rullare il terreno sino ad ottenere con una sola passata in campo letti di semina rispondenti alle specifiche esigenze e perfettamente livellati per l’introduzione di dispositivi radar montati sulle operatrici.

L’obiettivo di ottimizzare il letto di semina ha, poi, portato alla definizione di *erpici* di diverse tipologie (rigidi, snodati, a denti ruotanti od oscillanti, a dischi ecc.) che si sono diffusi a seconda dei terreni e delle esigenze delle colture da seminare, oltre che delle preferenze degli agricoltori.

Dagli anni '50, si è pure sviluppata la costruzione di *zappatrici* con denti rigidi, in acciaio legato, ruotanti su assi orizzontali, realizzate in dimensioni crescenti (i 6 m di larghezza tendono ad essere oggi una realtà sempre più diffusa) di tipo portato, con regimi di rotazione variabili a mezzo del diverso regime della p.d.p. Ad esse vengono accoppiate seminatrici, a righe o di precisione, di tipo anche combinato.

I processi di lavorazione del terreno sono, specie in questi ultimi 20 anni, profondamente cambiati e si tende oggi a differenziare le periodiche lavorazioni che si svolgono prima o all’atto della semina, nonché, come è ovvio, quelle effettuate in copertura.

Infatti, le varie colture manifestano, nei differenti terreni anche in rapporto alle condizioni climatiche, esigenze diverse e, quindi, richiedono profili colturali differenziati. Ciò comporta l’uso di specifiche macchine atte a rompere e amminutare più o meno il terreno nei diversi strati.

Una tendenza generale, pur non ancora completamente affermata, sembra potersi individuare nella diminuzione della profondità di lavoro sino alla cosiddetta lavorazione minima oltre che nell’accennato uso di macchine a operazioni riunite. L’impiego di queste nuove tecniche e metodologie può consentire risparmi compresi fra il 40 e il 60% rispetto alle tecniche convenzionali, in termini economici e sino all’80%, dal punto di vista energetico.

Si parla, così, con crescente frequenza, di lavorazioni: ridotte, minime, paciamanti, su porche e su bande. Ciò, oltre alla semina diretta su terreno sodo. Ovviamente, per ciascuna di queste operazioni vengono offerte macchine realizzate allo scopo, di tipo combinato, in generale idonee a svolgere, al meglio, le varie operazioni contemporaneamente.

Le macchine per la semina e la fertilizzazione

Altro comparto che si è fortemente evoluto – specie negli ultimi 30 anni – è quello delle *seminatrici*. Queste macchine, negli anni '50, erano realizzate in tre modelli base a distribuzione meccanica accoppiabili al trattore. Col passare dei lustri, mentre i modelli a spaglio (un tempo usati soprattutto in risicoltura) hanno fortemente ridotto la loro presenza, si sono realizzate, in ordine di tempo: macchine combinate con la fertilizzazione; seminatrici a distribuzione pneumatica o liquida; seminatrici combinate con la lavorazione ridotta del terreno. Il tutto allo scopo di ottenere: una distribuzione più omogenea del seme alla giusta profondità; un minor maltrattamento del seme stesso, assicurandosi, così, più alta germinabilità; una crescente produttività del lavoro; una progressiva riduzione della quantità di semi distribuita per ettaro. Ciò ha contribuito a ridurre i costi di queste operazioni, nonché ad aumentare la tempestività di intervento e le rese. In parallelo, però, si è affermato l'uso – indispensabile con le nuove macchine – di semi accuratamente selezionati, di dimensioni uniformi, al fine di assicurarsi la migliore qualità di semina e il minor maltrattamento con conseguente, possibile aumento di germinabilità.

Le seminatrici, attualmente, presentano larghezze di lavoro anche superiori a 6 m e velocità di lavoro sino a 12 km/h come tali mediamente 4 volte superiori a quelle di 50 anni addietro. Particolare cura, inoltre, è applicata alla scelta dei materiali al fine di garantire una buona qualità dell'operazione e un minore pericolo di microlesioni alle sementi.

Recentemente, poi, si sono andate sviluppando anche nuove macchine per il *trapianto* con notevoli innovazioni rispetto ai semplici modelli agevolatori presentati agli inizi degli anni '50. Si tratta di macchine atte a distribuire piantine con le radici avvolte in zolle in terra (anziché con radici nude), ottenendo, così, il vantaggio di aumentare l'attecchimento e di incrementare la uniformità colturale. Questi modelli – che operano su una o più file – essendo in maggioranza di tipo agevolatore, richiedono sempre la presenza di un addetto per fila per la distribuzione delle piantine stesse. Tuttavia, in questi ultimi 12 anni sono andate proponendosi sul mercato soluzioni a migliorata produttività (un addetto ogni 3-4 file di trapianto) sino a una completa automazione. Esse si basano sulla preventiva preparazione, in vassoi appositi, di piantine avvolte in zolle di terra. Tali vassoi vengono, poi, montati sulle macchine trapiantatrici, alimentando autonomamente gli organi di distribuzione.

Circa la *fertilizzazione*, si sono mantenute le caratteristiche di base degli *spandiletame* le cui principali innovazioni sono consistite: nel comando degli organi di lavoro (nastro trasportatore di fondo, distributori e sminuzzatori del prodotto) tramite la presa di potenza del trattore cui vengono accoppiati; nell'uso di materiali di maggiore resistenza meccanica, nonché all'attacco elettrochimico da parte del letame; nella semplificazione e unificazione degli organi di frantumazione e distribuzione; nell'aumento della capacità di carico del cassone anche per merito dell'impiego di pneumatici a basso rapporto di forma. Nel complesso, analoghe innovazioni si sono avute, in questi ultimi 50 anni, anche sui carri *spandiliquame* nei quali si sono introdotte pompe rotative e un migliore sistema di distribuzione del prodotto con maggiore regolarità della stessa. In questi ultimissimi anni, poi, tali macchine vengono dotate di dispositivi elettronici di controllo attivo della distribuzione in campo nonché di organi distributori che interrano il refluo.

Inoltre, si stanno presentando sul mercato i primi mezzi «intelligenti» collegati a sistemi di posizionamento geografico (GPS), sì da poter distribuire, in ogni situazione, la giusta quantità di fertilizzante, nel modo più corretto.

Nel comparto, invece, dello *spandimento di fertilizzanti minerali*, si è vista la progressiva affermazione dei modelli a doppio disco ruotante atti a spandere il prodotto per reazione centrifuga su grandi larghezze di lavoro e con curve di distribuzione di ottima qualità. Tutti questi mezzi, infine, possono essere dotati di un sistema di correlazione fra la quantità distribuita e la velocità di avanzamento in campo (DPA) la cui efficacia reale, tuttavia, non è ancora stata appieno dimostrata. Infine, vanno ricordati i mezzi a distribuzione pneumatica, quelli per i concimi liquidi e le tecnologie per la distribuzione interrata dell'ammoniaca anidra. Tutte tecnologie, queste, cinquant'anni addietro completamente sconosciute.

È interessante anche ricordare, da ultimo, che 50 anni addietro le tecnologie per il carico del letame erano inesistenti e che tale operazione veniva svolta totalmente a mano. Per tutte queste macchine, inoltre, si è negli ultimi anni operato a favore della sicurezza d'uso e della protezione degli addetti.

Le macchine per lo sviluppo, la cura e la manutenzione delle colture

Le operazioni cui queste macchine si riferiscono riguardano fondamentalmente: l'irrigazione; la distribuzione dei fitofarmaci; la potatura di piante arboree; il diradamento dei frutti.

L'*irrigazione*, per quanto le prime attrezzature risalgano agli inizi del secolo, in realtà ha preso sviluppo, nelle sue versioni di distribuzione per asperzione generalizzata (o a pioggia) e localizzata (o a goccia) dagli anni '50 in poi con la diffusione, anche, dei motori elettrici. La tecnologia relativa – basata inizialmente su opere di presa, reti di erogazione in tubi rigidi posti superficialmente o interrati ed irrigatori statici o dinamici a bassa o media pressione con gittate sino a 40 m su aree circolari – si è andata evolvendo, in questi ultimi 20-25 anni, verso soluzioni di tipo automatizzato (ora in genere governate da elaboratori elettronici di controllo attivo). Esse offrono assai più elevate produttività di lavoro sia per la ridotta presenza di addetti, sia per la possibilità di irrigare ampie superfici con gittate di qualche centinaio di metri. Si sono diffusi, così, modelli semoventi ad ala flessibile e avvolgibile (i cosiddetti srotoloni); a «pivot»; a «boma» e di tipo «ranger». Tutte queste soluzioni, in genere a pioggia lenta, consentono di ridurre l'impiego della manodopera, rispetto ai modelli con reti basate su tubi rigidi spostabili manualmente, a 1/12 circa con conseguente vantaggio economico anche se l'investimento iniziale risulta maggiore di 4-5 volte. L'aumento di produttività del lavoro, inoltre, viene esaltato dalla accennata presenza di microcalcolatori che provvedono alla programmazione della distribuzione dell'acqua in funzione delle esigenze del terreno e delle colture in atto.

Dagli anni sessanta, poi, ha avuto inizio la realizzazione e diffusione degli impianti per irrigazione localizzata, con tubazioni erogatrici in gomma sintetica, normalmente a servizio di colture arboree nelle versioni interrata, rasoterra o sospesa. Tali soluzioni, che presentano il grande vantaggio di ridurre i consumi idrici rispetto alla irrigazione a pioggia a quasi la metà e di garantire un'umidità costante al terreno, hanno, tuttavia, trovato qualche difficoltà nella loro diffusione (così come è accaduto per le tecnologie proprie dell'irrigazione sotterranea) anche se ne è dimostrato il vantaggio in termini sia agronomici, sia energetici.

Le macchine per la *distribuzione dei fitofarmaci*, invece, da sempre presenti nell'agricoltura nazionale, erano, inizialmente, basate su irroratrici a bassa pressione nelle quali il liquido di distribuzione veniva compresso mediante pompe alternative ad azionamento manuale o rotative comandate da piccolo motore endotermico, facendolo poi uscire dagli ugelli con bassa pressione e polverizzazione grossolana. Altra soluzione riguardava la distribuzione di polveri (macchine impolveratrici) mediante soffiati a mantice, a comando manuale.

Solo verso la fine degli anni '60 cominciarono a diffondersi le irroratrici a polverizzazione meccanica a getto proiettato, di impiego limitato alla distri-

buzione di diserbanti mediante larghe barre orizzontali dotate di ugelli. Esse sono state seguite dalle irroratrici a polverizzazione meccanica a getto portato e dai modelli a polverizzazione pneumatica pure a getto portato destinati ad operare su colture arboree. Con ciò, inviando una popolazione di gocce di diametro medio molto piccolo variabile da 200 a 300 μm , se si opera con principi attivi agenti per contatto (come nel caso della irrorazione coprente), o di 300-500 μm utili per la cosiddetta irrorazione bagnante mediante principi attivi agenti per azione sistemica. Più recentemente, poi, – come già si è accennato – le macchine, nel frattempo evolutesi positivamente, sono state dotate di microcalcolatori elettronici nonché di sistemi di visione tali da far sì che il trattamento venga limitato alle zone ove esiste la vegetazione. Inoltre, sono stati introdotti sistemi a 2 o 3 serbatoi di cui uno per il prodotto attivo, uno per l'acqua da miscelare con questo al momento della distribuzione ed uno per l'igiene dell'operatore. Grandi progressi, quindi, sono stati effettuati in questo comparto con l'introduzione di innovazioni radicali che specie negli ultimi 15 anni del secolo scorso sono andate moltiplicandosi in parallelo allo sviluppo di soluzioni per diserbo basate su principi fisici (calore, magnetismo, ecc.). Il tutto onde favorire la protezione ambientale. Infine, da ricordare il recentissimo «sistema automatico» per il controllo della posizione di macchine portate per la lotta alle malerbe.

Il terzo grande gruppo per lo sviluppo e la manutenzione delle piante riguarda le macchine per la *potatura* degli alberi e per il *diradamento* meccanico dei frutti. L'evoluzione in questo settore è stata avviata pure negli anni '50 con l'introduzione di strumenti agevolatori oltre che di un dispositivo basato su un carrello a 4 ruote (accoppiabile a trattore o semovente) che porta una o più postazioni a gabbia spostabili verticalmente ed orizzontalmente mediante dispositivi idraulici. Su tali postazioni prendono posto gli addetti facilitando così l'operazione, aumentando la produttività del lavoro e garantendo loro maggiore sicurezza.

Alla fine degli anni '70, poi, sono state introdotte le macchine potatrici basate su seghe, circolari o rettilinee (a moto continuo o alternativo), applicate a trattori e azionate dalle loro p.d.p. Ovviamente, tali macchine non sono in grado di operare una potatura selettiva, effettuando tagli su piani verticali ed orizzontali, in qualche caso anche inclinati. Esse, quindi – impiegabili con successo sia su frutteti, sia su vigneti – richiedono, un successivo lavoro di rifinitura manuale. Nonostante la dimostrata validità delle soluzioni, la loro diffusione è tuttora piuttosto limitata per carenza soprattutto di informazione agli e di formazione degli agricoltori.

Abbandonata dalla fine degli anni '60 l'operazione meccanica di diradamento di talune colture erbacee seminate a file (come la barbabietola) per merito dello sviluppo della semina di precisione, cui si è fatto cenno, si è aperta la possibilità di operare il diradamento meccanico sugli alberi da frutto mediante l'uso – introdotto alla fine degli anni '70 – delle stesse scuotitrici utilizzate per la raccolta meccanica delle produzioni arboree.

Tutte queste soluzioni meccaniche sono in grado di aumentare di 7-15 volte la produttività del lavoro propria degli interventi manuali.

Le macchine per la raccolta dei foraggi

In questo comparto si è assistito spesso, in questi ultimi 50 anni, ad una successione di innovazioni radicali di grande rilievo, tutte mirate ad ottenere migliori produzioni, con più basse perdite di valore nutritivo delle foragere trattate. Al contempo, sono stati approfonditi gli argomenti relativi alla ottimizzazione della intera filiera di raccolta e conservazione dei prodotti. Le innovazioni riguardano sia il taglio dei prodotti, sia la fienagione e le operazioni di raccolta. In merito, quelle più interessanti si riferiscono a: la falciatura effettuata con sistemi a doppia barra oscillante e/o a lame ruotanti su asse orizzontale; il condizionamento dei foraggi appena tagliati con dispositivi cilindrici schiacciatori spesso combinati con falciatrici; la ranghinatura con macchine di diversa tipologia ma atte, in generale, a svolgere anche operazioni di spandimento e rivoltamento del fieno; i dispositivi caricatori a nastro dei foraggi raccolti in andane; le raccogli-imbattrici per piccole balle prismatiche. Ad esse hanno fatto seguito, a partire dalla fine degli anni '60: le falcia-condizionatrici a flagelli ruotanti; le falcia-arieggiatrici; le falcia caricatrici per foraggi freschi; i carri autocaricanti; nuovi modelli di ranghinatori; le raccogli imbattrici per balle cilindriche e per balle prismatiche «giganti»; i carri raggruppari per la raccolta e il trasporto di dette balle dal campo al centro colonico. Infine, alla metà degli anni '80 sono state introdotte con successo le fasciatrici di balle cilindriche con film di plastica atte a ridurre drasticamente le perdite di valore nutritivo. A valle, poi, della meccanizzazione della raccolta in campo, grande evoluzione si è avuta nei processi di conservazione dei foraggi. Basta, in merito, limitarsi a ricordare: nella seconda metà degli anni '50, la disidratazione ad alta e bassa temperatura; successivamente, i sistemi di essiccazione dei foraggi in due tempi con aria leggermente riscaldata, sistemi studiati e realizzati, dopo la crisi energetica della

guerra arabo-israeliana del 1973, con soluzioni prevedenti sistemi solarizzati o co-generatori alimentati a gas biologico (biogas; gas povero).

Le macchine per la raccolta delle piante da granella

La raccolta meccanica dei cereali nacque, in Italia, agli inizi del 1900. Tuttavia, essa si diffuse mediante la *mietilegatrice* a trazione meccanica con barra falciante disposta lateralmente al trattore, apparato trasportatore trasversale, accovonatura e legatura orizzontali ed espulsione laterale dei covoni, dopo la fine della seconda guerra mondiale. Dapprima gli organi operatori erano mossi da un complesso sistema di trasmissioni meccaniche derivanti da una delle due ruote portanti metalliche, quindi dalla p.d.p. del trattore. Subito dopo il 1955 tali macchine vennero sostituite da mietilegatrici semoventi ad accovonatura verticale derivanti da esperienze svizzere e rapidamente realizzate anche in Italia – con qualche significativa innovazione migliorativa – da montare sulla struttura portante delle motofalciatrici. Tali macchine, tuttora in uso e in commercio, tendono attualmente ad operare nelle sole aree ove la mietitrebbiatrice, dapprima accoppiata al trattore poi semovente, non era e non è in grado di lavorare.

La macchina, tuttavia, che ha segnato una grande svolta nel panorama della raccolta dei cereali è stata la *mietitrebbiatrice* realizzata, sulla base di precedenti esperienze straniere, da 3-4 importanti ditte italiane di antica tradizione. Dai primi esemplari di 45 anni fa' ad oggi, molti sono stati i perfezionamenti introdotti per migliorare le caratteristiche di lavoro (sistemi di battitura; organi di separazione e pulizia della granella; tramogge di raccolta dei prodotti; riduzione delle perdite) aumentando le prestazioni. Le macchine realizzate nel 1958-59, tanto per esemplificare, erano in massima parte di tipo trainato e presentavano larghezze di taglio massime di non più di 3 m (con tendenza a valori inferiori). Allo stato attuale, invece, si commercializzano macchine semoventi con: larghezze di taglio anche superiori ai 6 m, potenze installate che superano i 30 kW/m di barra, velocità di avanzamento di 5-6 km/h, organi di separazione più ampiamente dimensionati ed efficienti ecc. La produttività e la qualità del lavoro sono, quindi, enormemente aumentate.

Tutte queste innovazioni, cui sono da aggiungere i dispositivi elettronici di controllo attivo delle perdite, dei flussi di prodotto ecc., nonché i dispositivi di sicurezza e per la mappatura delle produzioni, si sono sviluppati in

questi ultimi 40 anni ponendo a disposizione – oggi – macchine completamente diverse dalle originali con capacità di lavoro da 2 a 3 volte superiori e qualità di lavoro pure migliori di almeno 3 volte. Ciò, comunque, ha comportato l'adeguamento dei campi onde rendere effettive le grandi capacità di lavoro offerte.

Nel contempo, si sono andate proponendo: dal 1987 le testate «*stripper*» atte a raccogliere la sola granella, idonee per cereali autunno vernini e per il riso, con velocità di avanzamento non inferiori a 12 km/h; dal 1963, le macchine per la raccolta del mais sia da granella (raccogliispighe-sgranatrici) sia a destinazione zootecnica (falcia andanatrici; falcia trinciatrici) oggi pure di grande capacità di lavoro e con ottime prestazioni qualitative, nonché quelle per la raccolta del pisello e altre colture similari.

Infine, una menzione particolare meritano le mietitrebbiatrici di tipo autolivellante atte ad operare su terreni declivi, sviluppatesi in Italia anche a seguito di ampie azioni di ricerca promosse dal CNR agli inizi degli anni '60. Esse hanno avuto pieno successo e larga diffusione, consentendo, in pratica, la raccolta in ogni area del paese.

Anche in questo caso, da ultimo, vale la pena di richiamare i paralleli studi di meccanizzazione, relativi alla organizzazione ottimale delle varie catene di lavoro.

Altre macchine per la raccolta di produzioni erbacee

Anche nel settore della raccolta di tuberi e radici si è assistito ad una forte spinta evolutiva con orientamento verso: da un lato, la realizzazione di macchine a operazioni riunite per patate e barbabietole; dall'altro, la copertura delle esigenze di raccolta meccanica di colture ortive, quali la carota, l'aglio, la cipolla, con l'adozione di soluzioni talvolta originali. In particolare, per quanto riguarda patate e barbabietole, le innovazioni principali – realizzate a partire dalla metà degli anni '60 – riguardano sia l'aumento di capacità di lavoro essenzialmente dovuto all'ampliamento del fronte di raccolta, sia il miglioramento della qualità della raccolta stessa con la diminuzione delle perdite di prodotto e della cosiddetta tara terra. Nel comparto, segnatamente, bieticolo, l'introduzione di vomerini autocentranti, di dispositivi defogliatori e scollettatori di nuova concezione e supportati da sistemi elettronici di controllo attivo ha portato a significativi risultati. In quarant'anni, si può dire che le perdite di prodotto si siano praticamente dimezzate, così come la tara terra,

mentre la produttività di lavoro si è più che raddoppiata. Sembra, infine acquisita la tendenza verso l'impiego di macchine a operazioni riunite.

Passi avanti, ancorché non definitivi, sono stati compiuti anche nella raccolta delle produzioni ortive da mercato fresco per le quali si è passati attraverso l'uso di soluzioni meccanizzate agevolatrici del lavoro dell'uomo con aumento di produttività dello stesso di 1,2-1,4 volte rispetto alla raccolta manuale, per tendere a giungere a soluzioni meccaniche, addirittura automatizzate o robotizzate. Queste innovazioni di prodotto – appena agli inizi ma già affermate per quanto attiene, ad esempio, la raccolta di carote, aglio, cipolle ecc. – hanno richiesto lo sviluppo di ricerche sul miglioramento dei processi agricoli (genetica, agronomia) al fine di pervenire a produzioni con maturazione la più possibile contemporanea. Lo stesso dicasi per la raccolta di pomodori, insalate ecc.

Anche qui, ruolo sempre più importante ha assunto l'applicazione dell'elettronica di controllo attivo e della sensoristica.

Le macchine per la raccolta delle produzioni arboree

Un comparto, rimasto per anni abbandonato – o quasi – e risvegliatosi solo con la seconda metà degli anni '70, è quello della raccolta delle produzioni arboree con particolare riguardo alle olive, alla frutta polposa, all'uva. Le sollecitazioni offerte, in merito, dalle attività del progetto finalizzato di ricerca sulla meccanizzazione agricola del CNR sono state tali da consentire un certo risveglio di interessi specie per la vite e l'olivo, risveglio peraltro assai più lento di quanto verificatosi ad esempio in Francia.

In particolare, nel settore viticolo la raccolta meccanica dell'*uva da vino* è ormai divenuta una realtà per i vigneti a contropalliera e a doppia cortina purché con interfilari $\geq 3,50$ m. Se si escludono le aree collinari e con sestri di impianto non adatti, si può stimare che circa 300.000 ha siano tali da consentire con soddisfazione la diffusione generalizzata della raccolta meccanica. A ciò si aggiungono i tendoni che, se opportunamente adattati, possono pure venire raccolti meccanicamente, mediante sistemi agenti per pettinamento sulla fascia produttiva. Tale operazione, avviene, invece, nei primi due sistemi di allevamento, per scuotimento, rispettivamente, orizzontale e verticale. Le macchine relative, oggi di tipo semovente, sono state in questi ultimi 20 anni notevolmente migliorate riducendo le perdite (palesi ed occulte) sino a meno del 10% della produzione pendente. Le macchine attuali, inol-

tre, offrono una produttività del lavoro circa 15 volte superiore a quella delle tecniche manuali e circa 12 volte maggiore di quella propria dei sistemi agevolatori utilizzanti cesoie servo-assistite e carri raccolta.

Nel comparto *olivicolo*, invece, la raccolta meccanica delle *drupe* avviene mediante l'impiego di cantieri di lavoro basati su dispositivi scuotitori (semoventi o applicati a trattori) degli alberi e sistemi intercettatori.

Con l'azione dei primi, di durata – per ogni applicazione – dell'ordine di qualche decina di secondi, si inducono azioni dinamiche che tendono a far cadere le drupe in misura, a secondo delle cultivar, comprese fra il 55 e l'85% dei frutti pendenti. Queste vengono poi raccolte da teli intercettatori più o meno meccanizzati e/o automatizzati. Tali soluzioni consentono produttività di lavoro sino a 120 kg/ul·h (unità lavorativa ora) come tali superiori anche di 10-12 volte quelle proprie dei sistemi tradizionali per brucatura o per pettinamento degli alberi e raccattatura delle drupe cadute al suolo. Il tutto, con notevole miglioramento della qualità e senza alcuna conseguenza negativa sulle piante. Più recentemente, poi, sono state realizzate pettinatrici ad azione meccanica vibrante che, esplorando l'intera chioma delle piante, sembrano di particolare interesse per operare su oliveti vecchi e con strutture inadatte all'uso delle macchine scuotitrici.

Se, comunque, queste sono le possibilità offerte in termini tecnologici, vi è da segnalare il notevole sforzo compiuto in questi anni dagli arboricoltori per definire sistemi di allevamento meglio appropriati alla raccolta meccanica (piante monocaule) o, addirittura, basati su piante basse allevate a siepone. La lentezza con la quale tali metodi di meccanizzazione, interessanti una superficie complessiva non superiore al 10% di quella olivicola totale vengono introdotti è dovuta, in parte, ad un certo pre-concetto negativo degli olivicoltori e dei trasformatori, favorito dalla mancanza di un'azione politica di supporto alla nuova meccanizzazione.

Diverso è il caso della raccolta della *frutta* causa le oggettive difficoltà di raccogliere prodotto non danneggiato dall'impatto dovuto alla caduta delle produzioni pendenti. Nel caso della frutta, in particolare, soluzioni basate su sistemi scuoti-intercettatori semoventi hanno fornito ottimi risultati tecnici e operativi (raccolta sino al 95-98% dei frutti pendenti), con danni, tuttavia, che possono giungere a interessare anche sino al 40% del raccolto. Ciò, con produttività del lavoro che, su percoche, possono giungere anche a 1000 kg/ul·h con un aumento di produttività rispetto a soluzioni meccanizzate basate sull'uso di carri agevolatori (spesso ad azionamento elettrico, come si è accennato, che offrono il vantaggio di non inquinare il

prodotto e di proteggere dal rumore e dai gas di scarico la manodopera) di 7-9 volte.

Nel caso, infine, degli *agrumi*, si è tuttora orientati verso la raccolta meccanizzata (anche per le possibilità tuttora ampiamente esistenti di utilizzare manodopera operante al di fuori dei contratti sindacali) mentre da qualche anno, in Italia e all'estero, si va studiando l'applicazione di robot con organi di visione tali da individuare i frutti fra le chiome. Gli studi svolti, tuttavia, non hanno sinora portato ad alcuna soluzione commercialmente utilizzabile e diffondibile.

Meccanizzazione delle operazioni a punto fisso

Anche in questo comparto l'evoluzione e lo sviluppo della meccanizzazione sono stati particolarmente vivaci, soprattutto per l'incalzante esigenza di aumentare la produttività del lavoro e, conseguentemente, di ridurre i costi di svolgimento delle varie operazioni. Per altro verso, alcune macchine fondamentali, come le trebbiatrici e le selezionatrici delle cariossidi, sono andate rapidamente sparendo dal panorama della meccanizzazione agricola aziendale. Esse, infatti, sono state sostituite da macchine di campo a operazioni riunite, come le mietitrebbiatrici, o vengono fatte operare al di fuori del centro aziendale, concentrandole a servizio di impianti di immagazzinamento e trasformazione dei prodotti.

Questo cambiamento della meccanizzazione è derivato anche dalla evoluzione e dalla modifica dei processi e del loro svolgimento all'interno del centro aziendale. Lo sviluppo si è, conseguentemente, concentrato sulle operazioni legate agli allevamenti animali (mungitura, alimentazione e governo degli animali) per le quali si è passati a impianti e macchine sempre più automatizzate, assistiti da sensori e richiedenti la presenza dell'addetto tendenzialmente per pura attività di controllo del lavoro svolto e della salute degli animali stessi, con particolare riguardo ai bovini.

Ciò è stato reso possibile soprattutto per la diffusione progressiva dell'elettificazione agricola i cui consumi sono passati da poco più di 2.000 GWh/anno propri del 1950 a quasi 8.000 GWh/anno alla fine di questo secolo, quindi con quasi una loro quadruplicazione. Essi rappresentano, attualmente, circa il 34% dei consumi energetici totali dell'agricoltura italiana; di questi, poi, circa l'80% è legato all'uso di impianti fissi con particolare riguardo a quelli a servizio, appunto, degli allevamenti zootecnici. Il

25% circa, invece, è per l'irrigazione, mentre il restante 5% è a servizio della serricoltura. Ciò, come valore nazionale, anche se fra una regione e l'altra, anche in relazione agli ordinamenti produttivi adottati, sussistono notevoli differenze nell'intensità energetica in atto. Il tutto, comunque, è il frutto di un notevole sforzo di razionalizzazione dei calendari di lavoro e delle attività da svolgere giornalmente o, per talune operazioni, stagionalmente.

Tali consumi elettrici, peraltro, sono andati sviluppandosi in parallelo a quelli dell'energia termica usata per le operazioni di cottura degli alimenti zootecnici, di essiccazione dei prodotti e di riscaldamento di acqua sanitaria. Ciò è tanto vero che da anni, ormai, si è avviato un discorso di utilizzazione aziendale delle energie rinnovabili (solare e da biomasse) con la definizione di tecnologie economicamente utilizzabili

Al contempo, notevoli sono stati gli sviluppi negli *impianti di mungitura* per bovini, oggi divenuti automatizzati e capaci di produttività del lavoro (nelle soluzioni cosiddette «in sala») dell'ordine di 150 capi munti/ul·h con un aumento, quindi, di 12-15 volte quelle proprie delle stalle degli anni '50, quando le operazioni si svolgevano manualmente, e di 3-4 volte quelle proprie dei primi impianti mobili a carrello. Al contempo, a partire dalla fine degli anni '70, si sono andati sviluppando impianti di mungitura per pecore e capre di tipo sia fisso, sia trasportabile, dotati anche di 80 gruppi di mungitura, con produttività del lavoro sino a 200 capi/ulh. Lo sviluppo del settore, cui ha notevolmente contribuito l'introduzione dell'elettronica e dell'informatica, è stato tale da richiedere l'esigenza – al fine di proteggere gli utenti da scelte sbagliate – di definire standard di dimensionamento delle componenti delle macchine e degli impianti a livello mondiale mediante la pubblicazione di apposite norme ISO (International Standard Organization). Nel comparto specifico, infine, si è andata sviluppando recentemente la messa a punto, da parte di alcune case costruttrici europee, di veri e propri robot di mungitura comunque tali da consentire lo svolgimento di 3 o più mungiture al giorno con conseguente aumento della produzione di latte di ciascun animale e riduzione dei costi di produzione. A valle di tutto ciò, poi, si è enormemente sviluppata la tecnologia di *refrigerazione e conservazione del latte* alle stalle, con conseguente contributo alla salubrità dello stesso. I sistemi adottati, basati oggi soprattutto su soluzioni a raffreddamento indiretto, vengono tendenzialmente completati con pompe di calore in grado di recuperare il calore ceduto dal compressore del gruppo frigorifero utilizzato.

Analoga forte evoluzione è da sottolineare nei comparti delle operazioni di *governo e pulizia delle stalle*, operazioni per lo svolgimento delle quali

sono state messe a punto – a partire dalla fine degli anni '50 – macchine e attrezzature, comandate elettricamente o con motore endotermico, oggi in qualche caso robotizzate. I modelli più comuni provvedono all'asporto della lettiera e/o delle deiezioni mediante sistemi raschiatori che si muovono scorrendo sul pavimento. Si tratta di evacuatori, di tipo diverso a seconda del sistema di stabulazione, che richiedono bassi assorbimenti di potenza comportando produttività del lavoro estremamente alte, con una decuplicazione rispetto ai sistemi manuali. Essi sono, poi, spesso collegati con soluzioni idrauliche di lavaggio dei pavimenti e, a valle, con pompe ed ossigenatori per il trattamento aerobico dei liquami raccolti.

Ancor più spinta evoluzione è da rilevare nel comparto delle macchine per la *preparazione e distribuzione degli alimenti*. Queste sono passate dai semplici trinciaforaggi e dai mulini frangitutto, propri degli anni '45-'55, a complete catene per lo svolgimento delle operazioni di prelevamento, miscelazione, valorizzazione (distribuzione di melassa, trattamenti con soda della paglia, cubettazione ecc.) aggregazione degli alimenti e loro distribuzione alla mangiatoia.

Nel settore della distribuzione, in particolare, sono da ricordare, unitamente alle attrezzature fisse a coclea o a nastro, la cui introduzione ha avuto inizio dalla fine degli anni '50, le più recenti attrezzature mobili basate su complessi carri – in genere semoventi – atti a prelevare i diversi alimenti ed a miscelarli, preparando diete uniformi da distribuire lungo tutta l'arco dell'anno ai bovini. Si tratta dei cosiddetti carri *unifeed* che, assistiti da opportuni sensori, operano con ottima qualità di lavoro offrendo produttività circa dieci volte superiori a quelle proprie delle tecniche convenzionali. Anche per queste macchine notevole impegno è stato recentemente speso in termini di adozione di norme di sicurezza per gli operatori.

A ciò è da aggiungere quanto avvenuto nel settore dei sistemi di conservazione dei foraggi, cui già si è fatto cenno. Tali sistemi, nati agli inizi degli anni '70, sono basati, da un lato, sull'essiccazione in due tempi con aria riscaldata anche a mezzo di energie rinnovabili e, dall'altro, ai cosiddetti sili a trincea per insilati di mais, opportunamente meccanizzati.

Anche in questo caso è interessante ricordare come le varie innovazioni via via introdotte siano derivate da modifiche nei processi e nella gestione degli allevamenti, compresa l'esigenza di aumentare la qualità degli alimenti foraggieri, migliorando, così, il rendimento complessivo dell'allevamento. La strada, dell'innovazione, comunque – che ha visto una progressiva introduzione di sistemi elettronici di controllo, dell'automazione, di sistemi di visione e di sicurezza – è tuttora lungi dal poter essere considerata conclusa.

L'INGEGNERIA AVANZATA E LE SUE APPLICAZIONI ALLA MECCANIZZAZIONE

Elettronica e automazione

Come si è accennato nei precedenti paragrafi, grandi e positivi impatti e crescente successo ha avuto, specie negli ultimi 15 anni del XX secolo, l'applicazione dell'elettronica e dell'automazione alla moderna meccanizzazione. Ciò con lo scopo di ottimizzarne le diverse funzioni, riducendo i costi di produzione, migliorando le condizioni di lavoro e la salute degli operatori, nonché assicurando un più alto livello qualitativo dei prodotti e salvaguardando l'ambiente. L'elettronica è ormai penetrata profondamente e diffusamente nella moderna struttura produttiva di tutti i paesi industrializzati. I motivi di tale successo derivano, da un lato, dall'impressionante velocità con cui migliorano le caratteristiche operative dei componenti elettronici (potenze di calcolo, dimensioni, memorie ecc.) e, dall'altro, dalla progressiva diminuzione del loro costo e dall'aumento della loro affidabilità operativa.

Di fatto, sono oggi disponibili strumenti in grado di svolgere operazioni estremamente complesse, caratterizzati da dimensioni e costi sino a pochissimo tempo fa impensabili. Da qui il ruolo sempre più rilevante che oggi l'elettronica gioca – in termini generali – nella fisica, nella chimica, nella biologia, nella gestione dei vari comparti produttivi ecc.

Anche nel settore agricolo, quindi, sebbene con un certo ritardo, lo sviluppo dell'elettronica – e, in specie, dei microprocessori – è progredito rapidamente quale mezzo per migliorare l'efficienza delle macchine e ridurre la fatica dell'uomo.

Ciò anche se, nel campo specifico, l'elettronica soffre di condizioni applicative particolarmente difficili, essendo chiamata ad operare in presenza di vibrazioni ripetute e variabili, sbalzi termici elevati, alta polverosità ecc. Ciò impone una progettazione estremamente attenta, per quanto riguarda sia i sensori e gli attuatori da applicare alle macchine, sia i sistemi di elaborazione.

Una delle funzioni principali dei microcalcolatori è quella di attivare sistemi di controllo di grandezze diverse riguardanti il funzionamento delle macchine. Il tutto avviene attraverso l'impiego di particolari dispositivi (*trasduttori o sensori*) capaci di generare segnali elettrici in uscita la cui entità dipende dalla grandezza controllata e dalle sue variazioni.

Ciò riguarda, principalmente: spostamenti lineari e angolari di componenti; deformazione dei materiali dovuti a forze esterne; variazioni di velo-

cià, di pressione, di portata, di volume; temperatura; umidità relativa; conduttività elettrica; radiazioni elettromagnetiche ecc.

L'elettronica nei trattori

Allo stato attuale, il principale filone di sviluppo riguarda l'applicazione di microprocessori alle macchine esistenti, per migliorarne le prestazioni al fine di ottimizzarne le funzioni e le condizioni operative (si tratta, quindi, di innovazioni di tipo incrementale).

Il trattore, in particolare, costituisce la macchina dove l'elettronica ha trovato la prima ampia e rapida diffusione. Praticamente generalizzato può dirsi, oggi, l'impiego del controllo elettronico del motore. Analogamente può dirsi per il *sollevatore* dove il complesso sistema di leveraggi per la trasmissione meccanica dei segnali, proprio dei vecchi regolatori meccanici, è stato sostituito da sensori elettronici di sforzo e di posizione. Questi inviano, via cavo, i segnali alla centralina di elaborazione dove vengono «processati» in funzione delle regolazioni impostate, consentendo di pilotare opportunamente i bracci di sollevamento. Ne deriva un sistema di grande semplicità e precisione che consente una ampia gamma di funzioni operative, quali: la limitazione dell'altezza massima di sollevamento, per evitare angoli di lavoro pericolosi per l'albero cardanico; la regolazione della velocità di sollevamento e di discesa nonché della sensibilità allo sforzo di trazione; la visualizzazione delle condizioni di lavoro dell'attrezzo; la possibilità di comando del sollevatore dall'esterno della cabina e di collegamento con sistemi di controllo dello slittamento.

Altro elemento fortemente innovativo è costituito dal dispositivo *radar* per il rilievo delle velocità al suolo, oltre che per assicurare regolarità di sistemazione delle superfici dei campi. Tale dispositivo, a mezzo dell'emissione di onde elettromagnetiche, è in grado di misurare, con una precisione del 2-3%, la velocità effettiva del trattore e di ogni altra macchina semovente.

La conoscenza di tale parametro, unitamente ad altri quali la velocità di rotazione di diversi organi e il consumo di combustibile, consente di fornire all'operatore – tramite il computer di bordo ove vengono immagazzinate – un grande numero di utili informazioni relative: alla capacità di lavoro istantanea e media; alla superficie lavorata; al tempo impiegato e al tempo residuo; al consumo orario di combustibile e per unità di superficie; allo slittamento delle ruote motrici e così via.

Un altro settore riguarda il controllo della *trasmissione*. In merito, frizioni ad innesto idraulico, azionabili da impulsi elettrici, e cambi tipo *power-shift* stanno completamente rivoluzionando il sistema di guida dei trattori. Sempre più numerose, infatti, sono le macchine dotate di pulsantiere che, con un semplice tocco, consentono di variare il rapporto di trasmissione senza interrompere la potenza alle ruote. Altrettanto automatizzato con controlli di tipo elettronico, è il *bloccaggio del differenziale* che viene inserito automaticamente, a esempio, quando le differenze della velocità di avanzamento o della posizione del sollevatore hanno superato determinati valori.

I sistemi di gestione globale della trasmissione, in ogni caso, si basano su un micro-processore nel quale sono memorizzate le curve di iso-consumo specifico del motore e su rilevatori della coppia motrice richiesta e del regime di rotazione del motore stesso. Il processore seleziona automaticamente il rapporto di trasmissione e la velocità di rotazione del motore, sì da collocarlo, col rispetto dei valori di coppia e velocità richiesti, nella zona di consumo specifico minimo.

Studi statunitensi e giapponesi concordano nell'indicare – con l'adozione di tali soluzioni – risparmi di combustibile del 20-30% per tutte le condizioni operative inferiori al 50% del valore di potenza nominale.

L'elettronica nelle macchine operatrici

Anche nel settore delle operatrici lo sviluppo dell'automazione e dell'elettronica di controllo attivo offre spunti di grande interesse.

Si pensi solo, in merito, al controllo delle quantità di prodotto distribuite dalle *irroratrici*, mediante l'uso di opportuni sensori e sistemi di visione collegati al computer di bordo.

Analogamente si può dire per: il parallelismo delle barre di distribuzione del prodotto al terreno, nel caso di macchine di grandi dimensioni, mantenuto a mezzo di sensori di distanza posti alle due estremità della barra; il sistema automatico per il controllo della posizione di macchine portate.

Anche per quanto riguarda le *seminatrici*, dispositivi per il controllo del flusso dei semi, sono ormai di diffusa utilizzazione. Essi si basano generalmente su sensori fotoelettrici, posti su ciascuno dei tubi di distribuzione che rilevano il passaggio del seme e, conseguentemente, inviano una serie di impulsi al pannello di controllo. Quest'ultimo, tramite tante spie luminose quante sono le fila di semina, informa l'operatore dell'andamento del

flusso, consentendogli tempestivi intervenenti nel caso di anomalie di funzionamento.

Modelli più evoluti e sofisticati, dotati anche di un misuratore delle velocità di avanzamento, consentono di indicare anche le superfici seminate e la densità di semina adottata. Una ulteriore funzione controllabile sulle seminatrici è l'interruzione della distribuzione su una o più file ad intervalli programmabili. In questo caso, tramite un sensore magnetico, la centralina provvede, con la frequenza voluta, ad attivare un motoriduttore per il disinserimento della distribuzione sulle file predisposte.

In misura più o meno analoga può parlarsi di quanto recentemente introdotto a servizio degli spandiliquame, degli spandiletame e degli spandiconcime per i quali i controlli elettronici sono imposti soprattutto da ragioni di protezione ambientale (minor inquinamento dell'aria, del suolo e delle acque).

Nel settore delle macchine da raccolta, le *mietitrebbiatrici* hanno beneficiato in maggiore misura della diffusione dell'elettronica.

Quasi tutti i costruttori, infatti, hanno dotato i loro modelli di computer che tengono sotto controllo i principali parametri operativi della piattaforma di taglio e dei dispositivi di separazione e pulitura. Ciò, naturalmente, in aggiunta a quanto previsto per definire le prestazioni quantitative delle macchine, quali: la velocità, la capacità di lavoro, la superficie raccolta, il controllo delle perdite di granella ecc., nonché quello dei parametri di funzionamento del motore.

Nei modelli più evoluti il dispositivo di controllo delle perdite elabora anche il valore della velocità effettiva di avanzamento della macchina, consentendo così, un importante miglioramento operativo.

Più recenti, invece, sono i controlli di tipo elettronico montati sui nuovi modelli di *raccogli imballatrici*. Oltre alla contabilizzazione delle balle e alla gestione automatica delle operazioni di legatura e di scarico, tali dispositivi sono dotati di celle di carico che «leggono» la pressione esercitata e consentono di regolare dalla cabina e con il semplice tocco di un pulsante la densità delle balle formate. Ciò consente, sia di variare la massa volumica della balla secondo le esigenze, sia di mantenerla costante al modificarsi delle condizioni del prodotto. È, inoltre, possibile misurare e confrontare, mediante opportuni sensori, la pressione sui lati destro e sinistro della balla cilindrica, onde garantire una sua omogenea formazione.

Analoghi dispositivi sono montati sui *carrì foraggeri*, mentre ampiamente sviluppata è anche l'applicazione elettronica agli impianti di *irrigazione a*

pioggia per la regolazione automatica dei tempi di erogazione e delle quantità d'acqua da distribuire in funzione delle specifiche esigenze delle piante e del terreno. Lo stesso può dirsi (ma l'elencazione non finirebbe più) per quanto attiene gli *impianti di mungitura* e, più in generale, a servizio degli allevamenti animali. Da tutto questo, peraltro, si è già fatto cenno.

Un ulteriore passo avanti è, infine, costituito dallo sviluppo e dalla diffusione di sistemi elettronici di *comunicazione diretta* fra trattori e macchine operatrici al fine di ottimizzarne l'impiego. Si tratta di soluzioni molto sofisticate basate su una rete di sistemi di controllo di area, denominata CAN, e collegati tramite un BUS, cioè uno o più canali collettori di trasmissione dei comandi elettronici fra trattore e macchine operatrici. Essi offrono il vantaggio di favorire la guida del complesso e il controllo della rispondenza del lavoro, minimizzando i consumi, le perdite di tempo e l'affaticamento del conduttore.

Tutto questo, ormai, è una realtà della quale l'agricoltore deve essere approfonditamente reso edotto, sapendo, inoltre, di dover prestare molta attenzione alle scelte da fare in funzione delle specifiche esigenze della propria azienda, senza lasciarsi ingannare da non sempre veritiere pubblicità.

La robotica

Ma la frontiera più innovativa aperta dallo sviluppo dell'automazione è senza dubbio quella della robotica, nell'ottica del costante aumento della produttività del lavoro dell'uomo e della riduzione della fatica da lui compiuta.

Il trasferimento al comparto agricolo delle tecnologie messe a punto nel settore industriale, dove la robotica è ormai ampiamente affermata, non è facilmente realizzabile. Se, infatti, a favore del settore agricolo giocano le minori esigenze di precisione degli attuatori montati sui robot, il fatto di operare in ambienti con caratteristiche sempre variabili, così come variabili sono le proprietà dei materiali con i quali il robot entra in contatto, pone nuove e non facilmente superabili difficoltà.

Si tratta, infatti, di agire su oggetti mobili e con caratteristiche non costanti (frutti o animali), il che impone sistemi di sensori complessi dotati di appropriati dispositivi di visione nonché un grande numero di informazioni da elaborare ed un'elevata rapidità di risposta. In tutti i casi, poi, è necessario realizzare macchine robuste, facilmente riparabili e in grado di sopportare umidità, polvere, variazioni di temperatura, urti e vibrazioni. Il

tutto, rispettando la necessità di contenere i costi, sì da consentire un ragionevole ammortamento economico della tecnologia relativa.

Quattro sono i settori in cui oggi si sono prevalentemente concentrati gli sforzi della ricerca: il trapianto, la raccolta della frutta, la mungitura e le operazioni post-raccolta di selezione dei prodotti freschi.

In particolare, per il *trapianto*, sono state realizzate – tuttora a livello sperimentale – soluzioni relativamente semplici atte, soprattutto, a sostituire il lavoro dell'uomo in fase sia di prelevamento delle piante dal vivaio, sia di loro distribuzione.

Per la *raccolta di prodotti arborei*, invece, i problemi riguardano gli organi di presa (pneumatici o meccanici) e i sistemi di movimento (coordinate cilindriche o sferiche) e di individuazione dei frutti, in base al loro colore.

La fattibilità tecnica è stata ampiamente dimostrata, ma i problemi da superare per giungere a proposte commerciali sono ancora numerosi e di non semplice soluzione.

L'obiettivo, infatti, è di ottenere una percentuale di frutti individuati e raccolti non inferiore all'80% di quelli pendenti, con un tempo medio del ciclo di raccolta di 2-3 secondi per frutto e per braccio. Un operatore dovrebbe, quindi, essere in grado di sovrintendere al lavoro di 2-3 macchine, provvedendo – al contempo – al trasporto dei cassoni di raccolta. Benché tali obiettivi non siano ancora stati raggiunti, i progressi ottenuti negli ultimi anni fanno sperare in ormai prossime realizzazioni industriali.

Anche per quanto riguarda il robot di *mungitura*, l'attività di ricerca è intensa e i progressi ottenuti sono molto promettenti. L'obiettivo è di realizzare – come si è accennato – una stazione di mungitura alla quale, analogamente a quanto avviene con gli autoalimentatori per la somministrazione individuale di concentrato, la bovina possa accedere spontaneamente. Qui un braccio robotizzato, guidato da sistemi di visione e da sensori che individuano la posizione dei capezzoli, provvede all'attacco e al distacco del gruppo di mungitura.

L'interesse per il «self-milking» – che già ha trovato qualche applicazione commerciale con i primi 40 impianti installati in Lombardia – deriva, oltre che dalla crescente difficoltà di reperibilità della manodopera e dal suo costo, dalla possibilità, come già accennato, di consentire all'animale di scegliere il momento della munta. Quindi, di seguire il proprio ciclo biologico ottimale, presentandosi alla mungitura tutte le volte che ne sente l'esigenza (da 3 sino a 5-6 volte al giorno). Ciò si traduce sia in una maggiore produzione di latte per capo, che può giungere sino al 15-20%, sia in un generale più alto benessere dell'animale favorendone la salute e la riproduzione.

Anche in questo caso, tuttavia, vi sono alcuni problemi non ancora completamente risolti. Il principale è relativo all'individuazione della posizione dei capezzoli che, essendo variabile nell'arco della giornata anche per uno stesso animale, non può essere memorizzata dalla macchina, il che comporta tempi di lavoro maggiori dei previsti.

Un altro problema è relativo al monitoraggio degli stati fisiologico-sanitari degli animali. Nel momento in cui la presenza dell'uomo non è più prevista, infatti, si rendono necessari sistemi in grado di controllare automaticamente le condizioni di salute delle bovine e, in particolare, l'insorgere di fenomeni mastitici e degli estri. Allo scopo sono allo studio – mutuando l'esperienza già acquisita nel settore della medicina umana – appositi sensori per la misura della conduttività elettrica e della temperatura del latte, nonché dell'attività motoria e della temperatura corporea.

Gli obiettivi tecnico-operativi, infine, sono ben definiti. Un box di mungitura domina 40-50 bovine in lattazione, mentre un modulo tipico è costituito di 2 box serviti da un unico braccio robotizzato a servizio di una mandria di 100 capi.

Ulteriore comparto, da ultimo, riguarda la *selezione dei prodotti frutticoli freschi*, prima della loro immissione nel mercato. Nuovissime acquisizioni raggiunte nella identificazione delle ammaccature dei frutti e del loro grado di maturità in base alla misurazione della fluorescenza della clorofilla contenuta, permettono di realizzare, mediante l'uso di videocamere collegate a dispositivi elettronici di controllo delle varie operazioni, impianti robotizzati che già operano con soddisfazione senza la presenza continua di personale.

Infine, per quanto riguarda il *trattore* – alla cui automazione molte case costruttrici stanno dedicando sforzi e tempo – un accenno (che dovrebbe riempire di orgoglio gli italiani) merita il prototipo di avanguardia promosso e realizzato da Stefanelli e Bosi negli ultimi anni cinquanta. Si tratta di un trattore automatizzato avvalentesi di dispositivi meccanici. Come a dire il precursore della robotica attualmente allo studio con mezzi elettronici in tutte le parti del mondo.

Acquisizione dati delle attività meccanizzate

Un altro importante contributo, molto recente, alla razionalizzazione della meccanizzazione e del suo impiego, deriva dalla messa a punto di sistemi elettronici atti ad acquisire automaticamente tutte le informazioni relati-

ve agli interventi meccanico-agricoli via via effettuati, documentando ogni singola fase del processo produttivo. Ciò allo scopo di consentire all'imprenditore agricolo, o al contoterzista, di avere a disposizione tutte le informazioni per una migliore e più efficiente gestione del proprio parco macchine. Tale sistema, caratterizzato da grande semplicità di gestione, sarà in grado di poter esser utilizzato dalla maggior parte degli imprenditori agricoli e dei contoterzisti, offrendo loro la possibilità di fornire un contributo anche alle recenti e crescenti esigenze di tracciabilità delle varie produzioni.

Esso è costituito da trasmettitori di codici in dotazione alle operatrici, all'operatore ed all'appezzamento e da sistemi di identificazione posizionati su trattori e macchine semoventi.

Per l'identificazione dell'area di lavoro (appezzamenti) vengono impiegati ricevitori DGPS, ossia sistemi di posizionamento geografico che registrano punti della superficie terrestre basandosi sulla ricezione di segnali radio emessi da satelliti artificiali. Questi ultimi permettono la localizzazione della posizione delle macchine anche su ampie aree.

Si potrà, quindi e in ogni momento, avendo preliminarmente identificato i vari appezzamenti a mezzo di opportuni trasmettitori, registrare col computer posto a bordo del trattore i principali parametri di lavoro in ciascun appezzamento (come i tempi di inizio e fine lavoro, i consumi di combustibile, il regime di rotazione del motore, la velocità di avanzamento, l'area lavorata ecc.) del trattore stesso e della macchina operatrice ad esso applicata. Il tutto, trasmettendolo poi al computer aziendale in tempo reale e consentendo, così, una completa e aggiornata conoscenza di chi fa che cosa e dove, nonché la elaborazione e definizione di possibili razionalizzazioni nella gestione del parco macchine e del lavoro, con conseguenti benefici economici.

L'agricoltura di precisione

Il passaggio successivo in termini di innovazioni – risolto ormai e in via di progressiva diffusione il problema del dialogo fra trattore e macchina operatrice – riguarda la possibilità offerta alla macchina di controllare ed agire, intervenendo sul modo di svolgimento delle varie operazioni di campo. Ciò – così come già è avvenuto per il controllo degli impianti fissi a servizio degli allevamenti zootecnici – in funzione delle specifiche condizioni pedologiche e colturali. Il tutto, sì da ottimizzare, da un lato, la resa e, dall'altro, i consumi

dei vari mezzi tecnici (biologici, chimici, fisici) a servizio, appunto, delle diverse produzioni.

Tale tematica riguarda la ricerca in atto per la realizzazione della cosiddetta *agricoltura di precisione* consistente in una serie di interventi per la gestione ottimale (ovviamente meccanica) delle colture.

Questa definizione fa riferimento a un nuovo modo di concepire il processo produttivo agricolo, secondo cui il suolo viene considerato una variabile di processo da leggere e interpretare adattando l'applicazione dei diversi fattori di produzione alla intrinseca variabilità nello spazio delle caratteristiche stesse.

In altre parole, si tratta di instaurare un dialogo continuativo e automatico fra macchine, campi e colture ai fini dell'adattamento delle prestazioni e del funzionamento delle macchine stesse in funzione, appunto, delle caratteristiche dei climi presenti, nonché di quelle biologiche, chimiche e fisiche dei terreni.

L'agricoltura di precisione, pertanto, costituisce un insieme di diverse tecnologie tra loro armonizzate allo scopo di favorire la creazione di un sistema produttivo ottimale che risponda alle reali necessità delle colture nel massimo rispetto della sostenibilità ambientale del sistema stesso. Si tratta, quindi, di una tematica, con elevato e positivo impatto ambientale ed economico, la cui applicazione ha il fine di definire gli inputs realmente necessari alle colture erbacee e arboree secondo le specifiche esigenze e condizioni locali.

Per pervenire a ciò, si sta mettendo a punto una complessa tecnologia che provvede a registrare e gestire automaticamente la produzione agricola in base alle disponibilità di dati fisici, biologici e morfologici del suolo e delle piante (densità, stadio di sviluppo, situazione di infestanti ecc.), nonché del microclima.

Il sistema, per operare, richiede la preliminare e accurata raccolta automatica di dati agronomici, climatici e pedologici, spesso effettuabile mediante GIS, cioè i sistemi geografici informativi. Si dà vita, così, ad archivi storici aziendali la cui interpretazione avviene mediante opportuni algoritmi e modelli informatici rappresentativi. Dai risultati ottenuti si passa, poi, all'applicazione alle macchine.

Il complesso sistema è stato proposto inizialmente dagli americani, in considerazione del fatto che i terreni, anche nell'ambito dello stesso campo, variano grandemente nelle loro caratteristiche e proprietà e che, quindi, occorre operare su di essi con inputs e processi adatti alle loro esigenze specifiche.

Ciò, allo stato attuale, è possibile fare per la disponibilità di tecnologie elettroniche e informatiche avanzate quali ampi sistemi decisionali di supporto, nonché di DGPS di piena affidabilità e di costo relativamente contenuto. Se si installano, quindi, nei campi e sulle varie macchine operatrici, particolari sensori, questi possono trasmettere, elaborare e registrare le informazioni raccolte sulle rese specifiche, consentendo, così, una precisa mappatura di ciascun campo.

Una volta mappati il terreno e la coltura, con intervalli spaziali di pochi metri, conoscendo, all'interno di ciascuna maglia della griglia, tutte le loro caratteristiche, si può intervenire, istante per istante in tempo reale, sulla base della localizzazione di una data macchina operatrice alla quale pervengono gli inputs modificativi del suo comportamento. Questo, se si ipotizza una velocità media di avanzamento della macchina operatrice dell'ordine di 6,5 km/h, con maglie di 3 m di lato, significa l'esigenza di dover modificare il funzionamento della macchina stessa ogni 2-3 secondi.

Confermato il fatto che la variabilità di resa dei vari terreni risulta compresa fra rapporti minimi di 1,5/1 e massimi di 3/1, una notevole difficoltà si ha tuttora nel regolare le funzioni delle diverse macchine su intervalli spaziali di pochi metri, a meno di non ridurre le velocità di avanzamento, onde tener conto dell'inevitabile inerzia connessa alle modifiche funzionali degli organi operatori.

Mentre non ancora chiari sono i risultati economici di tali operazioni, indiscussi ne sono i vantaggi ambientali che tenderebbero a far accreditare (rispetto alle tecnologie più moderne ma non inserite nel sistema) possibili riduzioni dei consumi di: fertilizzanti non inferiori al 40%; fitofarmaci superiori al 30% e così via. Ciò, se effettivamente si verificherà, si inserirà appieno negli orientamenti in atto a favore di un'agricoltura sostenibile con metodi di produzione agricola compatibili con le esigenze di protezione ambientale. Tuttavia, molte sono tuttora le difficoltà da superare per vedere il sistema applicato con successo.

La tecnica dell'agricoltura di precisione, quindi, è ancora lungi dall'essere messa a punto e necessita, probabilmente, ancora di 3-4 anni di ricerche sulla scelta e l'uso ottimale delle tecnologie relative, da un lato, sull'acquisizione di dati di tipo agronomico, dall'altro, sull'effettuazione di verifiche economiche dall'altro ancora.

Quello che è certo, tuttavia, è il fatto che essa – unitamente all'ulteriore evoluzione della meccanizzazione così come brevemente delineata – è in grado di far fare un vero e proprio salto di qualità all'agricoltura assicuran-

dole una forte riduzione degli inquinamenti e contribuendo alla riduzione dei costi di produzione e al miglioramento della qualità dei prodotti.

CONCLUSIONI

L'analisi svolta evidenzia che – come peraltro è avvenuto in tutto il mondo industriale – l'evoluzione e lo sviluppo della meccanizzazione, verificatisi, in termini quantitativi e qualitativi, negli ultimi 50 anni del secolo XX, sono avvenuti sotto la spinta dell'esigenza di: sostituire il lavoro umano aumentandone la produttività; migliorare la qualità di svolgimento delle diverse operazioni di campo e all'interno del centro colonico; aumentare la sicurezza degli addetti riducendone la fatica; produrre mezzi atti ad operare col pieno rispetto dell'ambiente e ad assicurare tracciabilità alle varie produzioni. Tutto ciò si è verificato perché la crescente produzione di trattori e macchine operatrici ha potuto fruire di tutti i più generali progressi della scienza ingegneristica e delle diverse tecnologie: dai materiali innovativi, ai nuovi metodi di saldatura e di trattamento termico; dall'introduzione dei sistemi idraulici, all'uso estensivo dell'elettronica con le sue funzioni di controllo attivo (si parla infatti, ormai, di mecatronica); dal perfezionamento delle qualità dei lubrificanti, al miglioramento delle proprietà dei combustibili e quindi, della progettazione dei motori endotermici e così via.

Come in questi ultimi 50 anni si è assistito all'enorme evoluzione delle scienze biologiche ed al crescente contributo delle genetica e della chimica che, incidendo sui processi agricoli, hanno influenzato anche la meccanizzazione, così l'evoluzione meccanico-agricola è avvenuta sotto l'impulso di un coacervo di circostanze e di acquisizioni tecniche (biologiche, chimiche e fisiche), economiche e sociali che hanno portato alla situazione attuale. Situazione, in quanto tale, sempre più complessa e complicata da comprendere e da gestire a livello di sistema, pure avvalendosi dei nuovi programmi informatici dei quali i vari Istituti di ricerca si stanno attivamente occupando. Essa, quindi, non può più essere abbandonata a se stessa pena un pesante aggravio dei costi e richiede, anzi, uno sforzo generalizzato di razionalizzazione. Questa deve partire dall'esigenza di: costruire un'anagrafe del parco esistente e dei suoi movimenti mercantili sì da costruire un quadro completo della situazione nel tempo, senza di che appare impossibile tentare ogni razionalizzazione; sviluppare, a livello internazionale e in parallelo alla ricerca, un'attività di certificazione delle prestazioni e delle caratteristiche di sicurezza e di protezione ambientale delle varie

macchine agricole, motrici ed operatrici, di nuova immissione, sì da consentire agli utenti agricoli di operare scelte appropriate ed ai costruttori di poter man mano migliorare i prodotti offerti sul mercato; porre in essere un'attività generalizzata di controllo periodico delle prestazioni delle macchine in attività; pervenire a definire le traiettorie tecnologiche capaci di valutare i vantaggi e i limiti offerti da ogni macchina e le sue possibilità di ulteriore miglioramento. Tutto ciò, al fine di ridurre i costi di impiego attraverso la riduzione dei consumi degli input e di porre in essere una effettiva protezione dell'ambiente e una crescente qualità delle produzioni. Ma, ancor più importante risulta la formazione dell'agricoltore le cui conoscenze tecniche devono fortemente svilupparsi al fine di poter assumere, con l'aiuto dell'informatica, decisioni corrette e coerenti con le sue esigenze.

BIBLIOGRAFIA

- AUERNHAMMER H., *Precision farming, The environmental challenge*, «Computers and Electronics in Agriculture», 30 (2001), pp. 31-44.
- AUERNHAMMER H., *The role of electronics and decision support systems for a new mechanization*, VIII Club of Bologna Meeting, UNACOMA, 1997, pp. 77-94.
- BAINER R., *The engineering of abundance*, ASAE, St. Joseph, MI, 1990, p. 12.
- BALDINI E. et Al., *Possibilità di sviluppo della produzione di macchine per la raccolta e la potatura delle produzioni arboree*, Reggio Emilia, 1986, p. 263.
- BALSARI P. et Al., *Macchine per la distribuzione dei fitofarmaci e il controllo delle malerbe*, San Giuliano Milanese (MI), 1993, p. 112.
- BALSARI P. et Al., *Spandiconcime*, Bologna, 1994, p. 127.
- BODRIA L., *Applicazioni dell'ingegneria avanzata nei processi post-raccolta*, «Atti Accademia dei Georgofili», Vol. XLVII, (2000), pp. 153-174.
- BODRIA L., *Elettronica e automazione per un'agricoltura efficiente*, «Mondo Macchina», n. 5 (1993), pp. 20-27.
- BODRIA L., GUIDETTI R., *Realizzazione e sperimentazione di un trattore ad azionamento elettrico*, VI Conv. Naz. Ingegneria Agraria, Ancona, 1997, p. 8.
- BONCIARELLI F. et Al., *Coltivare conservando*, Bologna, 1989, p. 106.
- BOSI P., MARTELLI L., *La trattrice teleaditoguidata presentata a Ozzano Emilia*, «Macchine e Mot. Agricoli», n. 9, 1959, pp. 18-26.
- CAVALLI R. et Al., *Gestione del suolo per un'agricoltura sostenibile*, Bologna, 1992, p. 64.
- CAVAZZA L., *Soil-cultivation: new methods and new technologies*, IX Club of Bologna Meeting, UNACOMA, 1998, pp. 23-51.
- FIALA M., OBERTI R., *Sistema automatico per il controllo della posizione delle macchine portate*, «L'Informatore Agrario» n. 10 (2001), pp. 73-75.
- GUIDOBONO CAVALCHINI A., PICCAROLO P., *Macchine per la raccolta e fienagione dei foraggi*, Roma, 1982, p. 128.
- LAZZARI M. et Al., *Analisi delle prestazioni della testata stripper su riso*, «Rivista Ingegneria Agraria», n. 3 (1990), pp. 172-178.
- MANFREDI E., *Agricoltura e Tecnologia meccanica*, Reggiolo, 1995, p. 191.
- MANFREDI E., *Elementi di tecnologia della mietitrebbatrice*, «Macchine e Motori Agricoli», n. 5 (1960), p. 82.
- MAZZETTO F. et Al., *Farm activity information system based on automatic detection of machinery use*, Int. Conf. on Precision Agriculture '97, Warwick (UK) 1997, p. 13.
- MOJA D., *Aspetti genetici della meccanica agraria*, «Sementi Elette», n. 3 (1956), pp. 12-18.
- OECE, *Essais de machines agricoles*, Parigi, 1956, pp. 9-20.
- ORDOLOFF D., *Introduction of electronics into milking technology*, «Computers and Electronics in Agriculture», 30 (2001), pp. 125-150.
- PELLIZZI G., *Meccanica e Meccanizzazione Agricola*, Bologna, 1996, pp. 1-12.
- PELLIZZI G. et Al., *Per un'agricoltura avanzata: il contributo della ricerca sulla meccanizzazione*, «Atti Accademia dei Georgofili», Vol. XLIII, (1996), pp. 187-203.
- PELLIZZI G., FAVERO A., *Sottoponiamo le trattrici all'esame di abilitazione*, «Humus», da n. 5/1959 a n. 11/1960 (1959-60), p. 68.

- PERDISA L., *Meccanizzazione e adattamento dell'azienda agraria*, Agricoltura e civiltà delle macchine, Verona, 1967, pp. 5-12.
- RIVA G., MAZZETTO F., *Le tecniche di conservazione dei foraggi*, Roma, 1985, p. 144.
- STUDMAN C.J., *Computers and electronics in post-harvest technology*, «Computers and Electronics in Agriculture», 30 (2001), pp. 109-124.
- VENTURA G., *Robot di mungitura: avanti tutta*, «L'Informatore Agrario», n. 42 (1998), pp. 103-104.

GIAN TOMMASO SCARASCIA-MUGNOZZA, CIRO DE PACE

BIOTECNOLOGIE: RICERCHE E APPLICAZIONI NEL COMPARTO AGRICOLO-ALIMENTARE E AMBIENTALE

INTRODUZIONE

Premessa

Abbiamo inteso aprire questa nota sulle agrobiotecnologie e sull'ingegneria genetica per l'agricoltura, facendo precedere all'esposizione delle potenzialità, dei benefici e rischi delle biotecnologie applicabili nella pluralità di richieste e di condizioni avanzate dalla società moderna all'agricoltura *lato sensu*, un filo di racconto delle intuizioni, osservazioni, ragionamenti e progressi delle conoscenze, dei saperi e delle metodologie che scienziati e tecnici hanno raggiunto nel campo delle *scienze della vita*, ed in particolare delle applicazioni riconducibili al settore primario delle attività umane, l'*agricoltura*.

Abbiamo così ritenuto di offrire al lettore, colto ma non specialista, notizie che dimostrino come in questa area la ricerca scientifica e tecnologica, peraltro da circa un secolo molto più attiva che nel passato, abbia costruito – passo dopo passo – nuovo sapere. Come è avvenuto anche nelle altre scienze sperimentali, dalle investigazioni sul pianeta a quelle del cosmo, oppure nelle scienze del diritto e dell'economia, della sociologia e dell'arte, della storia – insomma – del genere umano. Poiché la scienza è risposta all'esigenza di conoscenza e di progresso per il miglioramento della condizione umana, materiale e morale.

Ed il lettore potrà constatare, anche dalla sommaria elencazione di ipotesi, di scoperte, di invenzioni, di fatti e di opere, che i prodotti del lavoro scientifico si susseguono, si concatenano, si integrano e crescono formando, metaforicamente, un albero della conoscenza, che si espande e gemma secondo consequenzialità logiche, intuizioni e sviluppo razionale del pensiero scientifico, e non per smania di successo personale e vano orgoglio di esoterici disegni, o per ambizione di far brillare il proprio genio con scoperte,

invenzioni, ritrovati sbalorditivi per il comune mortale ma senza rispetto per regole etiche e principi morali. Albero che può dare frutti i quali, selezionati in funzione degli effetti sulla società e valutati anche per ragioni etiche, garantiscono quei vantaggi socio-economici che l'avanzamento scientifico progressivamente propone. Nella storia delle conoscenze finalizzate al miglioramento delle produzioni vegetali e animali, alcuni aspetti delle biotecnologie, per esempio l'ingegneria genetica e le tecniche del DNA ricombinante, sono un'estensione, un raffinamento – grazie ai meticolosi studi a livello molecolare – delle precedenti e meno precise tecniche di modificazione genetica (selezione empirica di biotipi ed ecotipi, incrocio intraspecifico, ibridazione interspecifica, reincrocio, selezione controllata, mutagenesi fisica e chimica), e consentono di svolgere ricerche ed attuare programmi e, con processi più veloci, ottenere e valutare risultati certamente meno casuali, più mirati e su più ampia scala di indagine.

Le conoscenze odierne indicano quanto, in una realtà complessa, il crescere delle informazioni consenta di progettare, agire, verificare in modo razionale, e di correggere all'occorrenza, per poter offrire tecniche e prodotti consoni al progresso, al divenire della società.

E veniamo al tema:

Le biotecnologie, intese come attività che utilizzano il mondo vivente per la produzione di beni e servizi, sono state applicate in modo empirico da oltre 6000 anni in concomitanza con l'espansione della pastorizia e della coltivazione dei cereali in Eurasia e di specie caratterizzate da radici e tuberi amilacei in Africa e nell'America meridionale. L'affermarsi dell'agricoltura e della pastorizia, di per sé esempi di biotecnologie, aumentarono la disponibilità di prodotti alimentari, in alcuni dei quali (impasti di farina, succhi vegetali e latte) i processi fermentativi procuravano utili e gradevoli risultati. Erano gli albori di un'agroindustria, già allora basata sulla trasformazione dei prodotti agricoli a fini essenzialmente alimentari. Le condizioni favorevoli alle fermentazioni furono empiricamente perfezionate divenendo specifiche biotecnologie ripetibili – consapevolmente ma nell'ignoranza delle basi scientifiche – per la produzione sia del pane lievitato che di alimenti, bevande e condimenti derivati dalla fermentazione di carboidrati vegetali (vino e birra), latte (yogurt e formaggi), e liquidi alcolici (aceto e mostarda). L'utilità dei risultati dei processi fermentativi venne accertata anche durante la preparazione di altre parti di pianta, quali foglie di tabacco e tè, semi di caffè e cacao, impasti di pesce, polpa di radici di manioca, ecc. Altre biotecnologie come l'allevamento del baco (*Bombyx mori*) in Cina per produrre la seta, segnarono, con

lo sviluppo dell'industria tessile, l'apertura di nuove vie di commercio e comunicazione terrestre, il fiorire di nuove civiltà, l'avvento di nuovi Stati tra il vicino e lontano Oriente, lo sviluppo di relazioni intercontinentali. Altre scoperte, come l'apicoltura, l'impollinazione manuale della palma da datteri e del fico (mediante caprificazione), permisero l'aumento della produzione di miele e di frutti ricchi di carboidrati e vitamine che già integrarono, dal punto di vista nutrizionale, le disponibilità alimentari dei primi popoli civili: Sumeri, Assiri, Egizi, ecc.

Le fermentazioni furono praticate con successo per millenni in assenza di spiegazioni scientifiche. Gli studi e le ricerche pionieristiche condotte da L. Pasteur (Francia) tra il 1855 e 1870 chiarirono le cause di tali processi, dimostrando che le fermentazioni e le alterazioni dei succhi zuccherini, e diverse malattie degli insetti (baco da seta) e dei mammiferi, erano riconducibili alle attività di *microbi* o *corpuscoli* o *vibrioni*. I suoi studi e quelli dei suoi contemporanei (i tedeschi J.von Liebig, chimico, e R. Koch, medico) ma anche di suoi predecessori (L. Spallanzani, fisiologo italiano) posero le basi per lo sviluppo di una nuova disciplina, la microbiologia e valsero a razionalizzare le biotecniche dell'allevamento del baco da seta e della produzione del vino e della birra. E ne svilupparono altre relative alle colture microbiche ed alla preparazione di ceppi selezionati di microbi e di colture *starter*. Esse costituirono la base della sperimentazione per la diffusione, su larga scala, di una fra le più importanti biotecniche, già applicata per la prima volta all'uomo nel 1796 dal medico condotto inglese E. Jenner: la vaccinazione (antivaiolosa), basata sull'immunizzazione dal vaiolo utilizzando il pus del vaiolo bovino o vaccino. Pasteur, le cui ricerche provavano che gli agenti causali delle malattie sono dei microrganismi viventi e che gli stessi in forma attenuata sono la componente più importante dei vaccini (come nel caso del famoso esperimento che, nel 1881, dimostrò l'efficacia del suo metodo di vaccinazione per prevenire l'infezione da antrace che provoca il carbonchio in allevamenti zootecnici), poneva così le basi scientifiche per conoscere le relazioni tra vita microbica ed altri organismi (vegetali, insetti, animali domestici, uomo) e per razionalizzare alcune biotecniche volte alla produzione di beni (birra, vino, formaggio, seta) e servizi (nuovi metodi per prevenire malattie).

Nel XIX secolo – dunque – mentre Koch, impegnato a individuare, isolare e classificare microbi associandoli alle diverse malattie, era stato il geografo della vita microbica, e Pasteur lo storico perché ne studiava la vita, le funzioni e le interazioni con l'organismo, altri scienziati diventarono i

geografi e storici della vita macroscopica analizzando i meccanismi ereditari che presiedono alla trasmissione della vita. E vennero così poste le basi per una visione razionale ed universale dell'evoluzione biologica, dall'inglese C. Darwin (1859), e della genetica, dal moravo frate agostiniano G. Mendel (1865).

Pertanto, tra la fine dell'800 e gli inizi del '900, quando gli organismi utilizzati nelle diverse biotecniche diventano oggetto di studio e di indagine scientifica, avviene il passaggio da biotecniche a biotecnologie, cioè processi impostati sullo studio e sulla conoscenza degli organismi e dei loro processi vitali e indirizzati alla produzione di beni e servizi. La *biotecnologia* è quindi conoscenza e studio (*lógos*) di una serie di norme della vita organica (*-bios*) per il concreto svolgimento di un'attività manuale o intellettuale (tecnica, da *technikós*, relativo all'arte o *téchnē*) al fine di trasformare una data materia prima per produrre e ricavarne beni oppure per innovare servizi.

Il termine *biotecnología* fu coniato nel 1917 dall'ingegnere ungherese K. Ereky per indicare i processi relativi all'uso di scarti della lavorazione della barbabietola da zucchero nell'allevamento intensivo dei suini. Le biotecnologie si sono poi diversificate in funzione delle conoscenze acquisite e delle norme biotiche studiate ed utilizzate per la trasformazione della materia prima e in rapporto all'ambito di applicazione. Le trasformazioni basate sulle conoscenze scientifiche dei processi biochimici ed enzimatici, delle attività cellulari degli organismi superiori e delle attività microbiche, vengono perciò anche indicate come *biotecnologie enzimatiche*, *cellulari* e *microbiche*. E se la trasformazione riguarda interi organismi a seguito di studi e ricerche sulle funzioni della vita organica regolate, ad esempio, da fattori genetici, si tratta di *biotecnologie vegetali e animali*.

Cronologia delle principali tappe scientifiche e tecnologiche, basilari per lo sviluppo dell'ingegneria genetica e delle biotecnologie in generale

Dal 1865, anno in cui Mendel definisce ed espone, alla società di storia naturale di Brno, le leggi fondamentali dell'ereditarietà, e per tutto il XX secolo, il bagaglio di elementi teorici e strumenti pratici a disposizione del genetista è andato aumentando così da permettere studi ed interventi sempre più mirati.

Se ne avvantaggiano anche i genetisti impegnati nelle ricerche per il miglioramento di piante e animali di interesse agrario, fra i quali non mancano gli italiani, da N. Strampelli a F. D'Amato.

In un primo periodo i genetisti agrari hanno esaminato l'azione genica determinante singole caratteristiche attraverso l'analisi di effetti fenotipici, che spesso risentivano delle interazioni con altri geni del genoma (vedi per la definizione di genoma alla pag. 268) nucleare, mitocondriale e plastidiale (quest'ultimo presente solo nelle cellule vegetali). Era quindi difficile scomporre il valore fenotipico di un carattere nella quota dovuta ad un gene specifico ed in quella dovuta al *background* genetico. Dalla fine degli anni Venti le conoscenze di citogenetica e l'affinamento delle tecniche microscopiche hanno consentito indagini ed interventi sui corredi cromosomici (ingegneria cromosomica), per giungere negli ultimi anni del secolo ad intervenire su singoli geni (ingegneria genetica), isolandoli, studiandone struttura, funzione e regolazione dell'espressione, modificandoli anche al di fuori dell'organismo di appartenenza e poi trasferendoli e posizionandoli in altri assetti cromosomici.

Per informazione storica, di seguito si accennerà ad alcune principali tappe della sequenza di scoperte, invenzioni, tecniche, procedimenti, e mesappunto di esperimenti fino alla presente fase di sviluppo delle biotecnologie. La cronologia è esposta per periodi di consolidamenti disciplinari che, nell'ambito delle scienze della vita, abbiano avuto, direttamente o indirettamente, influenza e applicazione sul progresso delle biotecnologie connesse all'attività primaria dell'umanità: l'agricoltura *lato sensu*. E la citazione degli studiosi di diverse scuole, istituzioni e paesi, offre un'ulteriore manifestazione dell'importanza della diffusione e dello scambio di conoscenze scientifiche.

Periodo della Genetica classica: mappe genetiche, citogenetica, colture in vitro, mutagenesi (1865-1940)

- 1865 – Gregor J. Mendel (abate agostiniano, nato nel 1822 ad Heinzendorf in Moravia) definisce i principi fondamentali dell'*ereditarietà*; ma i suoi precisi esperimenti e le matematiche deduzioni non sono immediatamente compresi e non si diffondono.
- 1871 – Johann F. Miescher (medico-fisiologo svizzero) pubblica i suoi studi sulla «*nucleina*» (poi risultata composta da *acidi nucleici*).
- 1876 – C. Darwin (inglese) afferma che le piante ibride hanno altezza, peso e fertilità superiori, in conseguenza di un intrinseco *vigore*, alle piante parentali autofecondate .

1878 – Walther Flemming (embriologo tedesco) descrive la mitosi e introduce il termine *cromatina* per indicare il materiale che si colora nel nucleo dopo trattamento con coloranti vari.

Negli ultimi anni del XIX secolo F. Galton, K. Pearson e W.F.R. Weldon (inglesi) fondano la scuola biometrica per lo studio dell'ereditarietà attraverso analisi di correlazione e regressione in popolazioni umane e in gemelli mono-zigotici.

1900 – L'olandese H. de Vries legge il lavoro originale di Mendel e pubblica, il 26 marzo 1900, la nota *Sur la loi de disjonction des hybrides* in cui, senza citare Mendel, propone un'interpretazione mendeliana dei risultati dei suoi esperimenti. C. Correns (tedesco) trova nel lavoro di de Vries la chiave concettuale per spiegare le frequenze di segregazione osservate nella seconda generazione dei suoi incroci tra varietà di mais e tra linee di pisello, e pubblica (24 aprile 1900) il lavoro *G. Mendels Regel über das Verhalten der Nachkommenschaft der Rassen bastarde*. Anche E. von Tschermak (austriaco), che dal 1899 stava preparando una dissertazione sui risultati della ereditarietà dei caratteri in progenie ibride di pisello, ed aveva già esaminato il lavoro di Mendel, legge l'articolo di de Vries e decide di pubblicare una sua memoria (2 giugno 1900), insistendo poi in varie sedi per farsi riconoscere come uno dei tre riscopritori dei principi mendeliani.

1902 – W.S. Sutton (USA) ipotizza che i geni siano fisicamente localizzati nei cromosomi: è la *teoria cromosomica dell'ereditarietà*. Nello stesso periodo T. Boveri (tedesco), attraverso studi embriologici e citologici, dimostra l'unicità genetica di ogni cromosoma della cellula, suggerisce che la separazione dei cromosomi materni e paterni, durante la divisione riduzionale alla meiosi, possa rappresentare la base fisica dei principi mendeliani dell'ereditarietà, dando così inizio alla *Citogenetica*.

1905 – N. Stevens e E. B. Wilson (USA) scoprono i cromosomi del sesso.

In questi anni W. Bateson (inglese) conia i seguenti termini: *genetica* per indicare l'inizio di una nuova era nelle ricerche sull'ereditarietà; *zigote* per indicare sia l'uovo fecondato che la prima cellula di un individuo; *allele*, per indicare due (in generale) stati diversi dello stesso gene (dominante o recessivo); *omozigote* ed *eterozigote* per indicare individui con alleli uguali o diversi per uno stesso carattere; propone anche i simboli F_1 e F_2 per abbreviare i riferimenti alla 1^a e 2^a generazione dopo l'ibridazione.

- 1907 – Ross G. Harrison (USA) mette a punto – con esperimenti sulle rane – un protocollo (metodo della goccia pendente) per la *coltura in vitro* di cellule.
- 1908 – G.H. Shull e E.M. East (U.S.A.), indipendentemente, riscoprono in mais il fenomeno del *vigore ibrido* o *eterosi* già descritto nel 1889 da Darwin.
- 1908 – A. Garrod (medico inglese) dimostra, attraverso lo studio dell'alcaptonuria (malattia dovuta al blocco nel penultimo passaggio della via metabolica della tirosina con conseguente accumulo di acido omogentisico che rende scura l'urina), la validità dei principi mendeliani anche nell'ereditarietà dei caratteri della specie umana e segna la nascita della *Genetica biochimica*.
- 1909 – W. Johannsen (danese) conia i termini *gene*, *genotipo* (la costituzione genetica di un organismo) e *fenotipo* (l'apparenza visibile di un organismo).
- 1910 – T.H. Morgan (U.S.A., premio Nobel 1933) studiando l'ereditarietà della colorazione degli occhi in *Drosophila melanogaster* (moscerino dell'aceto) dimostra la *localizzazione cromosomica dei geni*, confermando la teoria cromosomica dell'ereditarietà.
- 1910 – H. Nilsson – Ehle (Svezia) e E.M. East (USA) forniscono un ulteriore contributo alla comprensione delle differenze tra genotipo e fenotipo, e dimostrano che la colorazione delle cariossidi di frumento (Nilsson – Ehle, 1909) e la lunghezza del tubo corollino di tabacco (East, 1910) sono caratteri complessi determinati da molti geni. Il ricorso a metodi biometrici, e l'applicazione del modello poligenico proposto (1918) da R.A. Fisher (inglese) allo studio genetico dei caratteri morfologici, pongono le basi della *genetica quantitativa*.
- 1913 – A.H. Sturtevant (USA) presenta la prima mappa di concatenazione genica ottenuta studiando il cromosoma X della *Drosophila*.
- 1920 – R. Feulgen (chimico tedesco) usa una colorazione specifica per il DNA (acido desossiribonucleico) al fine di dimostrare che esso è localizzato nei cromosomi.
- 1920 – Phillip Levine (USA) distingue DNA da RNA (acido ribonucleico) attraverso la caratterizzazione dello zucchero contenuto nelle loro molecole.
- 1923 – Karl Sax (tedesco) descrive sia il primo locus per un carattere quantitativo (QTL), la dimensione del seme di fagiolo, che il primo ten-

tativo di mappare il locus mediante l'associazione con il locus per un carattere qualitativo, la pigmentazione del seme.

- 1925 – G.A. Nadson e G. Filippov (Russia) dimostrano che i raggi X inducono *mutazioni* in cellule di lievito.
- 1925 – G.D. Karpechenko (Russia) realizza il primo anfiploide sperimentale, *Raphanobrassica*, mediante ibridazione tra due specie, *Raphanus sativus* e *Brassica oleracea*, aprendo la strada al *trasferimento interspecifico di geni*.
- 1927 – N.I. Vavilov (Russia) elabora la teoria ed identifica i *centri geografici di diversità genetica* delle specie vegetali, ed inizia lo studio biogeografico della diversità genetica e degli eventi (evoluzione e domesticazione) che hanno determinato gli attuali assetti della *biodiversità*.
- 1927 – H.J. Muller (U.S.A., premio Nobel 1946) dimostra l'effetto mutageno delle *radiazioni ionizzanti* sugli organismi superiori (*Drosophila*).
- 1928 – D. Kostov (Bulgaria) isola mutanti radioindotti in piante coltivate (tabacco).
- 1928 – M.N. Meissel (Russia) scopre l'azione mutagena di alcuni composti chimici.
- 1931 – M. M. Rhoades (USA) scopre la *maschiosterilità* citoplasmatica, che diventa la terza importante componente (oltre alle linee omozigoti ed all'ibridazione tra coppie di linee omozigoti) della tecnologia della produzione delle sementi ibride.
- 1935 – E. Oehler e M. Lindschau (Germania) dimostrano che l'ibrido interspecifico *Triticum aestivum x Secale cereale* (già ottenuto nel 1888 da W. Rimpau in Germania) rappresenta una nuova specie sintetica: il *Triticale*.

In questo periodo, a partire dalla riscoperta delle leggi di Mendel, esplodono in molti paesi studi di *genetica* e di *miglioramento genetico di vegetali e animali* (incroci, reincroci, selezioni). In Italia N. Strampelli è il primo a organizzare un ampio sistema poliennale di ricerche, dalla pianificazione di incroci, con uso anche di germoplasma esotico, alla valutazione delle nuove varietà e alla moltiplicazione e distribuzione delle sementi elette, che sarà di esempio a molti ed anche ai fautori della *rivoluzione verde* degli anni '50-'60 (N.E. Borlaug, USA, premio Nobel 1970). La *mutagenesi*, l'uso di mutageni fisici e chimici per indurre modificazioni ereditarie in piante irraggiando semi e pollini o per indurre mutazioni gemmarie trattando apici vegetativi,

ha avuto un grande sviluppo dopo la scoperta dell'energia nucleare, consentendo l'uso di flussi di neutroni (in un reattore) e di isotopi radioattivi (es. Cobalto - 60) come sorgenti di radiazioni ionizzanti. Negli anni '40 in Svezia Å. Gustafsson e coll. conducono ricerche sull'aumento di variabilità genetica in piante agrarie (orzo soprattutto) e sulla sua utilizzazione in genetica e miglioramento genetico vegetale; studi teorici e pratici che hanno avuto anche largo spazio in Italia su numerose piante erbacee e arboree, soprattutto in frumento duro, da parte di F. D'Amato e G.T. Scarascia Mugnozza e collaboratori.

Negli anni seguenti, tra il Quaranta ed il Settanta, fioriscono varie scuole, anche in Italia, di genetica classica, quantitativa, biochimica, che caratterizzano altrettanti avanzamenti scientifici sintetizzabili nei seguenti periodi:

Periodo della trasformazione genetica e della funzione dei geni (1940-49)

Le prime informazioni sulla trasformazione genetica nei batteri (F. Griffith, 1928) ed i sempre più frequenti studi su casi di *ereditarietà non mendeliana*, principalmente dovuti ad epistasia (interazione fra geni a loci diversi), multiallelismo e instabilità fenotipica di alcuni caratteri del mais, portano a definire le *basi biochimiche dell'ereditarietà* e a riconoscere alcuni fenomeni genetici, che hanno permesso successivamente lo sviluppo di tecniche di trasformazione genetica, di identificazione dei geni da clonare (*gene tagging*) e di inattivazione genetica (*knock-out*). Viene anche proposta l'*Arabidopsis thaliana* come pianta modello.

I primi momenti di questo tuttora fertile indirizzo di studi sono:

- 1941 – G.W. Beadle e E.L. Tatum (USA, premi Nobel 1958), studiando mutanti biochimici del fungo *Neurospora* delucidano la *funzione dei geni* e ipotizzano la relazione *un gene-un enzima*, e pongono le basi metodologiche per lo studio dell'espressione genica e per l'ampliamento delle conoscenze di genetica biochimica.
- 1943 – F. Leibach (botanico tedesco) propone di usare l'*Arabidopsis thaliana* come modello per studi di genetica e biologia cellulare della pianta, e dieci anni dopo J. Langridge (Australia) applica in *Arabidopsis* le metodologie di ricerca messe a punto da Beadle e Tatum per lo studio genetico-biochimico della funzione dei geni.

- 1944 – O. Avery, C. MacLeod e M. McCarty (USA), dimostrano come i geni sono composti da DNA (acido desossiribonucleico), e che il DNA di un'entità vivente possa – trasferito in un altro essere – causare la *trasformazione genetica*.
- 1947 – L'americana Barbara McClintock (premio Nobel 1983), continuando gli studi intrapresi anni prima dai colleghi R.A. Emerson e H.K. Hayes sulle striature delle cariossidi di mais, descrive gli *elementi mobili* o *elementi trasponibili*, porzioni di DNA in grado di inserirsi a caso nel locus di un altro gene disattivandolo.

Periodo del dogma centrale della biologia cellulare e della regolazione dei geni (1950-1970)

A coronamento di oltre un secolo di studi, le conoscenze acquisite provano che la funzione centrale della cellula, macchina chimica altamente complessa e specifica (ciascuna dei circa 20 mila miliardi di cellule del corpo umano adulto contiene molecole proteiche classificabili in migliaia di qualità e tipi diversi), dipende dalle informazioni incluse nel suo genoma, le quali portano alla sintesi di specifiche molecole proteiche che caratterizzano appunto la specificità della cellula stessa. Perciò il *genoma* può essere definito il patrimonio genetico della cellula, depositario, per ogni organismo, dei geni e del suo programma ontogenetico di sviluppo e di differenziamento nelle forme e nelle funzioni.

In questo periodo, molti risultati, fondamentali per lo sviluppo della genetica molecolare e degli enzimi implicati, vengono ricavati dallo studio della struttura cristallografica, dalla regolazione e dalla funzione degli acidi nucleici e delle proteine. Queste conoscenze sono alla base delle attuali ricerche di *genomica funzionale*.

- 1951 – L.C. Pauling (USA, chimico, Nobel nel 1954 e 1962) rende nota, insieme con R.B. Corey (cristallografo, USA), la configurazione elicoidale delle catene polipetidiche, in seguito confermata in tutte le proteine.
- 1953 – E. Chargaff (nato a Vienna, lavora in USA) stabilisce il rapporto 1:1 tra basi azotate puriniche e pirimidiniche dei DNA. R. Franklin (inglese) e M. Wilkins (inglese, Premio Nobel 1962) deducono, attraverso l'analisi cristallografica ai raggi X del DNA, la struttura elicoidale del DNA.

- 1953 – Sulla base anche di tali conoscenze, J. D. Watson (USA) e F. H.C. Crick (UK), premi Nobel nel 1962, propongono la struttura a doppia elica del DNA¹.
- 1953 – F.H.C. Crick formula il *dogma centrale della biologia cellulare* che può così riassumersi: il flusso di informazione genetica (cioè della precisa determinazione ereditaria delle sequenze nucleotidiche) si trasferisce dal DNA all'RNA (*trascrizione*) e da quest'ultimo alle proteine (*traduzione*): il DNA produce RNA, l'RNA produce proteine.
- 1953 – A. D. Hershey (USA, premio Nobel 1969) e M. Chase (USA) confermano che il DNA è la base molecolare dell'ereditarietà.
- 1958 – Il gruppo di ricerca diretto da Arthur Kornberg (USA, premio Nobel 1959) isola il primo enzima che determina la replicazione del DNA *in vitro*: la *DNA polimerasi* I. Quest'enzima è attualmente una delle molecole catalitiche più usate in genetica sia per la marcatura di sonde molecolari che per l'amplificazione genica.
- 1959 – S.B. Weiss (USA) e collaboratori scoprono un altro enzima, la *RNA polimerasi*, capace di sintetizzare polimeri di RNA utilizzando come stampo uno dei due filamenti di DNA.
- 1960 – Studi svolti all'Istituto Pasteur di Parigi portano alla scoperta nel batterio *Escherichia coli* del controllo genetico sia della sintesi di proteine

¹ Il DNA è composto da due filamenti che si generano per legame chimico tra migliaia di nucleotidi in sequenza lineare. I due filamenti hanno un orientamento opposto e si avvolgono ad elica attorno ad un asse di simmetria. Ogni nucleotide è formato da uno zucchero (ribosio nel RNA e 2-deossiribosio nel DNA) a forma di pentagono a cui si legano ad un vertice l'acido fosforico e all'altro la base azotata. La base azotata è una molecola formata da uno o due anelli di carbonio, azoto, ossigeno e idrogeno. La base azotata può assumere cinque forme denominate: adenina (A), guanina (G), timina (T), citosina (C) e uracile (U) (quest'ultima è presente solo nell'RNA al posto della timina). Le basi dei due filamenti si appaiano nei seguenti due tipi di paia di basi (pb); AT e GC. Il messaggio genetico contenuto nel DNA è composto dalla sequenza di triplette di nucleotidi. L'insieme delle triplette forma i geni, l'insieme dei geni forma i cromosomi, e l'insieme dei cromosomi il genoma. Ogni tripletta di un gene attivo viene trascritta in una corrispondente tripletta o «codone» del RNA, e ad ogni codone corrisponde un amminoacido della proteina tradotta. Ad ognuno dei 20 amminoacidi più diffusi corrisponde uno o più codoni (codice genetico). L'ordine delle triplette nei diversi geni è stato generato dall'evoluzione biologica. La composizione delle triplette di un gene può cambiare per effetto di mutazioni. Le mutazioni a livello dei nucleotidi provocano la formazione di nuove forme (alleli) dello stesso gene. La selezione naturale degli organismi, che esprimono proteine diverse dovute ai diversi alleli dello stesso gene, ha consentito l'evoluzione dei geni e quindi è stata una delle cause determinanti degli eventi di speciazione.

enzimatiche, da parte di F. Jacob e J. Monod, che di proteine fagiche, da parte di A. Lwoff. Questi studi (i tre ricercatori ricevono il premio Nobel nel 1965) hanno consentito la comprensione della regolazione dell'espressione genica anche nelle cellule di organismi superiori, e sono anche alla base delle attuali ricerche di *proteomica* e *genomica funzionale*. Inoltre, l'operone *Lac* studiato da Jacob e Monod è diventato parte del DNA funzionale dei plasmidi usati come vettori di clonaggio perché consente, attraverso opportuni protocolli sperimentali, di identificare le colonie di batteri contenenti plasmidi ricombinanti (vedi pag. 283).

- 1960 – H.G. Khorana (indiano, lavora in USA, premio Nobel 1968), sintetizza il primo acido nucleico *in vitro*.
- 1961 – M.W. Nirenberg (premio Nobel 1968) e H. Matthaei (USA) dimostrano che la sintesi proteica richiede la presenza di ribosomi, RNA messaggero, enzimi, ATP (adenosin-5¹-trifosfato) e amminoacidi. Successivamente, i suddetti insieme a P. Leder (USA) e S. Ochoa (Spagna-USA, premio Nobel 1959) cominciano a decifrare il codice genetico.
- 1966 – Viene completata la *decifrazione del codice genetico*.
- 1968 – M. Meselson e R. Yuan (USA) isolano da *Escherichia coli* il primo enzima di restrizione del DNA, enzima che taglia il DNA in corrispondenza di specifiche sequenze di nucleotidi.
- 1970 – W. Arber, H. Smith e D. Nathans (USA), scoprono altri *enzimi di restrizione*.
- 1970 – Ricerche di R. Dulbecco (Italia-Usa), H. Temin (USA), D. Baltimore (USA), premi Nobel 1975, e collaboratori, constatano l'integrazione fra virus dei tumori ed il materiale genetico della cellula; in particolare Temin e Baltimore dimostrano che l'informazione genetica non passa sempre da DNA a RNA in quanto un enzima, chiamato *trascrittasi inversa* (presente nel rivestimento di alcuni retrovirus), può determinare un percorso, un flusso inverso, una trascrizione inversa, di informazione genetica: da RNA a DNA. Questo enzima è stato importante per lo sviluppo della tecnologia del *DNA ricombinante* (rDNA), soprattutto per permettere il clonaggio di geni funzionali a partire dal DNA complementare (cDNA), sintetizzato per trascrizione inversa da RNA messaggero (mRNA) corrispondente al gene oggetto della ricerca.

Periodo del trasferimento genico, della genetica molecolare, del RNA e DNA ricombinante, e dell'ingegneria genetica (dal 1970)

Con la scoperta degli enzimi di restrizione si aprono nuovi orizzonti nella modificazione del DNA *in vitro*, poiché essi e l'enzima ligasi sono strumentali allo sviluppo della *tecnica del DNA ricombinante o rDNA, dell'identificazione ed isolamento e trasferimento di geni e dell'ingegneria genetica*. Le fasi di questo periodo, che vede anche il fiorire della Biologia e della Genetica molecolare, ed anche il progressivo adattamento di tecniche – colture cellulari in vitro, fecondazione in vitro e trapianto embrionale, metodi biometrici e biochimici per la selezione di caratteri quantitativi e qualitativi, ecc. – ad organismi di interesse agrario, sono le seguenti:

- 1971-'72 – S. Cohen e H. Boyer (USA) usano l'enzima ligasi per riunire i frammenti di DNA tagliati dagli enzimi di restrizione.
- 1973 – P. Berg (USA) produce la prima molecola di *DNA ricombinante* inserendo il genoma del virus (SV40) nel fago *lambda*, dando avvio alla tecnologia del clonaggio dei geni. Nello stesso anno avviene anche il clonaggio del primo gene (insulina) mediante la tecnica del rDNA.
- 1975 – F. Sanger (USA) sviluppa un metodo per la rapida determinazione della sequenza nucleotidica del DNA.
- 1976 – Si costituisce negli USA la prima società (Genentech) per l'utilizzazione industriale della tecnica del rDNA. Nel 1980 la Suprema Corte di Giustizia degli USA stabilisce la brevettabilità dei microorganismi ingegnerizzati e Cohen e Boyer ricevono il brevetto per lo sviluppo della tecnica rDNA.
- 1977 – M.D. Chilton e collab. (USA) accertano che il tumore al colletto delle dicotiledoni è causato dal trasferimento, nel genoma della cellula vegetale ospite, di una parte del DNA (T-DNA) del plasmide Ti durante l'infezione causata da *Agrobacterium tumefaciens*.
- 1982 – Primo successo nel trasferimento di un gene (che codifica per l'ormone della crescita) da una specie animale (il ratto) ad un'altra (il topo).
- 1983 – Prima pianta transgenica prodotta, *Nicotiana plumbaginifolia*, la cui trasformazione avviene usando come vettore del transgene l'*Agrobacterium tumefaciens*.
- 1983 – Primo successo nel trasferimento di un gene (per proteine di riserva) da una specie vegetale (fagiolo) ad un'altra (girasole). K. Mullis (USA, premio Nobel 1983) inventa la «reazione a catena della poli-

- merasi (PCR)» per la produzione in vitro di copie di un frammento di DNA.
- 1985 – L'Ufficio brevetti degli USA stabilisce che le *piante transgeniche* sono brevettabili.
- 1986 – Ottenimento (negli USA) di un maiale transgenico nel cui genoma è stato trasferito il gene che codifica l'ormone di crescita umano (somatotropina), e pubblicazione delle prime sequenze geniche in *Arabidopsis*.
- 1987 – In USA si svolgono i primi esperimenti in campo con (a) piante di mais trasformate contenenti un gene di origine batterica (da *Bacillus thuringiensis*), che conferisce resistenza agli insetti, e con (b) microrganismi ingegnerizzati geneticamente.
- 1988 – L'Ufficio brevetti USA stabilisce che gli *animali transgenici* sono brevettabili.
- 1988 – Viene approvata in Australia la vendita di un microrganismo modificato geneticamente attraverso la *tecnica del rDNA* per il controllo biologico di una batteriosi dei fruttiferi.
- 1989 – Inizia il progetto di costruzione della mappa molecolare del genoma umano e del genoma di vegetali: il riso e l'*Arabidopsis thaliana*, una crucifera a ciclo breve, la cui caratterizzazione del genoma è frutto del lavoro di circa 100 laboratori.
- 1995 – P.O. Brown e collab. (Stanford University, USA) introducono la tecnica dei microarrays, una delle più usate per identificare i geni attivi. Un tipo di microarray è costituito da piastrine (chips) di vetro, sulle quali vengono allineate serie di microgocce contenenti ciascuna un diverso cDNA (DNA complementare), o parti di esso note come EST (*Expressed Sequence Tag*= frammento di una sequenza espressa) che hanno la funzione di *sonde molecolari*. Normalmente, ad ogni EST corrisponde un gene. Poiché l'insieme del microarray può contenere EST corrispondenti all'intero genoma sequenziato, o parte di esso, il metodo consente la rapida analisi funzionale di migliaia di geni. Infatti il microarray viene esposto ai cDNA preparati da due campioni di mRNA isolati: (a) in due tempi successivi dallo stesso tessuto, (b) dallo stesso tessuto sottoposto a due diverse condizioni sperimentali (controllo vs trattato), (c) dallo stesso tipo di tessuto di due organismi diversi nello stesso stadio di sviluppo. I cDNA corrispondenti ai due campioni di mRNA vengono marcati con composti fluorescenti diversi, poi vengono mesco-

lati e quindi ibridati con gli EST del microarray mediante ibridazione competitiva. L'intensità della fluorescenza ad ogni spot di ibridazione viene evidenziata con raggi laser ed analizzata al computer. Nei casi (a) e (b) lo scopo è quello di esaminare i geni attivi delle cellule in stadi diversi di sviluppo o l'interazione dei geni con determinati fattori ambientali o chimici. Nel caso (c) lo scopo è quello di monitorare la presenza di polimorfismi (=variazioni nella sequenza nucleotidica) per specifici segmenti di DNA degli individui di specie diversa. Diviene pertanto possibile valutare la presenza di sequenze simili di DNA in individui, varietà, specie, generi e famiglie diverse. Misurare la diversità biologica in termini di confronti tra sequenze nucleotidiche vuol dire anche studiare la storia evolutiva dei viventi.

1997 – Esperimenti condotti al Roslin Institute (Scozia) da un gruppo guidato da I. Wilmut consentono il successo nella prima clonazione di un mammifero: la pecora Dolly; seguiranno le clonazioni nel 1998 dei bovini e topi, nel 1999 dei caprini, nel 2000 dei suini e nel 2002 del gatto.

BIOTECNOLOGIE PER LO STUDIO DELLA STRUTTURA E DELLA FUNZIONE DEL GENOMA

I progressi, nell'ultimo quarto di secolo, della biologia molecolare hanno determinato – come avanti cronologicamente indicato – un potente sviluppo della genetica, aprendo nuovi campi di studio e di applicazione.

Genomica e Proteomica

La *genomica* è la parte della biologia che ha per obiettivo lo studio e il sequenziamento dei geni presenti nel DNA dei cromosomi di una specie, la costruzione delle mappe genetiche, e l'esame della struttura (*genomica strutturale*) e delle modalità del flusso di informazione genetica (*genomica funzionale*) contenuta negli acidi nucleici. Il *genoma* è l'intero complesso dell'informazione genetica contenuta nel DNA cromosomico presente in una cellula di macro- e microorganismi; nelle particelle virali il genoma può essere

costituito da DNA o RNA.² La *proteomica* è l'insieme degli studi miranti alla comprensione dei vari elementi del processo biologico ed al collegamento di tutte le informazioni contenute nel DNA, nel RNA e nelle proteine da essi codificate. Se il DNA rappresenta – dunque – il progetto che una cellula utilizza per costruire le proteine, l'mRNA è l'esecutore di quella parte del progetto che si realizza progressivamente, come in un cantiere. Il DNA rimane confinato nel nucleo cellulare, mentre gli RNA trascritti dai geni attivi lasciano il nucleo per impartire nel citoplasma gli ordini necessari a produrre le proteine. La *proteomica* dunque indica il flusso di informazione genetica dal RNA alle proteine, la regolazione di tale flusso e la struttura delle proteine neosintetizzate o modificate dopo la loro sintesi. In questa serie di processi hanno un ruolo importante i *promotori*³, che determinano e regolano l'inizio della trascrizione dei geni. Essi svolgono la funzione regolatrice attraverso alcune sequenze nucleotidiche interne al promotore (dette TATA-box) ed esterne ad esso (dette *enhancers* e *silencers*), che fungono da *attivatori* e *silenzianti*⁴ della trascrizione. La

² Le attuali tecniche di sequenziamento del genoma comprendono l'analisi dell'ordine delle basi azotate di segmenti di DNA lunghi 70000-150000 nucleotidi e l'assemblaggio per via informatica delle sequenze dei diversi segmenti di DNA. Quest'ultima fase diventa complicata se i segmenti di DNA contengono un'elevata frequenza di piccole sequenze nucleotidiche ripetute numerose volte, come si verifica in genomi ampi come in mais, soia e frumento. Per superare questa difficoltà sono in corso ricerche sia per l'analisi di sequenza nucleotidica di segmenti lunghi oltre 10⁶ nucleotidi, sia metodi di separazione dei segmenti di DNA ricchi in sequenze ripetute da quelli ricchi di geni, mediante 'filtrazione' del DNA metilato da quello a bassa metilazione.

Il sequenziamento di lunghi filamenti di DNA avviene per incorporazione di basi azotate che sono state etichettate con diversi coloranti fluorescenti. Quando vengono accoppiate con minuscole sfere di polimeri, le molecole di DNA etichettate possono essere isolate ed i singoli nucleotidi vengono rimossi da un'estremità della molecola di DNA mediante l'esonucleasi III dell'*Escherichia coli*, ed identificati mediante metodi spettrofotometrici.

³ I promotori costitutivi, come 35S (isolato dal virus CAMV, virus del mosaico del cavolfiore), che sono collocati a monte di un transgene, ne favoriscono l'espressione con alta efficienza anche in tessuti (es. frutti) dove non è desiderata, ed anzi può essere dannosa se il transgene codifica per la produzione di tossine. Pertanto, le più recenti tecniche di trasformazione ricorrono a promotori scelti in base alle specifiche di espressione e regolazione volute, e saranno tessuto-specifici cioè permetteranno l'espressione del transgene soltanto nel tessuto desiderato e nella fase di sviluppo più consona. L'uso di promotori tessuto-specifici è un'altra delle nuove possibilità per le prossime generazioni di organismi transgenici.

⁴ Il «silenziamento» di un gene, il blocco della sua espressione fenotipica, dipende anche da meccanismi dovuti ad interferenze fra sequenze nucleotidiche di gene endogeno ed esogeno omologhi, per la presenza di un genoma virale (cosoppressione), per modificazioni nella densità (metilazione) della cromatina del DNA del gene, ecc.

proteomica si va perfezionando sia per gli aspetti di separazione delle proteine (elettroforesi bidimensionale e cromatografia liquida) che per i sistemi di identificazione (spettrometria di massa). Inoltre si intensificano gli studi sull'interazione tra proteine di complessi proteici, tra proteine e DNA e tra proteine e oligosaccaridi.

Sebbene, in linea di massima, ogni cellula dell'organismo contenga tutto il materiale genetico per costruire e mantenere in vita un essere vivente, molti dei suoi geni non vengono mai trascritti in mRNA. Altri geni vengono accesi solo in alcuni tessuti, altri vengono accesi o *spenti* in momenti diversi – o non vengono mai attivati – a seconda del tessuto in cui si trovano e al ruolo che svolgono nell'organismo. Ad esempio, una cellula dell'endosperma o dei cotiledoni del seme contiene di solito moltissime molecole di mRNA che specificano per la produzione di proteine di riserva e di altre sostanze che sono necessarie per la nutrizione delle plantule nei primi stadi di vita, ma sono del tutto assenti, per esempio, nelle cellule di un apice meristemato.

La sequenza del DNA del genoma eucariotico (cioè degli organismi che hanno nucleo avvolto da membrana come nei lieviti e negli animali e piante superiori) pertanto rivela solo in parte ciò che ogni specifica cellula sta facendo. Si definisce perciò *trascrittoma* l'insieme di tutti gli mRNA prodotti da una cellula a ogni istante, e *proteoma* l'insieme di tutte le proteine sintetizzate grazie alle istruzioni contenute negli mRNA. Gli mRNA prodotti da specifici tessuti in stadi di sviluppo particolari possono essere isolati e usati come stampo per la preparazione di cDNA.

Spesso però si desidera riuscire a osservare non solo un gene e la sua modalità di espressione, ma la forma della proteina stessa ed a questo scopo sono stati messi a punto nell'anno 2000 modelli di scanner molecolari che rendono automatico il processo, attualmente molto lungo, di separazione e identificazione delle migliaia di specie proteiche di una cellula. Ma per comprendere veramente la funzione di una proteina occorre individuarne la conformazione e la struttura. È questo il campo dei biochimici strutturali che, p.e., utilizzano la cristallografia a raggi X semiautomatica per studiare proteine normali e anormali. Il progresso di queste ricerche dipenderà dalla velocità con la quale sarà possibile determinare la struttura dell'intero proteoma di un organismo.

Alcune delle specie nelle quali il sequenziamento nucleotidico del genoma, le mappe genetiche, cioè la *sequenza dei geni lungo i cromosomi della specie*, è completo o molto avanzato, sono finora le seguenti (TAB. 1 e 2):

TAB. 1
Numero dei genomi sequenziati al febbraio 2002

	Num. di genomi sequenziati	Num. di specie
Virus	493	53
Archaea ⁽¹⁾	13	13
Batteri ⁽²⁾	82	63
Eucarioti ⁽³⁾	11	11

⁽¹⁾ Archaea: batteri adattati ad habitat estremi per temperatura, acidità e salinità ed essenzialmente chemiosintetici.

⁽²⁾ Batteri o Eubatteri, adattati ad habitat non estremi e prevalentemente fotosintetici ed eterotrofi, il cui corredo cromosomico non forma un nucleo.

⁽³⁾ Eucarioti (p.e. animali e piante), organismi uni- o pluri- cellulari, i cui cromosomi sono inclusi in un nucleo avvolto dalla membrana nucleare.

TAB. 2
Esempi di microrganismi e di organismi pluricellulari per i quali è stata completata, o è in avanzato corso, l'analisi della sequenza nucleotidica dell'intero genoma o di sue parti

Organismo	Numero cromosomico	Dimensione del genoma (x 10 ⁶ coppie di nucleotidi)	Numero di geni	Numero di geni che hanno >60% della sequenza nucleotidica simile a geni dell'uomo
Micoplasm				
<i>Mycoplasma pulmonis</i> *	1 ⁽¹⁾	0,96	782	
Batteri				
<i>Chlamydia pneumoniae</i> *	1 ⁽¹⁾	1,22	997	
<i>Helicobacter pylori</i> * ceppo J99	1 ⁽¹⁾	1,64	1491	
<i>Streptococcus pneumoniae</i> * ceppo R6	1 ⁽¹⁾	2,04	2043	
<i>Xylella fastidiosa</i> * ceppo 9a5c	1 ⁽¹⁾	2,68	2766	
<i>Staphylococcus aureus</i> * ceppo Mu50	1 ⁽¹⁾	2,88	2697	
<i>Mycobacterium leprae</i> * ceppo TN	1 ⁽¹⁾	3,27	2720	
<i>Bacillus subtilis</i> *	1 ⁽¹⁾	4,21	4100	
<i>Mycobacterium tuberculosis</i> * ceppo H37Rv	1 ⁽¹⁾	4,41	3918	
<i>Escherichia coli</i> * ceppo K-12	1 ⁽¹⁾	4,64	4390	
<i>Agrobacterium tumefaciens</i> * ceppo C58	4 ⁽¹⁾	5,67	5400	
<i>Ralstonia solanacearum</i> * ceppo GMI 1000	2 ⁽¹⁾	5,81	5129	
Lieviti				
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> *	16 ⁽²⁾	13,01	6223	130
<i>Schizosaccharomyces pombe</i> *	3 ⁽²⁾	13,81	4929	50
Nematode				
<i>Caenorhabditis elegans</i> *	6 ⁽²⁾	97	19.099	⁽⁸⁾
Insetti				
<i>Drosophila melanogaster</i> * (Moscerino dell'aceto)	4 ⁽³⁾	~180 (genoma totale)	13.516	176 ⁽⁹⁾
Pesci				
<i>Danio rerio</i> ** (*"Pesce zebra")	25 ⁽⁴⁾	1.700		
<i>Oryzias latipes</i> ** (Medaka o Pesce dei campi di riso)	24 ⁽⁵⁾	1.000		
<i>Fugu rubripes</i> * (Pesce palla giapponese)	21 ⁽²⁾	365 ⁽¹⁴⁾	31.059 ⁽¹⁴⁾	⁽¹⁴⁾
<i>Tetraodon nigroviridis</i> ** (Pesce palla malaisiano)	21 ⁽²⁾	400		

Mammiferi				
Homo sapiens sapiens* (Specie umana)	23 ⁽⁶⁾	3.286	32.000 ⁽¹¹⁾	
Pan troglodytes** (Scimpanzé)	24 ⁽²⁾	3.582		
Rattus norvegicus** (Ratto)	21 ⁽²⁾	3.200		
Mus musculus** (Topo)	20 ⁽²⁾	3.200		⁽¹⁰⁾
Canis familiaris** (Cane)	39 ⁽²⁾	2.842		
Felis catus** (Gatto)	19 ⁽²⁾	2.871		
Equus caballus** (Cavallo)	32 ⁽²⁾	3.108		
Sus scrofa** (Maiale)	19 ⁽²⁾	3.100		
Bos taurus** (Bovino domestico)	30 ⁽²⁾	3.651		
Ovis aries** (Ovino domestico)	27 ⁽²⁾	3.256		
Uccelli				
Gallus gallus** (Pollo)	39 ⁽⁷⁾	1.036		
Piante				
Arabidopsis thaliana*	5 ⁽²⁾	125	25.500	36
Oryza sativa* ssp indica (Riso)	12 ⁽²⁾	466	46.022-55.615 ⁽¹²⁾	
Oryza sativa* ssp japonica (Riso)	12 ⁽²⁾	420	32.000-50.000 ⁽¹³⁾	
Medicago truncatula**	8 ⁽²⁾	500		
Gossypium hirsutum L. cv. Maxxa** (Cotone)	26 ⁽²⁾	2.118		
Hordeum vulgare** (Orzo)	7 ⁽²⁾	5.000		
Zea mays** (Mais)	10 ⁽²⁾	2.500		
Triticum aestivum** (Frumento tenero o da pane)	21 ⁽²⁾	16.500		
Lycopersicon esculentum** (Pomodoro)	12 ⁽²⁾	1.016		
Solanum tuberosum** (Patata)	24 ⁽²⁾	2.072		
Glycine Max** (Soia)	20 ⁽²⁾	1.115		
Pinus taeda** (Pino loblolly)	12 ⁽²⁾	21.810		

*: Genoma già sequenziato a febbraio 2002

** : Progetti avviati nel 2000 come sequenziamento di EST o in fase avanzata di sequenziamento

⁽¹⁾ Numero di filamenti di DNA a replicazione autonoma

⁽²⁾ Numero di coppie di cromosomi omologhi

⁽³⁾ 3 coppie di autosomi e una coppia di eterocromosomi o cromosomi del sesso (XX nella femmina e XY nel maschio)

⁽⁴⁾ Indica gruppi di geni detti anche gruppi di linkage che corrispondono a porzioni di cromosoma

⁽⁵⁾ 23 coppie di autosomi e una coppia di eterocromosomi o cromosomi del sesso (XX nella femmina e XY nel maschio)

⁽⁶⁾ 22 coppie di autosomi e una coppia di eterocromosomi o cromosomi del sesso (XX nella femmina e XY nel maschio)

⁽⁷⁾ 38 coppie di autosomi e una coppia di eterocromosomi o cromosomi del sesso (ZW nella femmina e ZZ nel maschio)

⁽⁸⁾ 32% delle nucleotidiche per proteine del nematode sono simili a sequenze nucleotidiche del genoma umano (*Nature*, 1998, 396:620-621)

⁽⁹⁾ Il valore riguarda soltanto il 61% dei geni implicati in malattie umane e che hanno una corrispondente copia in *Drosophila* (*Nature Genetics*, 2000, 24:327-328)

⁽¹⁰⁾ 81% delle sequenze EST di topo risultano uguali ad altrettante sequenze nucleotidiche contenute in mRNA del genoma umano (*Nature Genetics*, 1999, 21:191-194)

⁽¹¹⁾ Stima del numero di geni che codificano per proteine diverse, ricavata dall'analisi della prima bozza della sequenza nucleotidica del genoma umano (pag. 901, *Nature*, 2001, 409:860-921)

⁽¹²⁾ Stima del numero di geni basato sul 92% della dimensione totale del genoma come riportato a pag. 79 di *Scienze*, 2002, 296:79-91

⁽¹³⁾ Stima del numero di geni basato sul 93% della dimensione totale del genoma come riportato a pag. 92 di *Scienze*, 2002, 296:92-100

⁽¹⁴⁾ Stima del numero di geni basato sul 95% della dimensione totale del genoma come riportato in *Scienze*, 2002, 297:1301-1310

Il genoma «compatto» del pesce *Fugu* è 1/9 di quello umano ma contiene quasi lo stesso numero di geni. Il confronto dei due genomi ha permesso di identificare similarità nell'organizzazione genica, nelle regioni di DNA conservato, nella composizione del proteoma, ed ha consentito l'identificazione di circa 1000 nuovi geni umani.

Dalla somma degli studi di genomica è emersa, incontestabile, l'evidenza della cosiddetta *universalità* del codice genetico. In realtà, non esistono geni *animali* o *vegetali* o di *batteri*. Per esempio, molti geni dell'uomo presentano analogie con geni presenti negli animali o nelle piante; l'organismo *uomo* si distingue poiché possiede una serie di geni che lo hanno, nel corso dell'evoluzione, differenziato, soprattutto nei meccanismi di espressione genica, dagli altri esseri viventi.

Marcatori molecolari e loro impiego per la individuazione di QTL e per la selezione assistita.

Gli studi di genetica molecolare relativi alle specie animali, vegetali e microbiche, e perciò anche quelli relativi agli organismi di interesse per l'agricoltura ed al miglioramento genetico via ingegneria genetica, trovano uno straordinario supporto nei *marcatori molecolari*⁵. Un marcatore molecolare corrisponde ad un locus genomico, rilevabile con sonde (= probe) o inneschi (= primer) specifici che, in virtù della loro presenza, permettono di marcare in modo caratteristico il tratto cromosomico ad essi complementari. I marcatori molecolari, identificati mediante «reazione a catena della polimerasi» (PCR), consistono in porzioni di DNA cromosomico (di dimensione variabile, generalmente da 50 a 3.000 paia di basi, pb) compresi tra due regioni oligonucleotidiche note (di 6-30 pb). I marcatori molecolari – a differenza dei marcatori biochimici proteici (es. gli isoenzimi) – non sono generalmente riferibili a geni o alla loro attività specifica. Essi si basano direttamente sulla rilevazione di differenze (= polimorfismi) nella sequenza nucleotidica del

⁵ Tra le tecnologie per identificare i marcatori molecolari sono da ricordare: RAPD (Random amplified polymorphic DNA), SSR (Simple sequence repeat), e AFLP (Amplified fragment length polymorphism), basate sulla PCR che permette l'amplificazione di uno specifico segmento di DNA. Notevole, in effetti, è la versatilità della tecnologia dell'amplificazione del DNA che consente: rilievo di sequenze nucleotidiche controllanti processi biologici e fisiopatologici; accertamenti – a scopo classificatorio, o comparativo e per fini brevettuali – della presenza di sequenze nucleotidiche simili in genotipi con genealogia ignota; diagnosi della presenza di sequenze geniche codificanti funzioni terapeutiche organolettiche tecnologiche antiparassitarie erbicide antivirali, di importanza agronomica, ecc.; diagnostica applicata alla purezza di partite di semi e di cloni, alla tracciabilità di sostanze nocive non autorizzate; ricerca nelle piante transgeniche dell'origine della linea trasformata e dell'identità di eventuali altre linee parentali; indagini sulla variabilità in collezioni di biodiversità ed eliminazione di doppianti; studi di filogenesi, ecc.

DNA corrispondente ai marcatori nel genoma di ogni individuo, differenze dovute p.e. a mutazioni puntiformi quali: inserzioni, delezioni, sostituzioni, duplicazioni di basi.

La selezione applicata per il miglioramento genetico delle specie vegetali coltivate o di razze animali si fonda sulla conoscenza di parametri genetici per il carattere studiato (ereditabilità, varianza genetica, valore riproduttivo, correlazione, regressione genitore-progenie) stimati mediante analisi statistica dei valori fenotipici del carattere in popolazioni sperimentali o in ascendenti (*pedigree*). In questi casi l'architettura genetica del carattere viene trattata come una «scatola nera» poiché non sono disponibili le conoscenze sul numero di geni che influenzano il carattere e sull'effetto di ciascuno di essi sul fenotipo. Tuttavia, il modello poligenico sviluppato da R.A. Fisher negli anni Trenta è stato di notevole aiuto per fare previsioni e poi verificare i progressi genetici mediante selezione. Tale modello porta a considerare la base genetica di un carattere fenotipico, complesso o quantitativo, come l'insieme di un elevato numero di geni ad azione piccola ma additiva. Nonostante le evidenti inaccuratezze del modello, la sua applicazione ha consentito i notevoli progressi (aumento della media delle produzioni nelle agricolture avanzate) realizzati durante la selezione – ad esempio – per caratteri quali: la produzione di latte nei bovini (la quantità di latte alla prima lattazione è mediamente aumentata da 6000 kg nel 1960 a 12000 kg nel 2000) e la produzione media di mais (da 5,3 t/ha nel 1970 a 8,5 t/ha nel 2000).

Ma spesso il valore fenotipico non è un buon indicatore del valore riproduttivo degli individui prescelti per avviare un programma di miglioramento genetico. Tali limiti possono essere superati applicando metodi di analisi genetica molecolare che permettono di studiare direttamente le mutazioni ad un locus che influenzano un carattere quantitativo, oppure di identificare differenze (polimorfismo) usando marcatori molecolari. In entrambi i casi si presume l'esistenza di loci detti QTL («Quantitative trait loci») con alleli che esercitano una forte azione genetica nell'espressione fenotipica del carattere quantitativo. I grandi progressi delle tecnologie di identificazione dei marcatori molecolari hanno già permesso di definire, per molte specie di interesse agrario, mappe genetiche altamente *saturate* (in cui – cioè – molti geni sono stati localizzati sui cromosomi della specie); il che consente di individuare i geni marcatori per numerose caratteristiche, per esempio, di tolleranza o resistenza a fattori di stress biotici e abiotici.

Di conseguenza, appaiono sempre più utilmente adottate le strategie di selezione denominate *selezione assistita dai marcatori molecolari*. Infatti,

l'associazione genetica fra marcatore molecolare e fenotipo consente la selezione nelle progenie sotto esame e l'identificazione della pianta o dell'animale portatore del/dei fattori genetici determinanti il/i caratteri (ad ereditabilità semplice, o complessa nel caso dei QTL), che si vogliono migliorare, e di conseguenza permette di identificare le linee parentali più adatte da usare nei programmi di miglioramento genetico. In zootecnia, per esempio, la selezione assistita è molto efficace soprattutto per caratteristiche espresse da un solo sesso, come la produzione di latte o il numero di nati per parto, o difficilmente misurabili su animali vivi come le caratteristiche della carcassa e della carne.

Va sottolineato che l'usare marcatori molecolari apre nuove e profonde prospettive ai fini dell'utilizzazione delle collezioni di germoplasma, evidenziando le potenzialità delle diverse accessioni e così consentendo l'identificazione di nuovi geni utili e più vantaggiosi. Ne risulta, di conseguenza, che l'uso del valore fenotipico, e le modalità di selezione finora adottate, non sono sufficienti ad accertare il valore riproduttivo di un'accessione, soprattutto per i caratteri quantitativi.⁶

In sintesi, le strategie di selezione assistita mediante marcatori molecolari (che ormai consentono di analizzare migliaia di individui per ogni ciclo di selezione) divergono secondo l'obiettivo: se si tende all'accumulo di caratteri ad ereditabilità semplice, si useranno marcatori che identifichino direttamente il locus mendeliano interessato (es. usando EST); se invece l'obiettivo è l'accumulo di alleli per caratteri complessi, si useranno marcatori che segnalano la presenza del QTL desiderato. Le analisi condotte negli ultimi anni hanno dimostrato che in alcuni casi le differenze fenotipiche osservate per caratteri complessi erano imputabili a meno di cinque QTL, mentre in altri caratteri complessi era evidente l'intervento di numerosissimi QTL secondo, quindi, la teoria poligenica formulata da Fisher. È altresì evidente che, ricorrendo ai marcatori molecolari, si riduce notevolmente – rispetto al metodo convenzionale – il numero dei reincroci necessari per il trasferimento intra-specifico di QTL.

⁶ L'introgresione in pomodoro (*Lycopersicon esculentum*) di QTL da *L. hirsutum* e *L. pimpinellifolium*, riguardanti caratteri della produzione e dimensione del frutto o del contenuto in licopene, ha consentito progressi genetici di oltre il 30%.

Bioinformatica

Per la diffusione e l'applicazione delle biotecnologie, e per il coordinamento delle ricerche finalizzate all'accertamento di vantaggi o svantaggi delle biotecnologie e dei loro prodotti, la bioinformatica non è soltanto un essenziale servizio ma è ormai un consolidato settore scientifico. È la scienza che, utilizzando l'informatica per analizzare dati biologici, permette di formulare ipotesi e di dare risposte ai problemi biologici e sui processi della vita, delle quali, avendo chiare le approssimazioni e parametrizzazioni dei metodi informatici, va valutata la sensatezza e la significatività.

La bioinformatica, che trae origine dagli sviluppi delle scienze della vita e della biologia molecolare e biochimica strutturale da un lato e dalle discipline matematiche ed informatiche dall'altro, offre la possibilità di ricavare una prospettiva globale di studio della complessità biologica, della analisi dell'esplosiva massa di dati ottenibili con le moderne tecnologie, di molto varia natura e provenienti da organismi e addirittura da settori di indagine diversi. Si può così cercare di scoprire come tutti i frammenti di informazione genetica si correlino l'un l'altro, e tentare di comporre il quadro generale dello sviluppo e delle interazioni tra organismi e tra questi e l'ambiente.

È infatti ormai possibile passare dal paradigma riduzionista, tipico del passato (un ricercatore più o meno isolato; un gene/proteina/carattere), alla comprensione dell'intero organismo, a principi biologici unificanti. Ciò può essere ragionevolmente svolto esplorando e individuando connessioni e informazioni a livello di banche-dati anche molto differenti⁷. Nel settore agroalimentare, la bioinformatica accelererà: l'analisi delle sequenze a livello di intero genoma anche coinvolgendo migliaia di geni simultaneamente, la valutazione delle risorse genetiche accumulate nelle banche del germopla-

⁷ Scienziati dell'università e dell'industria hanno già computerizzato 3×10^9 coppie di basi che compongono il genoma umano: una quantità di dati che riempirebbe oltre 2000 dischetti standard per calcolatore. Si stanno costruendo basi di dati che specificano in dettaglio i tempi e i siti dell'organismo nei quali sono attivati i vari geni, le conformazioni delle proteine codificate dai geni stessi, le interazioni fra proteine e il ruolo che queste interazioni assumono nelle malattie. A tutto ciò si debbono aggiungere i dati che provengono dal genoma dei cosiddetti organismi modello, come il topo, il moscerino della frutta, l'*Arabidopsis*, il riso ed oltre 100 batteri e virus. Le maggiori banche dati sono presso il National Center for Biotechnology Information (USA) e presso l'European Molecular Biology Laboratory (ad Heidelberg), dove sono accumulati circa due miliardi di accessioni che contengono informazioni su vari miliardi di coppie di nucleotidi.

sma, le analisi comparative di espressione a livello di specie, varietà, razze e ceppi, ecc.

Sarà inoltre possibile elaborare ipotesi sulla funzione e sulla struttura di un gene, o di una proteina di interesse applicativo, identificando sequenze simili in organismi modello e meglio conosciuti.

Una delle operazioni fondamentali della bioinformatica, infatti, consiste nella ricerca di somiglianze, di omologia, fra un segmento di DNA appena sequenziato e segmenti già sequenziati provenienti da diversi organismi. In caso di buona corrispondenza, si può prevedere il tipo di proteina che dalla nuova sequenza dovrebbe essere codificata. Lo studio delle relazioni fra sequenze, strutture e funzioni, cioè la decifrazione delle vie di regolazione genica, potrà consentire una programmazione dei geni da modificare o dell'ordine in cui attivarli o disattivarli per portare la cellula verso un comportamento diverso (per esempio: resistenza alle tossine dei parassiti, produzione di sostanze più salubri, accentuazione delle qualità organolettiche tipiche, ecc.), e permetterà di descrivere e comprendere le funzioni delle proteine prima della verifica sperimentale, previsione essenziale per programmare modifiche delle proteine e quindi ottenere nuovi prodotti o funzioni.

Con il continuo sviluppo di tecniche di hard- e soft- ware e delle modalità di comunicazione, e per l'incessante accumulo di nuovi dati biologici, la bioinformatica, nella sinergia fra questi fatti, avrà un impatto formidabile nel mondo scientifico e sulla società mondiale.

BIOTECNOLOGIE E INGEGNERIA GENETICA

Clonaggio di geni

La genetica molecolare, l'ingegneria genetica, la tecnica del DNA ricombinante, si fondano ed hanno come processo iniziale *l'isolamento di geni*. Nell'isolamento e amplificazione di geni vengono impiegate tecniche di biologia molecolare indicate come «*clonaggio di geni*».

Il clonaggio dei geni permette: (a) la determinazione della sequenza di basi del DNA corrispondente al gene; (b) l'identificazione strutturale e funzionale della regione del DNA che ne controlla l'espressione; (c) la modificazione strutturale del gene; (d) l'introduzione – cioè il trasferimento mediante vettori (vedi pagg. 284-287) – del gene («transgene») nel genoma di individui di altre linee (varietà) della specie da cui è stato isolato, o nel genoma di indi-

vidui di un'altra specie, per indurvi modificazioni funzionali o morfologiche, e dare così origine a individui «transgenici», cioè a «organismi geneticamente modificati» (o.g.m.).⁸

Le tecniche di clonaggio includono due fasi principali. La prima concerne la preparazione del DNA da clonare (detto anche *DNA passeggero*) mediante estrazione da nuclei o plastidi o mitocondri delle cellule di un organismo eucariote oppure da procarioti e virus; il DNA passeggero può essere anche del DNA complementare (cDNA) ottenuto per trascrizione inversa di molecole di mRNA mediante l'uso dell'enzima trascrittasi inversa isolato da retrovirus (vedi pag. 270). La seconda riguarda la frammentazione o *taglio* con *enzimi di restrizione* sia del DNA da trasferire, sia del DNA del *vettore* di clonaggio, che è spesso un plasmide batterico. Il plasmide batterico è una molecola di DNA circolare diverso e separato dal cromosoma circolare della cellula batterica, che permette il clonaggio di inserti non più lunghi di 5kb (Kilobase; 1kb=1000 coppie di basi). Quando il plasmide ed il DNA *passeggero* tagliati con lo stesso enzima di restrizione sono mescolati insieme in presenza di un enzima detto «ligasi», questo favorirà l'unione casuale delle estremità dei frammenti di DNA. L'unione tra un frammento del DNA passeggero ed il DNA del vettore darà molecole di DNA ricombinante, cioè *plasmidi ricombinanti*. I plasmidi ricombinanti vengono trasferiti in cellule batteriche, le quali si dividono all'incirca ogni 20-30 minuti, ed in 24 ore da ogni cellula originale deriverà una colonia di circa 3×10^{14} cellule tutte contenenti lo stesso inserto: questa colonia rappresenterà un *clone* di un frammento di DNA genomico.

La collezione di segmenti di DNA clonato di un dato genoma costituisce una *biblioteca o libreria genetica*⁹, che può essere esaminata, consultata, per cercarvi

⁸ *Trasformazioni genetiche*, usando la terminologia che si richiama al *principio trasformante di Griffith* (1928) e ad esperimenti successivi di O. Avery ed altri, o *modificazioni genetiche* sono pertanto termini che l'uso corrente ha reso equivalenti. Al riguardo è fondamentale ricordare, con particolare riferimento alle piante, che la storia della loro evoluzione e selezione, prima e durante la domesticazione, dimostra che profonde *modificazioni genetiche* sono *naturalmente* occorse: mutazioni geniche e cromosomiche, delezioni cromosomiche, perdite e/o aumenti (per aneuploidia) e moltiplicazioni (per poliploidia) nel numero di cromosomi nelle cellule vegetative e sessuali, con formazione di gameti composti di genomi di specie diverse o con struttura cromosomica diversa. La comparsa di nuovi fenotipi, di nuove specie, di specie geneticamente modificate, ne è stata la conseguenza.

⁹ Altri vettori possono essere costituiti da DNA di virus di batteri o batteriofagi o di speciali plasmidi: il fago lambda (e quindi si creano «librerie fagiche»), oppure il fago P1 (usato per le «librerie PAC»), il plasmide F o cromosoma batterico artificiale di *E. coli* (usato per preparare

il gene desiderato. Per identificare il clone col frammento di DNA corrispondente al gene da isolare, occorre disporre di *sonde molecolari*, p.e. costituite da un acido nucleico omologo ad una parte o all'intero gene che si vuole isolare.

Modificazione (trasformazione) di cellule vegetali mediante vettori biologici e meccanici

Il trasferimento di geni nei batteri mediante l'uso di plasmidi e di fagi, ovvero mediante trasformazione diretta con molecole di DNA, era un fenomeno conosciuto ancor prima degli anni Settanta. Le prime trasformazioni genetiche sperimentali di cellule di eucarioti sono avvenute negli oociti di mammiferi mediante retrovirus o incorporazione diretta di DNA o microiniezione di DNA. Successivamente sono state trasformate anche cellule vegetali prive di parete (protoplasti).

La cellula che esprime il nuovo fenotipo viene indicata come «cellula trasformata»; se da essa si genera una colonia o un clone di cellule modificate, allora si parlerà di batteri, piante o animali (a secondo dell'origine della cellula che ospita il transgene) *geneticamente trasformati o transgenici*. Il termine *transgene* indica appunto il gene trasferito ed ottenuto applicando i metodi noti come *tecnologia del DNA ricombinante, rDNA*.

Vettori biologici

Nel miglioramento genetico delle piante agrarie uno dei metodi di trasferimento più efficiente per rapidità ed efficacia consiste nell'uso di vettori modificati di *A. tumefaciens* (figura 1).

L'*Agrobacterium tumefaciens* (*At*), la cui sequenza genomica è stata resa nota nel dicembre 2001, e l'*A. rhizogenes* (*Ar*) sono due batteri presenti nel terreno ed infettano le cellule di molte dicotiledoni, il primo provocando, come già noto ancor prima degli anni '70, formazioni tumorali e galle nelle radici e sul colletto, oggi accertate in 600 specie di 90 famiglie, e il secondo stimolando

«librerie BAC»), il plasmide di lievito noto come YAC (yeast artificial chromosome o cromosoma artificiale di lievito). Questi vettori consentono di clonare frammenti lunghi da 15 kb fino a 300 kb. Recentemente è stato proposto il «clonaggio» di «cassette geniche» assemblate mediante speciali enzimi, conosciuti come topoisomerasi, e amplificate mediante PCR.

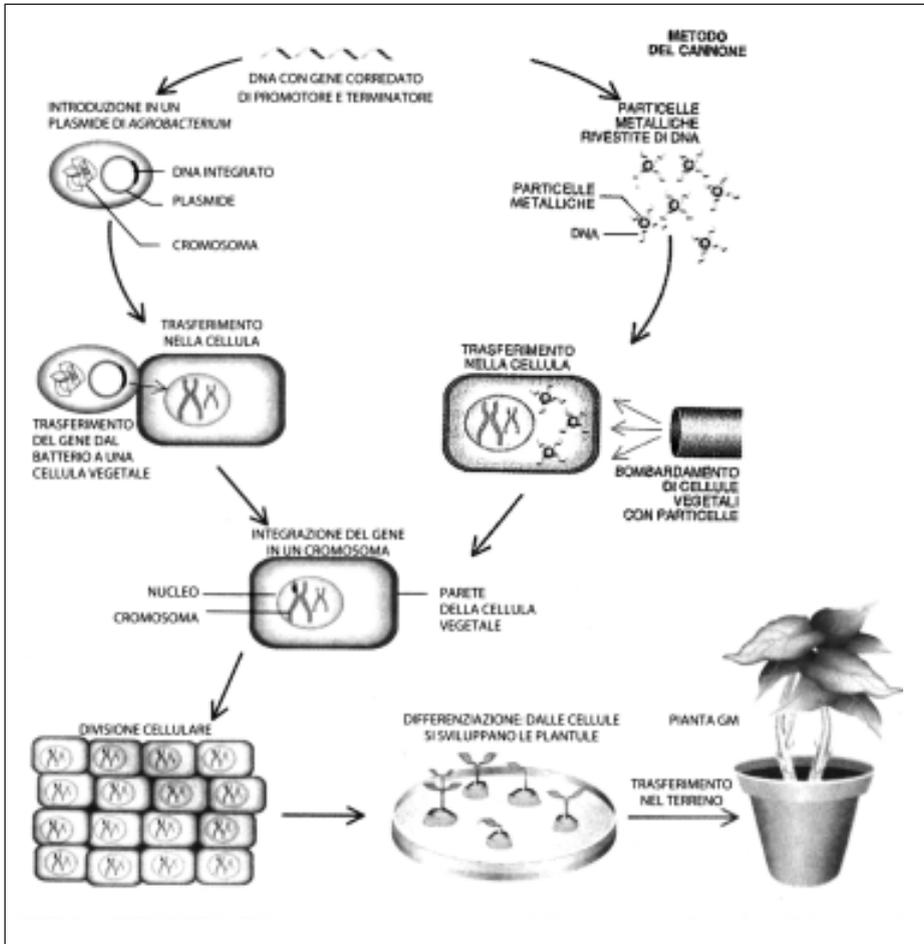


FIG. 1 - Schema che descrive la procedura di ottenimento di piante transgeniche mediante trasformazione genetica con vettore biologico (*A. tumefaciens*) e meccanico (microproiettili). Da F. Sala, in *Le Scienze*, 386, ottobre 2000.

la formazione di radici avventizie nella zona di infezione. Essi sono considerati due *ingegneri* genetici naturali perché le galle e le radici avventizie che si sviluppano dopo infezione con *Ate Ar* sono la conseguenza dell'integrazione, nel DNA nucleare delle cellule meristematiche vicine alla ferita, di una copia del segmento di DNA, chiamato T-DNA, che è parte di un grosso plasmide (chiamato Ti o induttore di tumore in *A. tumefaciens* ed Ri o induttore di radici in *A. rhizogenes*) presente nella cellula batterica. Una serie di cambiamenti molecolari indotti sperimentalmente nel plasmide batterico Ti ha portato alla costituzione di diversi plasmidi modificati in cui i geni responsabili della formazione tumorale sono stati rimossi, mentre sono state conservate le sequenze (la cosiddetta regione *vir*) che conferiscono al batterio la capacità di trasferire e integrare il T-DNA all'interno del DNA nucleare della cellula ospite. Questi plasmidi sono degli ottimi vettori per trasferire nelle cellule vegetali i geni che vengono sperimentalmente inseriti nella regione T.

Ad esempio, nella patata, dopo infezione di dischi fogliari, è possibile ottenere un notevole numero di piante transgeniche dopo solo quattro settimane dall'infezione; in *Taxus brevifolia* (conifera a crescita molto lenta nei cui aghi, radici e corteccia è presente – ma in bassissima concentrazione – il taxolo, sostanza attiva contro alcune forme tumorali, ma dal costo intorno a 2-300 mila dollari al Kg), la trasformazione genetica con geni *rol* di *A. rhizogenes* permette di ottenere – per coltura *in vitro* – una crescita molto rapida di radici nei cui tessuti è alta la concentrazione di taxolo.

Geni d'origine batterica già trasferiti con successo in mais, soia, colza, cotone, pomodoro, ecc., conferiscono resistenza a erbicidi ed insetti. Geni di origine virale (es. geni per proteine di rivestimento della cellula virale o per RNA satellite) conferiscono resistenza a virus patogeni. Altri geni di origine vegetale sono stati inseriti (con polarità invertite) per consentire la sintesi di RNA complementare e antisense rispetto a quello trascritto dalla versione normale del gene. In tal modo l'RNA normale ed antisense formano un RNA a doppia elica che non partecipa alla sintesi proteica e quindi nelle cellule manca la funzione riconducibile a quella proteina (tecnica dell'RNA antisense). Ad esempio: piante geneticamente trasformate di pomodoro (tra le prime varietà transgeniche commercializzate (1989) e denominate *Flavr-Savr*) e di melone *Cantalupo* possono prolungare il periodo di conservazione post-raccolta dei frutti perché l'RNA antisense blocca l'RNA trascritto dal gene normale, il quale codifica per l'enzima poligalatturonasi che avrebbe degradato ad acido galatturonico la sostanza pectica che tiene unite le cellule; l'ammorbidimento del frutto durante la maturazione viene pertanto ritardato.

Una tecnica rapida di trasformazione recentemente sviluppata consiste nell'immersione dell'infiorescenza di *Arabidopsis thaliana* in sospensioni di *A. tumefaciens*: si è ottenuto aumento fino a 6 volte della frequenza di trasformazione, così consentendo una più facile costruzione di librerie di geni *knock-out*. Come si è accennato, l'*A. tumefaciens* infetta in natura soltanto le dicotiledoni. Le monocotiledoni vengono infettate in condizioni sperimentali e la rigenerazione *in vitro* da tessuti somatici è generalmente più difficile che nelle dicotiledoni. Per le monocotiledoni assumono quindi rilevanza le metodologie che consentono il trasferimento diretto di DNA all'interno della cellula con vettori meccanici.

Vettori meccanici

La *microiniezione* è stato il primo mezzo meccanico usato per trasferire DNA nelle cellule animali; è stato applicato alle cellule vegetali quando è stato possibile preparare protoplasti, cioè cellule prive di parete. Con una micropipetta caricata di DNA trasformante si inietta DNA all'interno del protoplasto; l'efficienza di trasformazione è però molto bassa perché non sempre il DNA così trasferito raggiunge e si integra nel DNA cromosomico. Migliori tecniche di trasformazione, grazie anche alla possibilità di trattare decine di migliaia di cellule o protoplasti in pochissimo volume (circa 0,3 ml), sono state ottenute con l'*elettroporazione* (introduzione di DNA trasformante in protoplasti per azione di corrente a 5000-7000 volts), e con il bombardamento con sferette di tungsteno (*microproiettili* di 1-2 micron di diametro) ricoperte di DNA, che vengono dirette verso un tessuto o apice vegetativo a pochi centimetri di distanza. La conseguente penetrazione nelle cellule di tessuti organizzati, come p.e. un meristema apicale, provoca trasformazione che però, per non dare luogo a germogli chimerici ma a piante transgeniche, deve interessare soltanto primordi di un apice vegetativo.

Rigenerazione di piante e animali da cellule modificate

La rigenerazione di individui, piante o animali, da cellule o da ovociti con nuclei geneticamente modificati, si ottiene ricorrendo a metodi di coltura cellulare *in vitro* che, fin dal 1902 per le cellule vegetali (G. Haberlandt, fisiologo tedesco) e dal 1907 per le cellule animali, sono stati oggetto di studi ed

esperienze. Essi ormai permettono, in terreni di coltura preparati con sostanze di crescita adatte, la *embriogenesi* (detta embriogenesi somatica nel caso di cellule vegetali), il differenziamento di tessuti e organi (detta *organogenesi* nel caso dei vegetali) fino alla formazione p.e. di piantine clonate da trapiantare in serra e poi in campo, ovvero di animali clonati. L'italiano F. D'Amato (botanico e genetista, Pisa) è tra coloro che hanno più estesamente approfondito il caso delle colture di vegetali *in vitro*, tra l'altro osservando e studiando la grande variabilità somaclonale, cioè la variabilità genetica che si esprime nei tessuti vegetali coltivati *in vitro*.

Per quanto riguarda gli animali, la trasformazione cellulare dei fibroblasti ed il trasferimento del nucleo trasformato in oociti privati del nucleo, permette, dopo l'impianto in utero, la clonazione di animali transgenici (come nel caso della pecora Dolly).

INGEGNERIA GENETICA E AGRICOLTURA

Metodi convenzionali ed innovativi di miglioramento genetico

La storia dell'agricoltura è anche la storia degli innumerevoli tentativi ed esperienze, successi e insuccessi, degli esseri umani di favorire il processo naturale dello scambio genetico mediante l'*incrocio* tra varietà vegetali, ovvero tra razze di animali, cercando – talvolta – di superare anche le barriere di infertilità tra le specie. Per millenni in via empirica, e dal XX secolo incrociando e selezionando secondo metodi sperimentali basati su conoscenze scientifiche dei processi naturali, l'uomo ha costituito varietà e razze che presentassero desiderate caratteristiche, per esempio dalla resistenza a malattie delle piante coltivate a maggiori produzioni di masse muscolari o di latte negli animali.

Ingegneria genetica e metodi convenzionali di miglioramento genetico hanno l'identico scopo di modificare il genoma di un organismo, ma si differenziano nel metodo di lavoro. La differenza sta nel fatto che nei metodi convenzionali basati sull'ibridazione, ciascun genitore, si tratti di vegetali o di animali, nella fusione tra nucleo dello sperma e della cellula uovo, trasferisce nella discendenza le decine di migliaia di geni costituenti il proprio patrimonio genetico, il proprio genoma. Dalla selezione, nelle successive generazioni, di linee ricombinanti diverse, emergono i nuovi tipi, alcuni dei quali possono manifestare – e trasmettere ereditariamente – una migliore e più vantaggiosa combinazione di geni e quindi delle caratteristiche da essi espresse.

In caso di insuccesso (agronomico, alimentare, ambientale ecc.) altri incroci o altre generazioni di selezione dovranno essere esperite. Invece di dipendere dalla ricombinazione casuale di un largo numero di geni per ottenere nuove e vantaggiose associazioni di geni, la tecnica del DNA ricombinante (rDNA) permette di inserire geni (transgeni), portatori di specifiche caratteristiche, direttamente nel genoma da migliorare di animali e piante (transgeniche). L'ingegneria genetica, con il *trasferimento di singoli geni*, puntando specificatamente su determinati caratteri, permette di ridurre i tempi della selezione e di agire con maggiore precisione nell'ottenimento di nuove varietà, consentendo anche lo scambio di geni fra organismi che non sono sessualmente compatibili.

Le tecniche del DNA ricombinante sono – dunque – un'estensione, un affinamento, delle precedenti, e meno precise, tecniche di modificazione genetica. E poiché anche l'utilizzazione delle varietà ottenute con le tecniche convenzionali di miglioramento genetico può comportare rischi, sia per l'uomo (alimenti nocivi) sia per l'ambiente e per la biodiversità (es. agricoltura intensiva e connessa erosione genetica), a rigore non soltanto le piante ottenute con procedimenti convenzionali andrebbero sottoposte all'analisi di rischio, ma – per coerenza – le stesse piante transgeniche venir accettate ove dovessero risultare pari, o meglio, inferiori per rischio alle piante da tecniche convenzionali.

Le *biotecnologie* si fondano, come già indicato nei capitoli precedenti, su conoscenze di biologia generale, genetica, ingegneria genetica, microbiologia, fisiologia, biochimica, biofisica, bioinformatica, nutrizione, farmacologia, biodiversità, ecologia e scienze ambientali, agronomia e scienze agrarie, zootecnia e scienze veterinarie. L'obiettivo fondamentale delle scienze agrarie, cioè dei principi, delle regole, dei metodi, delle tecniche agricole e zootecniche, e delle opere degli agricoltori, è l'interazione, positiva e sostenibile tra piante ed animali con il territorio e con l'ambiente, per raggiungere uno scopo di primaria importanza per il genere umano: la produzione di alimenti. Il primo criterio per valutare l'apporto delle biotecnologie vegetali e animali, e delle ecotecnologie per l'appena ricordato rapporto con l'ambiente, è dunque, come avviene da millenni per le agrotecnologie tradizionali, la dimostrazione della capacità di contribuire alla *sicurezza alimentare* in quantità e qualità.

La popolazione mondiale – attualmente 6 miliardi – nel 2020 dovrebbe essere costituita da circa 8 miliardi di persone, di cui 6,7 miliardi nei Paesi emergenti. In questi già oggi circa 800 milioni di persone soffrono di sottanutrizione a causa della loro estrema indigenza, nonostante una produzione

complessiva di derrate alimentari che – in termini globali ma non di disponibilità locali e pro-capite – sarebbe sufficiente per tutti. Ed è tempo inderogabile, per un futuro più giusto, rompere il cerchio perverso «*fame-povertà*». E la situazione rischia di peggiorare se non si riuscirà ad aumentare la produzione agroalimentare primariamente in quelle regioni dove è già insufficiente: quelle regioni, prevalentemente nelle zone tropicali e subtropicali, in cui i terreni sono poco fertili e dove l'aridità o le inondazioni sono spesso disastrose.

Dal 1960 al 1985 le popolazioni nei Paesi emergenti aumentarono del 75% e raddoppiò la produzione alimentare, talché la disponibilità giornaliera di calorie pro-capite da circa 2000 giunse a 2500. Ma la produzione di cereali (riso, frumento, mais sono la fonte maggiore di cibo), dopo gli anni Sessanta, periodo in cui aumentò di circa il 3,5% all'anno, cominciò a diminuire fino a scendere all'1% per anno negli anni Novanta. Oggi, in termini globali, mentre la popolazione mondiale cresce di circa il 2,2% all'anno, la produzione agroalimentare aumenta soltanto dell'1,3%. Questo divario tenderà a crescere proprio in quelle regioni più povere di Africa, Asia e America Latina dove è più alto il tasso d'incremento della popolazione e più basso quello della produzione. E le cause, oltre che essere intrinseche allo stato agroecologico delle aree coltivate, hanno motivi sociali ed economici ribaltabili solo con grandi investimenti da parte dei Governi nei servizi (dalla formazione alla ricerca, dal credito all'assistenza tecnica, dalle vie di comunicazione alle tecnologie dell'informazione, ecc.), nelle riforme agrarie e nel riassetto della proprietà terriera, e nella introduzione di appropriate tecnologie da parte degli agricoltori, purtroppo però privi di sufficienti mezzi, di capitali e non di rado delle necessarie conoscenze.

Le vie per aumentare la produzione agricola sono sostanzialmente tre.

La prima prevede la messa a coltura di terre incolte. Tuttavia, terre incolte potenzialmente coltivabili sono ormai essenzialmente concentrate nell'Africa subsahariana ed in America Latina (e spesso in condizioni pedologiche e climatiche sfavorevoli), mentre in Asia, a causa della più alta pressione demografica, praticamente tutta la superficie utilizzabile è coltivata. D'altro canto, non è razionale distruggere foreste per coltivare i terreni: si proseguirebbe nell'abbassamento della protezione dai cambiamenti climatici, provocando – tra l'altro – ulteriori perdite di biodiversità.

La seconda prevede il reinserimento nel ciclo produttivo di terreni marginali (zone semiaride, suoli acidi e salini, fianchi collinari, terreni degradati e compromessi da agricoltura di rapina, ecc.) attraverso il riequilibrio degli ecosistemi anzitutto garantendo la conservazione del suolo e dell'acqua

e l'arresto dei processi di erosione e desertificazione, annualmente causa di perdita di 5-7 milioni di ettari di terreno agrario.

L'ultima consiste nell'innalzare i livelli di produttività per pianta e per unità di superficie sia negli agrosistemi marginali e degradati sia in quelli coltivati e di media o buona fertilità. Questo obiettivo può essere raggiunto: a) con il miglioramento delle specie coltivate incluse quelle *locali* e finora *orfane di ricerca*, ricorrendo a nuovi genotipi e nuove varietà, più efficienti, capaci di maggiori potenzialità produttive anche negli ambienti sfavorevoli, ovvero capaci di meglio adattarsi e produrre in determinate condizioni ambientali difficili; b) migliorando le tecniche agronomiche con il ricorso a fertilizzanti, antiparassitari, erbicidi, lavorazioni del terreno e irrigazione, ed investendo nella formazione, nell'assistenza tecnica, nella meccanizzazione, nella conservazione delle derrate. Ma, a parte altre considerazioni (p.e. scarsità di capitali, carenze idriche, fragilità dei suoli tropicali, ecc.), i consumi energetici legati all'apporto di mezzi tecnici e le modificazioni che si creerebbero nell'interazione con l'ambiente e con vari altri fattori dell'ecosistema, contrasterebbero con il principio dell'ecocompatibilità e della sostenibilità che ormai rappresentano, anche per l'agricoltura, condizioni, obblighi e obiettivi fondamentali cui uniformare le agrotecniche, negli scopi e nelle procedure.

Ovviamente, il modo più razionale di accrescere la produttività per pianta, per unità di superficie, è dato dalla combinazione di genotipi migliorati e di razionali gestioni agronomiche. Orbene, le biotecnologie, ed in particolar modo l'ingegneria genetica, appaiono oggi come un nuovo processo che può contribuire a dare le attese risposte in termini di nuovi genotipi, nuove varietà capaci di assicurare aumenti di produttività con minor impiego di prodotti di sintesi, che inquinino meno l'ambiente (acqua, suolo) e richiedano minori consumi energetici.

In verità, soprattutto nella seconda metà del XX secolo, nei Paesi avanzati come in vari Paesi in transizione, il miglioramento genetico ha ottenuto varietà che esprimevano il loro alto potenziale produttivo in virtù di alti apporti di fertilizzanti e di antiparassitari. Infatti, buona parte del successo della *rivoluzione verde* è dovuto alla utilizzazione di geni che hanno modificato l'architettura delle piante (cereali in primo luogo) abbassandone la taglia, o la fisiologia migliorando l'efficienza dell'utilizzazione dell'azoto, accentuando la precocità e anticipando la maturazione così mettendo sul mercato varietà di riso, di frumento, di mais, di orzo, ecc. altamente produttive anche grazie all'irrigazione ed a forti concimazioni. Ma la rivoluzione verde non è stata ugualmente fortunata nel selezionare varietà resistenti

all'aridità o a terreni marginali e salini, perché queste caratteristiche agronomiche sono controllate da molti QTL ad effetto genico minore, spesso localizzati in diversi cromosomi e quindi difficili da manipolare nei programmi di selezione. In situazioni del genere la selezione assistita con marcatori molecolari consente di puntare all'obiettivo in maniera più mirata, riducendo i tempi lunghi (7-8 generazioni) e i costi della selezione dopo incrocio, permettendo perciò l'esame di più numerose progenie e di identificare – in virtù della maggior precisione del metodo – genotipi dotati di caratteristiche in organi più difficili da esaminare, come l'apparato radicale. Inoltre, mediante l'ingegneria genetica è stato possibile costituire piante transgeniche di pomodoro che crescono, fioriscono e producono frutti in presenza di una concentrazione salina di cloruro di sodio pari alla metà circa della concentrazione salina dell'acqua di mare, ed alla quale molte piante terrestri non sopravviverebbero. Questo approccio, nonostante la complessità genetica della resistenza alla salinità, è una via promettente verso la costituzione di piante da allevare in terreni che richiedono resistenza alla salinità.

Di conseguenza le agrobiotecnologie, l'ingegneria genetica appaiono processi di positivo impiego nel settore agroalimentare e agroambientale, per un'agricoltura, per una produzione vegetale e animale sostenibile e ecocompatibile. Processi certamente ancora da affinare e garantire da *rischi* dati gli ancor brevi tempi dall'introduzione delle piante transgeniche, ma che dovrebbero portare rilevanti benefici.

Approcci sperimentali di ingegneria genetica per l'espressione di nuovi fenotipi

Sebbene ancora in fase sperimentale, si espongono di seguito altri metodi di ingegneria genetica che possono favorire, in piante ed animali domestici, modificazioni del patrimonio genetico ed espressione di nuovi fenotipi, modificando o sostituendo geni specifici.

La trasmissione di transgeni per via materna, così impedendone la diffusione nell'ambiente attraverso il polline, è possibile perché l'informazione genetica è presente nelle cellule vegetali oltre che nel nucleo anche in organelli quali i plastidi e i mitocondri.¹⁰

¹⁰ Nei plastidi la fotosintesi cattura e trasforma l'energia luminosa in vari composti organici. Nei mitocondri, presenti anche nelle cellule animali, ha luogo la produzione di energia

Nuove strategie per impedire il trasferimento di geni da piante o.g.m. a piante non o.g.m. e selvatiche si basano, appunto, sul ricorso all'eredità materna o plastidiale in varietà transgeniche che manifestano cleistogamia, o apomissia, o maschiosterilità.¹¹ Esperimenti di trasformazione genetica nei plastidi sono in corso dalla metà degli anni Novanta (P. Maliga, H. Daniell). Il plastoma, o genoma plastidiale, può essere modificato con l'introduzione (*transfezione*), mediante i vettori, di cui alla pagina 287, di un costrutto di geni e successiva integrazione nel plastoma.

Poiché il polline, in generale, non contiene plastidi, il pericolo di diffusione di transgeni plastidiali nell'ambiente è pertanto estremamente ridotto. È inoltre facilitato l'uso delle piante come «biofabbriche»: infatti l'integrazione dei transgeni nel plastoma si verifica per ricombinazione omologa, per cui è possibile stabilire a priori il sito di inserimento del transgene, evitando così eventuali interferenze con i geni residenti e rendendo nel contempo più efficiente la loro trascrizione.

Il genoma, e quindi il fenotipo di una pianta o di un animale, si può modificare anche mediante l'*inattivazione (knock out) funzionale* di un gene ad opera di un elemento trasponibile (cfr. pag. 268) o del DNA della regione T del plasmide Ti di *A. tumefaciens* (cfr. pagg. 284-287). In questo caso è possibile sperimentalmente aumentare gli eventi di inattivazione e quindi migliorare la probabilità dell'evento di inattivazione desiderato.

Un'altra metodologia che può determinare il *silenziamento* mirato di un gene, e quindi l'espressione di nuovi fenotipi, è l'*interferenza dell'RNA* (iRNA), meccanismo di inattivazione post-trascrizionale del gene provocata da RNA a doppio filamento [ds(double strand)RNA] omologo al gene. Descritto per la prima volta (1998) nel nematode *Caenorhabditis elegans*, il fenomeno consiste nella frammentazione del dsRNA in segmenti di 21-23 nucleotidi e l'incorporazione di tali frammenti in un complesso di proteine che riconosce e degrada l'RNA messaggero omologo a quello del dsRNA, impedendo, quindi, l'espressione del gene. Si verifica, cioè, il knock-out della trascrizione del gene,

(ATP) dagli zuccheri.

¹¹ Apomissia: riproduzione mediante semi formati da cellule somatiche; cleistogamia: riproduzione per fusione dei due gameti prima della schiusura del fiore; maschiosterilità: particolari condizioni genetiche, citoplasmatiche, o citoplasmatiche-genetiche, impediscono la formazione di granuli pollinici.

senza però distruzione o modifica del gene stesso; questo meccanismo biologico naturale è presente in molte, se non in tutte, le cellule di molti organismi, dalle piante agli insetti ai mammiferi.

La tecnologia dell'iRNA, una sorta di terapia genica per i vegetali, potrebbe in futuro essere utilizzata per ottenere piante nelle quali silenziare i geni che codificano per caratteristiche negative; per esempio, nel caso di inattivazione di geni virali si può parlare di «immunizzazione intracellulare».

In conclusione, le agrobiotecnologie, l'ingegneria genetica appaiono processi di positivo impiego nel settore agroalimentare e agroambientale, per un'agricoltura, per una produzione vegetale e animale sostenibile e ecocompatibile. Processi certamente ancora da affinare e garantire da rischi, dati gli ancor brevi tempi dall'introduzione di organismi transgenici, ma che potrebbero portare rilevanti benefici.

Obiettivi perseguibili mediante la tecnologia rDNA e l'ingegneria genetica

Appare ragionevole ritenere che con i processi e i prodotti dell'ingegneria genetica e delle agrobiotecnologie si possano ricercare soluzioni, perseguire scopi e affrontare sfide anche oltre gli obiettivi che hanno finora qualificato il miglioramento genetico di piante e animali.

È ormai consuetudine definire le varietà e razze transgeniche attualmente in coltivazione, allevamento e commercio, come *o.g.m. di prima generazione*; essi sono prevalentemente il risultato di interventi per ottenere miglioramenti del comportamento e del rendimento di piante e animali, con preminente – anche se non esclusivo – vantaggio per il produttore agricolo. Generalmente, l'obiettivo è consistito nella modificazione di un singolo carattere, ottenuta con il trasferimento di uno (o due) geni, il cui donatore può anche non essere una pianta ma altri organismi, p.e. batteri.

Tra gli effetti del miglioramento genetico mediante o.g.m. di prima generazione si possono citare:

- 1 – Produzione di organismi transgenici resistenti (o tolleranti) a fitopatie da funghi e batteri, all'attacco di insetti e nematodi, all'azione di erbicidi specificamente tossici per le piante infestanti e facilmente più degradabili. Ne consegue:

- 2 – riduzione dei costi di produzione per effetto della diminuzione o abolizione di trattamenti agrochimici (fertilizzanti, fungicidi, insetticidi, erbicidi),¹² oltre che del carburante usato per la distribuzione;
- 3 – riduzione dell'impatto delle tecniche agronomiche sulle risorse naturali sfruttate dall'agricoltura (terreno, acqua) e sulla biodiversità animale per ridotto impiego di insetticidi ed altri fitofarmaci tossici o inquinanti le risorse nutritive della fauna (insetti, uccelli, microfauna, ecc.);
- 4 – riduzione dei casi di intossicazione di agricoltori per uso di prodotti agrochimici, e riduzione delle intossicazioni alimentari¹³ per assenza (più o meno totale) di residui da trattamenti antiparassitari e di micotossine (veicolate dai parassiti o penetrate attraverso le ferite da questi provocate nei vegetali) nelle derrate alimentari e nei mangimi zootecnici.
- 5 – Possibilità di ottenere piante resistenti alle virosi, la cui unica alternativa per la lotta a questi temibili patogeni è finora basata sulla prevenzione e nella lotta ai vettori.¹⁴
- 6 – Produzione di piante resistenti (o tolleranti) a stress abiotici: alte e basse temperature, aridità, salinità, deficienza di minerali nel terreno, ecc.
- 7 – Efficienza maggiore e precisione nei metodi di miglioramento genetico per applicazione della cosiddetta selezione *assistita* mediante marcatori molecolari.
- 8 – Incremento della produttività di razze animali in produzione zootecnica (ruminanti, pollame, suini) in funzione del trasferimento di geni: a) per la fecondità, b) per caratteristiche quantitative (come p.e. nei bovini l'aumento e la distribuzione dei tessuti muscolari), c) per la produzione di latte anche modificato nei rapporti grassi/proteine, ed anche d) per la resistenza a fattori ambientali avversi (p.e. alte temperature) o a malattie infettive.¹⁵

¹² Si stima che il 45% di tutti gli insetticidi e fungicidi è usato su piante da orto e da frutto, spesso con applicazioni ripetute.

¹³ Secondo l'Organizzazione mondiale della Sanità si verificano, all'anno e nel mondo, 500 mila casi di avvelenamento da fitofarmaci, con 5 mila morti denunciate.

¹⁴ L'approccio biotecnologico può avere un impatto diretto sulla produttività e qualità delle piante transgeniche resistenti a virus, sulla riduzione dell'uso di pesticidi per controllare i vettori virali (insetti, funghi, nematodi) e può rappresentare l'unico modo per salvaguardare la biodiversità in generale (come nel caso della papaya in Thailandia e Sud-America) e salvare peculiari varietà coltivate (come il pomodoro San Marzano in Italia meridionale).

¹⁵ Come nel caso del trasferimento della resistenza alla tripanosomiasi dalla specie *Bos taurus*, localizzata nell'Africa occidentale, alle popolazioni di *Bos indicus*, prevalenti in tutta l'Africa,

- 9 – Interventi sull'alimentazione animale mediante: impiego di *probiotici* cioè di batteri non patogeni (anche geneticamente modificati) aggiunti ai mangimi per migliorarne sanità ed efficienza; oppure per uso di batteri del rumine, anche geneticamente modificati, che digeriscano più efficacemente una più ampia gamma di alimenti di origine vegetale; ovvero per ricorso a microrganismi geneticamente modificati che migliorino i processi fermentativi degli insilati e quindi il loro valore nutritivo.
- 10 – Interventi a vantaggio della pesca e dell'acquacoltura consistenti: a) nel miglioramento delle specie con potenziale acquacolturale (pesci d'acque calde e fredde, crostacei, molluschi) per la velocità di crescita, per la resistenza alle patologie, per l'aumento del peso; b) nel miglioramento della fisiologia nutritiva accrescendo la digeribilità e l'assimilazione di mangimi poveri in proteine animali.¹⁶

Le potenzialità della *seconda generazione* di o.g.m., di cui possono beneficiare la collettività ed i consumatori in primo luogo, e non soltanto i produttori agricoli o le imprese di servizi per l'agricoltura, si fondano sul continuo flusso di conoscenze in biologia molecolare, genomica, proteomica, plastomica e di innovazioni nei metodi di ingegneria genetica. Sono da tempo in uso programmi volti al trasferimento di più geni singoli in uno stesso o.g.m., ed a modifiche di caratteristiche a base multigenica complessa (quantità, qualità alimentari e nutrizionali, tipicità, lunga conservabilità dei prodotti, ecc.), ma anche a modifiche di vie metaboliche così da trasformare le piante in «biofabbriche» di prodotti industriali oggi prodotti per sintesi chimica.

Vantaggi deriveranno dalla possibilità: di silenziare geni; di determinare l'espressione dei transgeni esclusivamente nelle cellule desiderate oppure in specifiche fasi della vita della pianta; di costituire piante *ecompatibili* che – fra l'altro – non diffondano nell'ambiente transgeni via polline, in conseguenza dell'introduzione del transgene soltanto nei plastidi, oppure per introduzione del transgene desiderato unitamente a geni per la maschiosterilità (tec-

con la prospettiva di poter allevare bestiame su oltre 10 milioni di Km² – trenta volte la superficie italiana – fra i più fertili e ricchi di acqua e quindi di pascoli di quel continente.

¹⁶ Ricerche in corso riguardano, per esempio, le specie vegetali acquatiche, tra le quali alghe fitoplanctoniche che giocano un ruolo primario nell'allevamento e nella gestione degli ambienti acquatici, non ultimo per l'abbattimento dei carichi inquinanti dei reflui di allevamento.

nica quest'ultima evidentemente conveniente per piante utilizzate non per il seme ma per parti vegetative, come tuberi, bulbi, foglie).

E le ricerche di genomica nelle collezioni di risorse genetiche, espandendo la conoscenza delle funzionalità espresse dai genotipi analizzati, potranno incrementare il ricorso al trasferimento di nuovi geni da specie affini o da biotipi locali della specie da migliorare. Va sottolineato che l'ormai ampio ventaglio di potenzialità offerto dai progressi delle ricerche di base e applicate permette di affrontare, con un più ricco bagaglio tecnico-scientifico e con la prospettiva di soluzioni in tempi più brevi di quelli del miglioramento genetico classico, le esigenze delle agricolture dei Paesi in sviluppo, a forte intensità di lavoro e sostanzialmente difformi – per fattori agroecologici e climatici, per ragioni socio-culturali e economiche, per differenza nelle colture e negli allevamenti – dagli agrosistemi dei Paesi industrializzati, caratterizzati anzitutto da tecnologie a forte intensità di capitale.

Tra gli obiettivi perseguibili con la seconda generazione di piante transgeniche si possono citare:

- 11 – Piante transgeniche, più adatte all'ecosistema e maggiormente rispondenti a tecniche agronomiche ecocompatibili e sostenibili, da ottenere attraverso modificazioni di caratteristiche ad ereditarietà complessa, p.e.: nell'architettura della pianta (altezza, numero e ordine di ramificazione); nei processi fisiologici (precocità, maggior produttività, contemporaneità di fioritura e maturazione); nell'estensione dell'apparato radicale; nella maggior efficienza dell'uso dell'acqua e nell'assorbimento e traslocazione nella pianta dei nutrienti presenti nel terreno o apportativi¹⁷; nell'estensione a specie oggi non azotofissatrici (es: graminacee) della capacità di fissazione biologica dell'azoto nelle radici ma anche sulle parti epigee della pianta; ne possono di conseguenza derivare:
- 12 – risparmi nei consumi idrici e di fertilizzanti, e nei consumi energetici, per riduzione delle lavorazioni del terreno e della produzione di agrochimici di sintesi;
- 13 – riduzione dei rischi ambientali e di degrado delle risorse naturali.
- 14 – Modificazioni genetiche che aumentino l'efficienza fotosintetica dei vegetali – dalle piante forestali alle piante coltivate o alle praterie di

¹⁷ Nei terreni acidi o alcalini (che costituiscono più del 7% delle terre coltivabili) per la formazione di composti insolubili si perde circa l'80% del fosforo applicato con le concimazioni.

- alghe – accumulando CO₂ e contribuendo alla difesa ecologica del pianeta mitigando l'«effetto serra» ed il riscaldamento del pianeta.
- 15 – Biocontrollo di malattie fungine e di insetti mediante metaboliti prodotti da microrganismi (es. *Pseudomonas*, *Bacillus thuringiensis*, *Baculovirus*), naturali o geneticamente modificati, e conseguente accentuazione della efficienza antiparassitaria; l'efficacia e la biodegradabilità fanno dei biocontrolli un metodo di difesa delle piante economico e compatibile.
 - 16 – Modificazioni genetiche delle specie microbiche della rizosfera (rizobi, azospirilli, micorrize, *Pseudomonas*, ecc.), che ne accentuino le funzioni di fitostimolatori, di biofertilizzanti, di azotofissatori e di biosoppressori di patogeni fungini degli apparati radicali.
 - 17 – Modificazioni nei sistemi riproduttivi e plastidiali delle piante con induzione di: maschiosterilità, utile tanto per la produzione di ibridi e il conseguente sfruttamento dell'eterosi, quanto per impedire trasferimenti di geni esogeni da piante transgeniche alla flora circostante; oppure per induzione di apomissia così ottenendo – senza fecondazione – piante identiche alla pianta-madre.
 - 18 – Piante forestali che – previa identificazione dei geni che determinano la sintesi e le maggiori caratteristiche e proprietà del legname e dei prodotti derivati – producano più legname industrialmente utilizzabile, oppure più cellulosa e meno lignina.

Tra le molte sfide delle agricolture dei paesi in sviluppo, i programmi di ingegneria genetica potrebbero puntare, nelle zone agroecologiche più ostiche ma purtroppo frequenti, a:

- 19 – ottenimento – anche per trasferimento di geni specifici identificati in altri genomi – di piante transgeniche sufficientemente produttive, migliorando anzitutto le specie e varietà locali, finora generalmente «orfane» di ricerca, incrementandone la resistenza alla siccità per un adeguamento fisiologico all'erraticità della piovosità, la resistenza ai parassiti, anche quelli nocivi nelle fasi di post-raccolta, ed aumentandone sopravvivenza e sviluppo nei terreni a bassa fertilità, come quelli acidi, costituenti circa il 40% dei terreni coltivabili nelle regioni tropicali, o quelli salini che vanno diffondendosi nelle aree costiere, ecc;
- 20 – costituzione di razze di animali resistenti alle malattie tropicali;
- 21 – trasferimento di fattori di qualità nelle produzioni destinate all'esportazione, ecc.

Riguardo alle qualità alimentari, nutrizionali, sanitarie ed alla sicurezza del consumatore, tra le linee di ricerca biotecnologica si possono segnalare:

- 22 – Piante transgeniche che aumentino la qualità e migliorino le caratteristiche nutrizionali¹⁸, tecnologiche, organolettiche¹⁹ e di serbevolezza dei prodotti destinati all'alimentazione, dando così luogo anche a nuovi alimenti più convenienti per il consumatore.
- 23 – Piante transgeniche prive di componenti che provochino allergie e di fattori antinutrizionali o tossici naturalmente presenti in varie specie vegetali; e piante in cui siano stati silenziati, o comunque inattivati, i geni responsabili della produzione di composti allergizzanti.
- 24 – Produzione di biosensori per il monitoraggio igienico-sanitario dei processi di trasformazione delle derrate e della salubrità dei prodotti alimentari commerciali.
- 25 – Realizzazione di tecniche di riconoscimento – mediante marcatori molecolari – delle tipicità di prodotti contrassegnati da *denominazione di origine protetta*, *indicazione geografica protetta*, ecc.
- 26 – Realizzazione, per accertare la presenza di o.g.m. in materiali da riproduzione (semi) e di moltiplicazione (cloni), di tecniche diagnostiche per la marcatura dei prodotti biotecnologici, e per la determinazione dello stato di salute delle piante, degli animali e di agrosistemi in cui sono allevati.
- 27 – Miglioramento dei processi fermentativi mediante l'isolamento e l'ingegnerizzazione di ceppi microbici specifici e la caratterizzazione molecolare di ceppi autoctoni, risorse naturali importanti e di grande interesse economico; così agendo si influisce sui processi di produzione, caratterizzazione, standardizzazione, tipizzazione dei prodotti fermentati, esaltando anche le qualità tipiche di prodotti come: formaggi, vini, salumi, conserve, ecc.

¹⁸ È emblematico il caso degli oli di soia nei quali la vitamina E, o alfatocoferolo, potente antiossidante e detossificante dell'organismo, è molto meno abbondante del gammatocoferolo. Poiché l'enzima gamma-tocoferolometiltransferasi (gamma-TMT) converte il gammatocoferolo in alfa, la trasformazione di *Arabidopsis* con il gene codificante per la gamma-TMT, posto sotto il controllo di un promotore specifico per i semi, ha permesso di alterare completamente le proporzioni tra i due tipi di tocoferolo, ottenendo il 95% di alfa-tocoferolo nei semi delle piante transgeniche.

¹⁹ È un falso assunto sostenere – per principio – che i prodotti da organismi transgenici siano antitesi della qualità, e che sinonimo di questa sono soltanto i prodotti «naturali», biologici.

Sinergie tra il settore sanitario e il settore vegetale e zootecnico stanno potenziando un indirizzo di ricerche di base e innovative: la *nutriceutica*²⁰. Poiché si stima che almeno il 50% delle sostanze a effetto terapeutico derivino da piante, funghi e batteri, i progressi della genomica e delle biotecnologie applicate allo studio di queste sostanze naturali dovrebbero consentire di accentuare le caratteristiche salutari dei sistemi di alimentazione. La traduzione di tali benefici in realtà, a vantaggio della salute e del benessere di tanti e in primo luogo delle popolazioni più povere, oggi ad alto tasso di mortalità, e delle categorie più vulnerabili, dipenderà dall'impegno materiale e immateriale dei centri di studio e delle imprese farmaceutiche²¹. Si sta comunque già operando per:

28 – L'introduzione p.e. in frutta e ortaggi da consumo fresco, oppure liofilizzato, di geni codificanti per sostanze terapeutiche²² quali: vitamine, micronutrienti, farmaci contro malattie infettive, vaccini *verdi* (cioè vaccini commestibili agenti p.e. contro dissenteria, colera, epatiti, malattie tropicali, malaria, Aids).

²⁰ La possibilità di utilizzare le piante come biofabbriche per la produzione di molecole da utilizzare a scopo vaccinale, presenta numerosi vantaggi perché il sistema di produzione è molto efficiente ed economico, con una resa elevata della molecola biologica di interesse, che risulta nella maggior parte dei casi facile da estrarre e purificare. Si può anche eliminare il rischio di potenziali contaminazioni derivanti dall'uso di patogeni animali (virus, batteri), attualmente uno dei più grandi svantaggi dei vaccini prodotti con le metodiche tradizionali. Ricercatori italiani (al Centro ENEA della Casaccia) hanno già ottenuto piante di tabacco in cui, senza modificare il DNA, si è riusciti a far proliferare un virus vegetale da cui preparare un vaccino contenente porzioni del virus HIV, agente patogeno dell'AIDS, sufficienti a immunizzare dalla malattia. Prove su animali sono state positive e ora si sta lavorando per modificare pomodori dai cui frutti, liofilizzati, ricavare vaccini commutabili in polvere.

²¹ Sostanze naturali sono utilizzate come farmaci dal 75% della popolazione mondiale; e molti prodotti della grande industria farmaceutica sono di origine vegetale, dalla digitossina, potente cardiotonico (da *Digitalis purpurea*), all'antireumatica e antinfiammatoria aspirina che deriva dalla salicina (estraibile da specie di *Salix*), dal chinino (da *Cinchona spp*) alla codeina, a corticosteroidi, vinblastina, efedrina, ecc. Si stima che almeno 120 molecole di largo uso clinico siano di origine vegetale. Il mercato di sostanze naturali ad effetto terapeutico si aggira sui 700 milioni di dollari all'anno, e quello delle sostanze aromatiche sui 130 milioni di dollari.

²² Sono state ottenute patate transgeniche che stimolano l'organismo a produrre anticorpi contro l'epatite B. È ben noto il caso del riso transgenico (ottenuto per combinazione di più transgeni dallo svizzero I. Potrykus e coll.) arricchito in ferro ed in beta-carotene (che colora il riso perciò detto «golden rice») necessario per produrre nell'organismo vitamina A; l'uso del golden rice rafforza il sistema immunitario e le capacità nutrizionali e combatte le carenze da cui sono affette moltitudini di persone nei paesi in sviluppo, essendo il riso – coltivato sull'11-12% delle terre arate – l'alimento base nelle regioni tropicali per quasi 3 miliardi di esseri umani.

- 29 – L'abbinamento di sicurezza alimentare e nutrizionale costruendo, con vantaggio dei gruppi umani più vulnerabili, cibi *fortificati* in ferro, acido folico, riboflavina, niacina, calcio, ecc.
- 30 – L'ottenimento di biofarmaci da animali transgenici tra i quali: insulina dai suini, antitripsina e proteina C da latte ovino, lattoferrina umana da latte bovino, antitrombina da latte di capra; miglioramento delle qualità nutrizionali in pesci transgenici p.e. per presenza di acidi grassi polinsaturi della serie omega-3.
- 31 – L'incremento delle conoscenze sulle caratteristiche delle tante (circa sessantamila) piante medicinali e officinali empiricamente usate nella medicina popolare (almeno ventimila secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità, ma delle quali soltanto cinquecento finora utilizzate e commercializzate in Europa), e l'individuazione di nuove molecole naturali *terapeutiche* (la sintesi di ciascuna di esse oggi costa in laboratorio centinaia di milioni di dollari) favoriranno la sinergia tra settore vegetale e settore farmaceutico-terapeutico.

L'interazione tra ingegneria genetica e *biodiversità* generalmente ritenuta negativa, dimenticando però come l'agricoltura sia stata tra le cause di perdita di biodiversità, presenta aspetti vantaggiosi, quali:

- 32 – Accertamento e diagnostica, mediante marcatori molecolari, della variabilità genetica nell'ambito delle singole specie, monitorando collezioni di germoplasmata *ex situ* e *in situ* e nel rispetto delle norme previste dal recente (2001) *Trattato internazionale sulle risorse fitogenetiche*. L'adozione delle norme previste dal trattato consentirà, tra l'altro, l'instaurazione di un sistema internazionale di scambio di risorse genetiche e una generale ripartizione dei vantaggi, poiché nessun Paese è autosufficiente riguardo alle risorse genetiche utilizzabili per il progresso del settore agroalimentare.
- 33 – Isolamento di geni utili per particolari funzioni, per esempio: regolazione della resistenza a stress biotici e abiotici, presenza e valore di QTL, qualità, sviluppo, precocità, ecc. Un progressivamente arricchito inventario di geni codificanti per funzioni biologiche espresse nei vegetali, e di geni utili espressi in genomi di specie affini a quelle d'interesse agrario, è un patrimonio inestimabile per i programmi di ingegneria genetica applicati al miglioramento dei materiali vegetali e delle loro multifunzionalità. Già oggi, secondo lo «International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI)» le «banche di germoplasma» distribuisco-

no, ogni anno circa 50 mila campioni di materiale genetico (in prevalenza varietà locali e linee di élite), l'80% dei quali è impiegato in programmi nazionali di miglioramento genetico nei Paesi in transizione o in sviluppo.

Sinergie tra biotecnologie vegetali e industria si fondano sulla potenzialità di migliorare e accrescere a livello economico l'impiego di prodotti vegetali nella bioindustria:

- 34 – per produzione di piante geneticamente modificate che sintetizzano materie prime e nuovi materiali per uso industriale come: polisaccaridi e amido, polimeri, biogas (metano ed idrogeno), proteine, enzimi, amminoacidi, vitamine, solventi, emulsionanti, plastiche biodegradabili, biocarburanti e biodiesel (oli ed etanolo), lubrificanti e grassi, cosmetici, amidi, fibre (nobilitabili mediante macerazione enzimatica), biomasse (migliorate in produzione e composizione) come fonti rinnovabili di energia alternativa;
- 35 – per produzione, da piante e microrganismi ingegnerizzati e da tessuti coltivati *in vitro*, di principi attivi ed enzimi applicabili (biocatalisi) per attivare processi puliti nei cicli di produzione p.e. dell'industria conciaria, per la biofiltrazione, la biodetergenza, la produzione e recupero di carta e cellulosa.

Sinergie tra biotecnologie e tutela dell'ambiente si vanno estendendo grazie alle grandi potenzialità del ricorso a tecnologie mirate alla prevenzione, monitoraggio e mitigazione degli eventi di perturbazione dell'ambiente. Al riguardo meritano un cenno:

- 36 – Il risanamento ambientale, per via biologica mediante microrganismi naturali o ingegnerizzati per ottimizzarne le capacità degradative, ovvero per via enzimatica, che può interessare: la bonifica di siti contaminati da idrocarburi e da altre sostanze organiche e da metalli pesanti²³, il recupero di suoli ed acque inquinate, il disinquinamento di reflui agricoli, il trattamento dei rifiuti solidi urbani e compostaggio, il trattamento di acque e effluenti industriali, l'eliminazione di metalli pesanti dalle acque, ecc.

²³ Un ceppo ingegnerizzato di *Escherichia coli* sovraesprime metallotionina che lega il mercurio permettendone un'efficace rimozione.

37 – Un altro tipo di bonifica biologica consiste, previa identificazione dei complessi genici ad *hoc*, nell'uso di piante capaci, nell'apparato radicale e negli organi epigei, di accumulare composti tossici così depurando terreni contaminati. Grazie alle tecniche di genetica molecolare si possono individuare, in generi come *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Xantomonas*, *Arthrobacter*, ecc., geni che determinino il catabolismo di molte sostanze inquinanti e costruire – quindi – ceppi batterici più efficienti nel degradare anche più di un substrato.

Attuali impieghi di organismi geneticamente modificati.

Siamo attualmente – come avanti riferito – alla cosiddetta prima serie, alla prima generazione di piante transgeniche, frutto di ricerche ed esperimenti degli anni a cavallo tra l'Ottanta e il Novanta, e che, comunque, già dimostrano – nelle zone e per le colture interessate – aumenti di produzione e riduzione di inquinamento e sono già oggetto di utilizzazione nell'industria alimentare.

Le varietà transgeniche finora introdotte in agricoltura (la prima coltivazione in pieno campo risale al 1990 in USA) riguardano piante quali soia, resistente agli erbicidi, mais-Bt²⁴ resistenti alla piralide, mais-Bt tollerante agli erbicidi, cotone resistente agli erbicidi, colza (*Brassica napus*) ed altre piante da olio resistenti agli erbicidi. Nel 2001 la coltivazione di queste piante si è estesa su circa 50 milioni di ettari (l'intera superficie dell'Italia è pari a 30 milioni di ettari), con un incremento di circa 30 volte tra il 1996 e il 2001.

²⁴ Sono mais-Bt i mais nel cui genoma è stato trasferito un gene (*cryIA*) del *Bacillus thuringiensis*, batterio esistente nel suolo, che esprime una proteina che è tossica per le larve di un lepidottero parassita del mais: la piralide, difficilmente controllabile usando insetticidi convenzionali poiché la larva penetra e si nasconde nel culmo della pianta di mais immediatamente dopo la schiusa. Esperimenti anche recenti non hanno evidenziato danni ad altri lepidotteri (ma la mancanza di evidenza non garantisce l'assenza di rischio) e, nonostante un accumulo della tossina Bt nel suolo (con un alto numero di spore/grammo), non si sono notati effetti negativi sulla fauna del suolo (artropodi, collemboli, nematodi). Si è rilevata invece una riduzione del livello di micotossine nella pianta e nella granella: infatti nelle ferite prodotte dalle larve nella pianta e nelle cariossidi si possono insediare funghi che producono micotossine tra le quali la fumisinina molto tossica per gli animali e per l'uomo. Peraltro, è da ricordare che insetticidi contenenti *B. thuringiensis* erano stati commercializzati, in USA ed Europa, dalla fine degli anni Cinquanta.

Il 75-80% delle varietà transgeniche è coltivato in Paesi industrializzati: USA (circa il 65% del totale), Canada, Australia, ma si vanno diffondendo in Argentina (circa il 20% del totale), Sud-Africa, Messico, Uruguay. Ed in Cina l'agricoltura biotecnologica, con varietà transgeniche di riso e di cotone, vedrà presto il decollo su scala commerciale, che sarà seguito, prevedibilmente, da India, Malesia e Filippine. In Europa sono coltivate in Romania e Bulgaria, mentre Spagna, Germania, Francia, che negli anni scorsi avevano coltivato modeste aree a mais transgenico, le hanno recentemente ridotte o abolite in attesa delle decisioni della Unione Europea.

I dati del 2001 indicano che della superficie mondiale coltivata a soia il 46% era costituita da varietà transgeniche, il 20% di quella a cotone, l'11% di quella a colza, il 7% di quella a mais, e l'1% di quella a patata, con centinaia di varietà diverse a scelta dell'agricoltore.

Dalle coltivazioni di piante transgeniche in USA, sottoposte a normative dell'USDA e dell'EPA (rispettivamente, Dipartimento per l'Agricoltura e Agenzia per la Protezione dell'Ambiente), sono già ricavabili informazioni sugli aumenti di produzione e sulla riduzione nell'uso di antiparassitari ed erbicidi. Nel 1999 p.e. è stato calcolato un aumento di produzione di granella, dovuto a mais-Bt, intorno a un milione di tonnellate, equivalente alla produzione di oltre 200 mila ettari. L'adozione di varietà di cotone resistenti ad erbicidi (glifosate) ed insetti ha ridotto in USA, nel 1999 rispetto al 1995, di 2,7-3 mila tonnellate (principio attivo) l'uso di antiparassitari, ha eliminato 15 milioni di trattamenti ed aumentata di centoventimila tonnellate (pari a + 9%) la produzione. Tra il 1995 e il 1999 l'uso di soia transgenica ha ridotto del 12% il numero dei trattamenti e di circa 216 milioni di dollari i costi di diserbo. In complesso, l'uso di OGM in USA nel 2002 ha aumentato di 1,5 miliardi di dollari i ricavi e di quasi 2 milioni di tonnellate i raccolti, e diminuito i fitofarmaci di 20 mila tonnellate (principio attivo). In Cina il ricorso a cotone-Bt ha permesso un risparmio di 47 Kg. di antiparassitari per ettaro, con vantaggio soprattutto dei piccoli agricoltori ed una riduzione del 75% dei casi di avvelenamento.

Piante transgeniche di altre specie agrarie sono già in coltivazione, anche se su superfici ancora modeste. È il caso dei pomodori transgenici che, per esempio, accumulano cloruro di sodio nelle foglie e non nei frutti, o delle patate resistenti a virus e a coleotteri. Cresce l'importanza del pomodoro come pianta modello. Infatti, se l'*Arabidopsis* è un modello²⁵ per le ricerche in bio-

²⁵ Un peculiare contributo italiano allo studio di piante modello è rappresentato dalle ricerche di G. Morelli (Istituto della Nutrizione - Roma) e I. Ruberti (Università di Roma)

logia, fisiologia e sviluppo della pianta, il pomodoro lo è per la risposta a malattie e per i processi di sviluppo e maturazione del frutto; ed altrettanto può dirsi per la *Medicago truncatula*, specie modello (è in corso un articolato programma internazionale) delle leguminose orticole e foraggere, importantissimo gruppo di piante in quanto sorgenti di proteine e olii per l'alimentazione umana e di foraggi per gli animali, ed utilizzatrici dell'azoto disponibile nell'atmosfera.

Crescente è il numero delle specie nelle quali sono stati ottenuti tipi diversi di piante transgeniche, molti dei quali ancora in sperimentazione. Varietà transgeniche sono state ottenute in: frumenti (sono, per esempio, sotto esame tipi transgenici i quali, trasformati per inserimento di subunità gluteniniche, consentono impasti più forti e maggior volume della pagnotta), orzo, barbabietola, arachide, piante oleaginose (soia²⁶, colza, girasole) modificate anche nella qualità dell'olio, cucurbitacee resistenti a virus, piante da frutto (vite, banana, melo, olivo, ciliegio, actinidia, papaia), piante orticole (melanzana, peperone, pisello, fragola, lattuga, cicoria maschiosterile), foraggere e piante forestali (abeti, betulle, pioppi, eucalitti, olmi²⁷). Sono circa 50 le varietà transgeniche in avanzata valutazione in USA (i cui investimenti nel settore sono molto più alti – secondo alcune stime, almeno il triplo – degli investimenti dei Paesi europei e della Commissione Europea). Oltre 3000 tipi transgenici sono oggetto di valutazione e circa 1300 i geni usati in programmi di trasferimento di uno o più geni nella stessa pianta, in corso nei cinque continenti. Tali programmi riguar-

Sapienza), nell'ambito della rete europea dell'*Arabidopsis thaliana*. La «fuga dall'ombra» cioè il tentativo delle piante, in coltivazioni in serra o intensive, di raggiungere la luce diretta del sole, provoca un allungamento («filatura») dello stelo e dei piccioli a spese dello sviluppo delle foglie e degli organi di riserva, cui segue una accelerata ma ridotta fioritura e una fruttificazione con perdite di resa nei raccolti. È stata osservata una significativa soppressione della risposta di «fuga dall'ombra», fenomeno controllato da uno dei geni HD-Sip, lo ATHB-2, in piante transgeniche di *Arabidopsis*, che esprimono costitutivamente l'RNA antisenso di ATHB-2. Le ricerche in corso tendono ad accertare se la tecnica dell'RNA antisenso, positiva nel modello, possa essere applicata nelle colture intensive sia in campo che in serra per ridurre la «fuga dall'ombra» ed aumentare così la produzione di biomassa utilizzabile per scopi alimentari.

²⁶ Il programma pluriennale USA di genomica della soia si completerà, nella primavera 2002, con l'individuazione di oltre duecentomila sequenze genetiche EST.

²⁷ Piantine di olmo resistenti alla grafiosi, che dal 1970 ha distrutto in Inghilterra oltre 20 milioni di piante, sono attualmente sotto saggio e, se ne sarà approvato il rilascio, ricostruiranno tipici paesaggi e riassicureranno rifornimenti di legname.

dano un vasto ventaglio di caratteri: adattamento alle condizioni dell'agroecosistema, ciclo di sviluppo e maturazione, resistenza alle virosi, produttività, qualità, oltre – beninteso – alle resistenze a malattie e parassiti ed erbicidi²⁸ che, come già detto, sono le caratteristiche innovative finora predominanti nelle colture transgeniche. È perciò prevedibile nei prossimi anni che nei Paesi, in cui gli organismi geneticamente modificati sono accettati, aumenterà il numero delle specie e delle varietà transgeniche in commercio con destino anche all'esportazione. Anche nei Paesi in sviluppo e in transizione si vanno espandendo i campi di prova di linee transgeniche: oltre 200 campi, secondo dati FAO, ubicati soprattutto in America Latina, ma anche in Africa e Asia. Tuttavia, considerando i problemi del settore agroalimentare di tali Paesi, frequentemente e cronicamente oppressi da forte deficit alimentare, le ricerche dovrebbero riguardare un maggior numero di piante tropicali (p.e. leguminose, orticole, foraggere, frutti tropicali) e interessare caratteristiche quali l'azotofissazione radicale, la resistenza all'aridità e alle alte temperature, la brevità del ciclo di sviluppo o la tolleranza all'alluminio, alla salinità ed all'acidità. Uno dei punti di snodo sta nella necessità di una strategia tecnico-scientifica e di un'organizzazione infrastrutturale che poggino sulla collaborazione internazionale (Nord-Sud e Sud-Sud), sullo sviluppo del sistema di centri nazionali di ricerca in collegamento con gli Istituti del «Gruppo internazionale per la ricerca agronomica (CGIAR)», sull'intensità dei rapporti tra le Agenzie ONU (FAO, IFAD, UNEP ed altre) ed i Governi locali e con i distretti rurali, curando anche che i Paesi in sviluppo siano pienamente compartecipi nell'economia internazionale.

In Italia sono state fortemente rallentati i programmi e le ricerche di ingegneria genetica: da un rapporto della Commissione Europea risulta che nel periodo '95-'99 in Italia soltanto una quarantina di miliardi di lire sono stati investiti in progetti sulle biotecnologie vegetali e animali. Eppure, ricerche ed esperimenti nei laboratori delle Università, del CNR, degli Istituti sperimentali del Ministero Agricoltura, dell'ENEA e di alcuni Consorzi di

²⁸ Secondo dati dell'Istituto USA per il commercio delle derrate (Food Marketing Institute) sul mercato americano già nel 2000 erano commerciati prodotti alimentari derivanti da organismi geneticamente modificati, e precisamente: da piante modificate nella maturazione e conservazione: pomodori, piselli, peperoni, broccoli, meloni, lamponi, frutti tropicali; da piante modificate nella qualità: mais, girasole, soia; da piante resistenti a parassiti: pomodoro, patata, mais, soia, colza, lattuga, cavolo, cetriolo, melone, vite, melo e caffè; da piante tolleranti o resistenti ad erbicidi: pomodoro, mais, frumento, soia, colza, arachide, cotone.

ricerca, avevano portato all'ottenimento di piante transgeniche la cui validità, agronomica, qualitativa, nutrizionale, commerciale, era in corso di accertamento e riguardava specie tra le quali: frumento, mais, riso, orzo, pomodoro, patata, fagiolo, cece, melanzana, barbabietola, soia, girasole, cicoria, fragola, tabacco, foraggiere, cucurbitacee, piante da fiore, pioppo, melo, ciliegio, vite, nocciolo, olivo, actinidia, agrumi.

Nonostante le numerose (275 al settembre 2000) domande di rilascio avanzate in Italia – già dalla metà degli anni Novanta – per l'uso *confinato* a scopo sperimentale di piante transgeniche (prevalentemente piante resistenti a insetti o tolleranti a erbicidi), al momento lo stato complessivo di tale settore di studio e di investigazione è insoddisfacente – nonostante l'impegno dei ricercatori – soprattutto in termini di investimenti, e pericoloso per il futuro di un'agricoltura come quella italiana, fondata sulla tutela e miglioramento delle varietà e razze proprie del germoplasma vegetale e animale caratteristico dei nostri ecosistemi, ma già oggi contrassegnata da un deficit agroalimentare intorno ai 16 mila miliardi di lire annui.

Diversa è la situazione in altri Paesi europei delle ricerche di genetica molecolare e di ingegneria genetica. Valgano gli esempi del programma *Genoplante* francese: circa 100 miliardi di lire investiti (con finanziamenti pubblici e privati) all'anno per un piano quinquennale di genomica e proteomica su piante modello (riso e *Arabidopsis*) e su alcune piante agrarie, che prevede anche la selezione di nuove varietà di mais, frumento, vite, girasole, patata, melone, medica, e la costituzione di un portafoglio di brevetti.

In Germania, al programma *Gabi* (iniziato su *Arabidopsis* e riso e poi esteso ai frumenti), già in corso dal 1998 e con un finanziamento annuo (pubblico e privato) di circa 18 miliardi di lire, si è aggiunto recentemente un progetto di genomica dei cereali, in cui il Ministero della Scienza e Tecnologia ha investito oltre cinque miliardi di lire all'anno. Appare notevole anche negli altri Paesi, in attesa delle decisioni comunitarie, l'impegno nel settore delle biotecnologie genetiche, per cui è urgente, secondo noi, recuperare l'attuale ritardo italiano.

Nei Paesi extraeuropei è da notare il finanziamento della National Science Foundation (USA), che dal 1998 con fondi pubblici promuove un programma di genomica delle piante (mais, soia, riso, orzo, pomodoro, foraggiere), per circa 170 miliardi di lire all'anno, cui va aggiunto il certamente cospicuo investimento dell'industria privata. In Canada è stata costituita la «Società Genome Canada», ed in Giappone il Governo sostiene fortemente un programma di sequenziamento del riso.

In Cina, tra il 1996 e il 2000 sono stati approvati 251 casi di organismi geneticamente modificati, microrganismi, animali ma soprattutto piante: cotone, riso, frumento, mais, soia, colza, arachide, tabacco e ortofrutticoli come: patata, pomodoro, cavolo, peperone, papaia, melone, petunia. Gli investimenti nel 2000 ammontavano a 112 milioni di dollari, pari a circa il 20% del bilancio dedicato alla ricerca agraria, e coinvolgevano duemila tra ricercatori ed esperti.

RISCHI, BIOSICUREZZA, PRECAUZIONI

Riconosciuto e accettato che la scienza non ha certezze né verità assolute, e che la scienza è un processo attivo di studi e apprendimenti progressivi per cui le conoscenze scientifiche sono perfettibili, la sicurezza d'uso dei prodotti biotecnologici costituisce il punto chiave, la questione ineludibile alla base di ogni sviluppo applicativo delle biotecnologie. Ma viviamo ormai nella *società del rischio* e nessuna innovazione materiale, nei trasporti, nella meccanica, nelle telecomunicazioni, nell'alimentazione, nella terapeutica, ecc. è priva di pericoli; e la scienza non può fornire prove di totale innocuità nell'adozione di innovazioni tecnologiche. Tutte le tecnologie comportano rischi e le biotecnologie e i prodotti dell'ingegneria genetica non fanno eccezione. Anche per le piante transgeniche l'analisi dei rischi va condotta «caso per caso», e con un approccio graduale «passo per passo»; si può, anzi, sostenere che essi sono fra i più rigorosamente controllati. L'introduzione nell'uso corrente va esaminata da comitati di esperti scientificamente accreditati, le cui conclusioni vanno rese note all'opinione pubblica, alle imprese, ai consumatori, ed agli organi politici. Questi, analizzando il rapporto rischi/benefici e in coerenza con l'approccio precauzionale, senza discriminanti preconcepi ed in base ai parametri di valutazione dei livelli di rischio forniti dalla scienza, devono decidere sull'accettabilità ed autorizzare l'uso di innovazioni biotecnologiche, pur sempre riservandosi la periodica revisione dei principi di sicurezza e delle metodologie di controllo alla luce dell'avanzamento delle conoscenze. Di conseguenza si pone, tra gli altri, il problema dell'approfondimento di metodi analitici efficaci, ma anche rapidi e di facile applicabilità. I metodi attualmente più sviluppati per i test di identificazione sono quelli basati sull'analisi del DNA nell'alimento attraverso PCR che amplifica specifici segmenti di DNA e permette il riconoscimento delle relative sequenze. Per una più incontestabile identificazione di presenza di DNA tra-

sferito, e per aumentare la sensibilità del metodo PCR, si sta ricorrendo alla tecnica del microarrays che, come già detto, permette la rilevazione simultanea delle sequenze di DNA in campioni di alimenti da organismi geneticamente modificati.

Sicurezza d'uso di transgenici nei confronti della salute umana

I rischi riguardano i danni che le piante transgeniche potrebbero procurare alla salute dell'uomo che si alimenta di cibi transgenici, ed agli effetti che i geni esogeni trasferiti nelle piante coltivate si diffondano nell'ambiente tra le componenti dell'ecosistema, danneggiandole o distruggendole. Si deve però convenire che rischi e danni all'ambiente e all'uomo non avvengono soltanto per l'uso di organismi transgenici, ma sono eventi che possono verificarsi, continuamente e dovunque, come conseguenza di attività umane. Anzi, l'enfasi posta nell'accertamento, valutazione, protezione e sicurezza dei rischi della transgenesi, sarà ancor più utile se tali norme saranno applicate per prevenire e regolare ogni causa che possa infirmare la salute umana e le risorse naturali, incluse le derrate e le preparazioni attualmente adoperate.

Tra i rischi per l'uomo vengono paventati i seguenti: diffusione e moltiplicazione delle allergie alimentari, aumento della resistenza agli antibiotici, passaggio di geni esogeni dal DNA della pianta transgenica al DNA dell'uomo. In tema di allergie è bene notare che: a) diversi cibi naturali (uova, latte, farina, arachidi, noci, kiwi, ecc.) sono causa di allergie in individui predisposti, b) l'incidenza delle malattie appare più alta anche per sempre più precisi metodi diagnostici, c) il perfezionamento dei sistemi di controllo sulla salubrità degli alimenti e i test diagnostici consentono di rilevare preventivamente la produzione di allergeni nella pianta transgenica, d) le tecniche di ingegneria genetica, come avanti esposto, consentono perfino di costruire, nelle specie che provocano allergie, piante transgeniche contenenti *il gene allergenico invertito* (gene antisenso) in cui – cioè – la sequenza di basi sia stata invertita annullando quindi la capacità allergenica. Risultati simili sono stati già ottenuti p.e. nel riso.

Il rischio di aumentare nella flora intestinale la resistenza agli antibiotici, a causa di eventuali trasferimenti di tale resistenza dagli alimenti transgenici al genoma dei batteri, è ormai trascurabile, visto che: a) decresce e si tende ad eliminare l'uso di antibiotici (spesso privi di interesse clinico) nella selezione di cellule transgeniche, b) che è alta la prescrizione di antibiotici sia

nella cura di infezioni nell'uomo sia nell'alimentazione degli animali delle cui carni ci cibiamo, c) che comunque nel nostro intestino sono presenti miliardi di batteri in cui la frequenza di mutazioni naturali per la resistenza è di circa 1 su 10 milioni.

Quanto poi al rischio che porzioni di DNA delle piante transgeniche contenenti il gene esogeno penetrino nel genoma umano, dalla preistoria l'uomo si nutre di prodotti vegetali assumendone miliardi di genomi senza che geni di origine vegetale si siano integrati ed espressi nella specie umana. In considerazione – dunque – dell'ampio dibattito pubblico e della diffidenza che si è diffusa nell'opinione pubblica, specialmente dei paesi europei, è necessario ed urgente che scienza, politica e società civile si impegnino nell'accertare e valutare i rischi per la salute umana di alimenti ottenuti da organismi transgenici. È tuttavia ben noto che vi sono alimenti anche ottenuti da piante non ingegnerizzate i quali, pur non essendo pericolosi per la salute dell'uomo se assunti in dosi limitate, non sono innocui. Per esempio: (1) soia, fagiolo e quasi tutte le leguminose contengono lectine o emoagglutinine che si legano all'epitelio intestinale ostacolando l'assunzione dei nutrienti (le suddette sostanze, però, vengono poi denaturate dai trattamenti termici); (2) glucosinolati, glucosidi con effetto gozzigeno che possono interferire con la captazione di iodio da parte della tiroide, sono presenti nelle crucifere (brassicacee); (3) la cassava, largamente consumata in Africa, il sorgo e il fagiolo lunato contengono glucosidi cianogenici che per idrolisi producono acido cianidrico; (4) nella patata è presente la solanina, miscela di glucosidi che provoca nell'uomo disturbi gastrointestinali e neurologici; (5) il metileugenolo nel basilico e lo psoralene del sedano sono tossici; (6) fitoemoagglutinine e gliadine nel frumento sono responsabili del morbo celiaco; (7) nella fava i glucosidi «vicina» e «convicina» (fattori del favismo) sono responsabili della crisi emolitica che si verifica nei soggetti geneticamente predisposti, ecc. In conclusione, vale l'osservazione che la velenosità sta nel dosaggio, cioè nella quantità di sostanza tossica assorbita.

Sicurezza d'uso di transgenici nell'ambiente

In maniera altrettanto responsabile vanno affrontate le sfide connesse alla sicurezza d'uso di organismi transgenici nell'ambiente. L'impatto ecologico conseguente al flusso di geni, che dalle piante transgeniche possono fluire nell'ambiente circostante, può avvenire in diversi modi. L'assunzione di

proteine tossiche può provocare patologie nell'uomo o morie nella fauna, quella entomologica in primo luogo. Nelle popolazioni di insetti suscettibili alle tossiche proteine transgeniche (p.e. quelle codificate dal gene Bt cryIA)²⁹, possono insorgere biotipi mutanti resistenti alla tossina, che potrebbero sostituire le popolazioni naturali causando perdita di biodiversità. A questo rischio però si può ovviare – come dimostrato da recenti studi – costituendo zone di rifugio (aree con piante non transgeniche pari a circa il 20% della superficie coperta da piante transgeniche) per la moltiplicazione degli insetti normali che controlleranno e conteranno la moltiplicazione degli insetti mutanti

Nei vegetali la biodiversità può essere compromessa: a) per impollinazione di piante non o.g.m. della stessa specie o di specie agrarie interfeconde, b) per dispersione di semi da piante transgeniche competitive con le coltivazioni

²⁹ Il caso di insetti nutritisi di polline di mais portatore della tossica proteina Bt è stato studiato in riferimento alla farfalla «monarca» (*Danaus plexippus*): posto che fioritura del mais e stadio larvale della farfalla coincidano, gli studi epidemiologici hanno dimostrato che se la larva si ciba di foglie di piante selvatiche (suo alimento naturale) sulle quali sia caduto polline Bt, si osserverà ritardo nello sviluppo dell'insetto ed una quota di mortalità sarà riscontrabile in funzione della distanza (in genere il polline percorre brevi distanze: alcuni centimetri nel riso e nei cereali autogami, vari metri nel mais e nei cereali allogami, da 30 a 100 metri nella bietola) e dell'abbondanza di polline. Comunque, sebbene sia alto il tasso di mortalità delle specie di insetti, anche benefici (es. api, impollinatori, parassiti di altri insetti) ed anche di uccelli predatori di insetti, viventi nei campi, nelle siepi, nella vegetazione circostante delle aree su cui sono sparsi (p.e. mediante aeroplani) insetticidi convenzionali, precise analisi dei possibili danni da tossine, prodotte da piante transgeniche nella biodiversità entomologica e aviaria sono in corso (soprattutto in Usa e in Europa) per stabilire su solide basi scientifiche le politiche e le norme d'uso di piante transgeniche. In particolare per quanto riguarda la farfalla «monarca» dall'insieme di recenti ricerche risulterebbe che approssimativamente soltanto 1 su 100.000 larve sono esposte a dosi subletali di polline Bt nei campi coltivati con mais-Bt. Perciò il ridotto impiego di insetticidi convenzionali su mais-Bt finisce per essere vantaggioso non solo per le popolazioni della «monarca» ma anche per altri insetti non parassiti. Ben più pericolosa si sta dimostrando l'interazione pianta ospite-insetto-funghi patogeni. Funghi patogeni, trasportati da insetti parassiti del mais, o penetrati nelle ferite provocate dall'insetto (la piralide, *Ostrinia nubilalis*, per esempio) alla pianta e alle cariossidi, vi producono micotossine: aflatossine, che dalle mucche, alimentate con parti di piante contaminate da queste micotossine, passando nel latte possono colpire gli uomini, e fuminisina, che può essere mortale per cavalli e animali e pericolosa per l'uomo come probabile cancerogeno esofageo. Da numerose indagini in USA in campo risulta che in generale nei mais-Bt le concentrazioni di aflatossine sono fortemente ridotte rispetto ai mais non Bt. Infine, non solo bovini alimentati con sfarinati e insilati di mais-Bt non hanno manifestato patologie, ma Bt-DNA e proteine-Bt non sono state ritrovate nel latte.

e la flora circostante, c) per fecondazione con polline transgenico di specie selvatiche infestanti. In quest'ultimo caso gli ibridi interspecifici derivanti, se fertili e in quanto dotati di vantaggio selettivo per aver acquisito p.e. resistenza ad erbicidi, ovvero a stress biotici e abiotici, potrebbero costituire nuove specie più adatte all'ambiente e quindi più competitive, invasive, rispetto alla flora preesistente³⁰. Per studiare la portata di rischi di invasività dei transgeni si distinguono due tipi di flussi genici: quello verticale, per trasferimento del transgene in relazione alle capacità di interfecondazione, di compatibilità sessuale della pianta transgenica con piante di altre specie e di sopravvivenza dell'ibrido interspecifico; e quello orizzontale, cioè per il passaggio di informazione genetica tra specie fileticamente lontane: per esempio, l'eventuale scambio di materiale genetico tra batteri transgenici rilasciati in terreni agricoli e popolazioni batteriche naturali, oppure meccanismi che coinvolgono virus.

La diffusione di polline contenente gene esogeno si può evitare inserendo il gene non nel DNA del nucleo ma in quello del cloroplasto³¹ (cfr. pag. 292) dato che la maggior parte delle piante non trasmette i cloroplasti per via maschile (polline), ovvero bloccando con meccanismi molecolari *silenziatori* l'espressione del gene nel polline, oppure utilizzando piante maschiosterili. Un interessante ricorso a piante transgeniche maschiosterili è rappresentata dal programma, in collaborazione tra ricercatori cinesi e italiani (F. Sala), di produzione di pioppi-Bt resistenti a insetti defoglianti che, per l'introduzione anche di geni per la maschiosterilità, non potranno né essere invasivi, né danneggiare la biodiversità presente nelle popolazioni naturali di pioppi. D'altra parte la maschiosterilità, *transgenica* o meno, in piante come la barbabietola, la canna da zucchero, la cipolla, ecc., in cui il prodotto commerciale

³⁰ È auspicabile che, ad evitare il trasferimento della tolleranza ad erbicidi verso specie selvatiche infestanti (raro nelle coltivazioni di pomodoro, cotone, leguminose, meno raro per altre come riso, frumento, sorgo, bietola, colza), si adottino tecniche di contenimento di tipo genetico, che aumentano le barriere di fertilità p.e. con geni maschiosterili, ovvero applicando misure di controllo che evitino la contemporanea fioritura delle piante transgeniche e delle malerbe. Peraltro, sarebbe da comparare l'invasività di superinfestanti derivabili da impollinazione da piante transgeniche con le malerbe selezionate per resistenza all'attuale uso massiccio di erbicidi.

³¹ L'inserimento di geni nel DNA del cloroplasto, oltre alla produzione di polline non transgenico, consente di immettere nel citoplasma delle cellule somatiche del vegetale molte copie del gene trasferito, e non la generalmente unica copia inserita nel nucleo: l'espressione del transgene ne verrebbe notevolmente accentuata.

non è rappresentato da semi o da frutti, è utile perché la pianta maschiosterile non produce polline e quindi i fattori transgenici (p.e. resistenza ad erbicidi) non vengono trasmessi e diffusi nell'ambiente e su altri vegetali.

Sebbene la possibilità di incroci fertili tra piante di specie diverse, e conseguente comparsa di nuovi ibridi nell'ecosistema, sia rara, proprio in conseguenza delle barriere che il processo di speciazione ha originato nei tempi lunghi dell'evoluzione per proteggere le caratteristiche di ciascuna specie, tuttavia il fenomeno esiste e per eventi citologici e cariologici rarissimi, p.e. raddoppio nel numero dei cromosomi dell'ibrido sterile, può verificarsi la produzione di semi fertili e la creazione di nuove specie³² selezionate e migliorate anche per il concorso degli agricoltori. Ma il valore selettivo, cioè il vantaggio competitivo della nuova specie, deve essere alto per assicurarne la sopravvivenza e la diffusione, cui però è facile opporsi adottando appropriati programmi di osservazione e monitoraggio dell'ecosistema nelle zone contermini alle colture transgeniche. L'impollinazione, con polline transgenico di piante di varietà e di popolazioni locali della stessa specie, può comportare il rischio di scomparsa dei tipi locali e di ecotipi di specie selvatiche affini, con una perdita quindi di agrobiodiversità, di variabilità genetica, già gravemente danneggiate (per il fenomeno della *erosione genetica*) soprattutto nell'ultimo secolo. Da quando, cioè, l'introduzione delle varietà migliorate ha ovviamente incontrato gli interessi dei produttori, che hanno abbandonato o stanno abbandonando le varietà locali anche se dotate di ecosostenibilità e qualità. Ma ad impedire ulteriori perdite di agrobiodiversità da almeno mezzo secolo sovengono gli ampi programmi di raccolta e conservazione del germoplasma delle specie agrarie, per la cui tutela sono in corso grossi progetti anche internazionali.

Ad ogni buon conto, la preservazione e la valorizzazione del germoplasma locale si possono garantire se si opera per migliorare le varietà locali con l'insierimento, mediante tecniche di ingegneria genetica, di singoli geni che ne accrescano, per esempio, la sostenibilità, agronomica ambientale commerciale, senza alterarne le tipiche e peculiari caratteristiche³³. Si richiama fortemente l'attenzione sul fatto che questa linea di studio e di ricerca deve esse-

³² Si noti che la serie attuale di frumenti è partita dalle specie diploidi, come per esempio il *Triticum monococcum*, per arrivare all'esaploide frumento da pane con un numero di cromosomi triplicati rispetto ai progenitori diploidi.

³³ Lo stesso favorevole risultato può prodursi casualmente per fecondazione, con polline da piante transgeniche, dei fiori delle varietà locali, o di specie affini con possibilità, anche se

re potenziata nei programmi di produzione di piante transgeniche, anche da specie locali e perciò spesso adatte agroecologicamente, se si vuole ricorrere anche all'ingegneria genetica per l'aumento delle produzioni agroalimentari nell'interesse delle categorie rurali e delle economie nazionali dei Paesi in sviluppo, oltre che di Paesi avanzati, Italia compresa.

Ma il problema del flusso genico e della valutazione dei rischi per la biosicurezza non si limita all'analisi degli effetti sulle componenti dell'ecosistema al livello epigeo: si può estendere anche a livelli ipogei. Anche il flusso orizzontale, il flusso di geni tra organismi superiori (piante, animali) e microbi e batteri, e fra microorganismi tra loro, richiede attenzione sulla eventualità che: a) transgeni (p.e. di piante resistenti a erbicidi) si possano trasferire a microorganismi della microflora del terreno, a batteri che interagiscono o vivono in simbiosi nei noduli delle radici o nella rizosfera di piante transgeniche; oppure che b) microorganismi geneticamente modificati si diffondano ed abbiano un impatto sull'ambiente. Sebbene si sia osservato che il flusso genico è spesso limitato a frammenti non funzionali di DNA, e che la presenza di piante transgeniche non esercita un impatto negativo sulle popolazioni microbiche naturali del suolo, ricerche sono necessarie per definire, anche in questo settore, norme efficaci di biosicurezza.

Un problema di crescente rilevanza, anche sotto il profilo della biosicurezza, è rappresentato dalla *instabilità genica* che, in sostanza, comporta nell'organismo (è stato scoperto in invertebrati, ma è stato osservato anche in vegetali, e nei mammiferi potrebbe trovare significative applicazioni terapeutiche) la scomparsa o la riduzione dell'espressione del carattere transgenico introdotto. Il livello di espressione di un transgene può variare significativamente nei diversi genotipi transgenici, in funzione, per esempio, della localizzazione cromosomica del transgene, di riarrangiamenti cromosomici, della presenza di elementi trasponibili e di cromosomi B, di eventi di ricombinazione, della frequenza naturale di mutazioni e di trasposizioni che si possono attivare anche in conseguenza di cambiamenti ambientali. Fenomeni – dunque – di instabilità intrinseca del genotipo, che – come già detto accennando ai fenomeni di *silenzamento* di geni – possono provocare instabilità genica, cioè l'annullamento, per inattivazione del transgene più che per la perdita, dell'espressione del carattere transgenico.

rara, di interfertilità; è un esempio di interazione da considerare positiva tra biotecnologie genetiche e biodiversità.

Insomma: le sfide scientifiche poste dalla valutazione della sicurezza d'uso devono essere affrontate, come già peraltro avviene, con metodologie che garantiscano: a) che i prodotti alimentari, contenenti organismi geneticamente modificati o derivati, siano sicuri, almeno quanto, anzi di più, degli alimenti ottenuti da piante selezionate con sistemi convenzionali di miglioramento; b) che la possibilità che una pianta transgenica diventi o dia origine ad un'infestante siano praticamente nulle e che la dispersione genica, dovuta al polline, sia confinata nelle immediate vicinanze dei campi coltivati con piante transgeniche. Nel caso dell'impollinazione entomofila la dispersione genica è trascurabile sulle lunghe distanze, mentre nelle piante a impollinazione anemofila il rischio di migrazione del polline dai campi coltivati andrebbe accuratamente accertato anche in funzione delle locali condizioni meteorologiche e ecogeografiche. In definitiva, per la necessità, etica e responsabile, di una rapida identificazione dei rischi emergenti dall'uso di organismi transgenici, il mondo politico e amministrativo e quello scientifico-tecnico devono cooperare affinché regolamenti e metodi siano costantemente applicati e aggiornati per controllare e monitorare, come per altri tipi di rischi connessi all'introduzione e all'uso di nuove tecnologie nello sviluppo sociale, eventuali conseguenze degli organismi transgenici in confronto ai prodotti convenzionali.

Norme che regolano sicurezza d'uso, brevettabilità, etichettatura, tracciabilità

Il problema della sicurezza d'uso di così innovative biotecnologie comporta, ovviamente, la necessità di una legislazione ben definita.

La legislazione per il controllo dell'impiego delle biotecnologie genetiche è regolata in Europa da una decina di direttive e regolamenti della Commissione Europea, adottate in Italia attraverso leggi, decreti e circolari. In particolare, l'immissione nell'ambiente e la commercializzazione di prodotti transgenici e/o di nuovi ingredienti alimentari, che erano regolate, disciplinate, inter alia, dalla direttiva 90/220/CEE del Consiglio del 23 aprile 1990 concernente *l'emissione deliberata nell'ambiente di organismi geneticamente modificati*, sono attualmente disciplinate dal Regolamento CE n. 258/97 del Parlamento e del Consiglio del 27 gennaio 1997 sui *nuovi prodotti e i nuovi ingredienti alimentari* (la cosiddetta «novel food») e dalla direttiva CE 2001/18, in via di recepimento in Italia. Ragioni di spazio purtroppo impediscono, in questa sede, di trattare adeguatamente questo tema e di comparare le normative in atto in altri Paesi.

Comunque, in Europa e quindi anche in Italia, è vietata la coltivazione di varietà di piante transgeniche³⁴, essendo soltanto permesso – dietro eventuale autorizzazione concessa dal Ministero della Salute – l'allevamento di piante transgeniche in ambienti *confinati*, cioè sottoposti a specifiche condizioni colturali ed a rigorosi controlli. Per quanto riguarda prodotti e ingredienti alimentari, per consumo umano³⁵ o per uso zootecnico, risale al 1997-98 la commercializzazione in Italia di una serie, approvata in sede comunitaria, di prodotti derivati dalla trasformazione della colza (sette olii da colza resistenti a erbicidi), un olio da noccioli di prugna, una riboflavina da *Bacillus subtilis*, e quattro varietà di mais resistenti ad insetti e tolleranti ad erbicidi. Ma per i suddetti mais (prodotti da Agrevo, Monsanto, Novartis e Pioneer) è stata sospesa,³⁶ con decreto dell'agosto 2000, la commercializzazione sia come ingredienti che come prodotti per uso alimentare.

Per quanto riguarda l'*etichettatura* è in vigore il regolamento comunitario che impone l'*etichettatura* obbligatoria per alimenti con oltre l'1% di materiale transgenico (sempre che questa presenza risulti accidentale) e, senza limiti di soglia per additivi e aromi derivati da organismi transgenici, consentendo le certificazioni lungo tutta la filiera produttiva.

Da ultimo, per quanto riguarda la *tracciabilità* dei prodotti da piante geneticamente modificate immessi nella sfera agroalimentare, le tecniche biotecnologiche (marcatori molecolari, ecc.) consentono di seguire, a difesa del consumatore, i prodotti alimentari dalla produzione e lungo la catena di distribuzione, e quindi di rilevare con elevata affidabilità la presenza di transgeni, permettendo così i controlli di qualità e l'eliminazione di prodotti risultati pericolosi per la salute.

Purtroppo, motivi di spazio non ci permettono – per le ragioni indicate in premessa – qualche notazione, in tema di protezione giuridica delle invenzioni biotecnologiche e delle novità vegetali, sulla legislazione in atto e in prospettiva; sulle normative europee e italiane di biosicurezza e responsabilità ambientale; sulla *brevettabilità* e sui diritti di proprietà intellettuale;³⁷

³⁴ Dal 1998 non vengono concesse dalla Unione Europea ulteriori approvazioni alla commercializzazione di prodotti da organismi geneticamente modificati.

³⁵ In Italia l'uso di prodotti da o.g.m. è vietato negli alimenti per l'infanzia.

³⁶ La sospensione è motivata dalla presunzione che anche prodotti ricavati con processi industriali da o.g.m. possono diffondere il transgene.

³⁷ I diritti di proprietà intellettuale non dovrebbero impedire un ampio accesso alle innovazioni tecnologiche, se positive, indotte dalla ricerca scientifica. Nel caso delle agrobiotecnologie,

sui diritti³⁸ degli agricoltori per aver conservato il germoplasma locale continuando a coltivarlo; sulle autorizzazioni alla vendita di sementi, alla coltivazione di piante e allevamenti di animali geneticamente ingegnerizzati, al consumo di alimenti e mangimi.

CONCLUSIONI

Lento e difficile è il processo di accettazione e di integrazione dei nuovi spazi e poteri, aperti all'umanità dal progresso scientifico, con i valori collettivi stratificatisi nel comune sentire dagli uomini di città e di campagna.

Questo processo deve accelerarsi: una chiara, intellegibile, onesta, informazione scientifica deve creare un generale livello di cultura scientifico-tecnica che si metabolizzi in una ragionevole, ma vigile, fiducia nella ricerca scientifica e nell'opera degli scienziati al servizio della collettività, e non di un personale successo.

Dai recenti, notevoli progressi nelle scienze della vita, dalle strutture e meccanismi molecolari di regolazione delle cellule alle basi genetiche dei caratteri morfofisiologici ed ai complessi rapporti fra gli organismi viventi e con l'ambiente fisico, sta scaturendo un rapido avanzamento delle scienze biomediche e farmacologiche nella lotta alle malattie e per la salute degli esseri umani; e giustamente alti sono gli investimenti nelle biotecnologie mediche con il sostegno pieno della società.

Anche nelle scienze agrarie, nel comparto agricolo-alimentare-ambientale, il progresso scientifico è legato all'acquisizione di nuove conoscenze anti-

si deve stabilire con forte determinazione, una leale cooperazione a livello internazionale e locale, tra il settore pubblico e privato e promuovere efficace solidarietà fra i paesi industrializzati e quelli economicamente in sviluppo.

³⁸ Il " *Trattato internazionale sulle risorse fitogenetiche per l'alimentazione e l'agricoltura*", adottato dalla FAO nel novembre 2001, in aderenza ai principi della Convenzione delle N.U. sulla Biodiversità (Rio de Janeiro, 1992), è già stato firmato da vari Paesi, tra cui l'Italia. Esso – tra l'altro – riconosce la sovranità di ciascun Paese sull'agrobiodiversità presente nel suo territorio, prevede un sistema multilaterale di accesso e trasferimento di risorse genetiche, a condizione di un' *equa ripartizione* dei vantaggi economici derivanti dall'ottenimento di nuove varietà. Per tale ripartizione è prevista la costituzione di un fondo attraverso il quale: favorire i paesi in sviluppo a giovare delle proprie risorse genetiche, riconoscere il " *diritto degli agricoltori*" ricompensandoli per aver conservato risorse genetiche, sostenere programmi di ricerca, di formazione, di conservazione della biodiversità, ecc.

cipatrici di miglioramento della condizione umana in termini naturali, sociali, morali. E come la conoscenza del genoma umano fa avanzare la difesa della salute, così anche la genomica e le biotecnologie applicate alle piante ed agli animali possono avere positivi effetti sulla salute e per il benessere degli esseri umani: benessere che si fonda su vita sana, mangiando sano, vivendo in ambienti sani.

Il cammino delle scienze agrarie, in un insistente sforzo di interdisciplinarietà con gli altri settori scientifici inerenti lo sviluppo del consorzio umano, è essenziale non solo per migliorare la qualità della vita ma per procedere verso un più equo e giusto riassetto economico e sociale delle relazioni fra i popoli. È urgente raggiungere nei paesi emergenti livelli di efficienza agricola che permettano di combattere denutrizione, povertà e disoccupazione, e di contribuire ad elevare i bassi redditi pro-capite ed a ridurre i forti deficit di bilanci statali. E le loro economie, entrando nei flussi del commercio internazionale, potranno decollare e, nella competizione, differenziarsi. In questa ottica, le innovazioni biotecnologiche, e non soltanto dell'ingegneria genetica, possono ben coesistere ed anche innestarsi con le agrotecniche convenzionali e con i metodi dell'agricoltura ecosostenibile e di quella detta biologica, con le quali vi è sintonia perché p.e. la diffusione di piante resistenti ai parassiti comporta nette riduzioni di trattamenti antiparassitari a vantaggio della salute dell'uomo e dell'ambiente. Nello scarseggiare delle risorse naturali (genetiche, idriche e del suolo), per un'efficiente multifunzionalità nell'agricoltura e delle aziende agrarie, per migliorare la produttività dei vari agroecosistemi, sono indispensabili, nelle diverse condizioni agroecologiche e socioeconomiche, nuove strategie di ricerca ed un rinnovamento tecnologico attraverso un'applicazione intelligente, interdisciplinare e moderna dei concetti e degli strumenti tecnici. A tale fine, anche le ricerche e le innovazioni biotecnologiche possono concorrere al miglioramento della produttività agroalimentare e agroindustriale. Sottoposte al rigoroso controllo degli effetti, possono così contribuire al miglioramento della qualità della vita, alla sostenibilità ecocompatibile del progresso economico e sociale.

Ma se fiducia e crescente attesa di novità delineano l'atteggiamento verso le scienze biomediche nella legittima aspettativa della vittoria sulle malattie, non altrettanta fiducia si riverbera sulle innovazioni agrobiotecnologiche e le loro potenzialità. Un sereno e obiettivo giudizio presuppone informazione, onesti confronti fra benefici e rischi, fra costi e vantaggi per la società; e deve sfociare in una trasparente percezione dei fatti da parte dei singoli e della collettività. È perciò doveroso che i progressi della scienza e della ricerca siano

costantemente monitorati da studi e controlli sempre più perfezionati, e sottoposti a norme precauzionali e cautelative così da stabilire i valori di accettabilità per i consumatori.

Soltanto così operando potranno essere superate le preoccupazioni che, in verità precipuamente focalizzate sugli organismi vegetali geneticamente modificati, sono largamente diffuse in Europa ed in Italia. Eppure un recente rapporto della UE attesta che «alcun nuovo rischio è stato accertato, nell'uso di piante o.g.m. e di prodotti derivati, per la salute dell'uomo e dell'ambiente oltre le usuali incertezze del miglioramento genetico convenzionale».

Attualmente l'Europa e l'Italia, con la moratoria alle coltivazioni di piante geneticamente modificate e con il divieto, praticamente generale, di consumo di prodotti transgenici, si proteggono dal commercio e consumo della prima serie di organismi geneticamente modificati, caratterizzati essenzialmente da resistenza a parassiti e erbicidi, ottenuti secondo programmi e per interessi di sistemi agroalimentari differenti, dal punto di vista aziendale e dei mercati interni e internazionali, da quelli europei e italiani in particolare.

Tuttavia, in Europa, come accennato, sono in evidente espansione le ricerche di base, gli studi di genomica e post-genomica, le indagini sui rischi e sui potenziali vantaggi delle costituzioni sperimentali di piante geneticamente modificate. Ai piani della Commissione Europea si affiancano ingenti programmi soprattutto in Inghilterra, Germania e Francia; anche in Italia si nota una modesta ripresa di finanziamenti pubblici e qualche iniziativa privata, ed è da apprezzare l'impegno dei ricercatori a portare a compimento progetti da tempo avviati ma rallentati per scarsità e dilazioni negli investimenti.

Sulla tipicità, la localizzazione, le nicchie delle produzioni di cui si fregiano l'agricoltura e la gastronomia italiane molto si confida per sostenere una competitiva presenza, sul mercato interno e internazionale, dell'opera degli agricoltori, degli allevatori, delle imprese agroindustriali italiane.

Eppure, c'è buona ragione di ritenere che queste caratteristiche tipiche possano essere protette e valorizzate anche con il ricorso alle innovative strategie biotecnologiche, in quanto in grado di identificare e localizzare gli specifici fattori genetici sia nel genotipo della stessa specie come in altri vegetali. L'accumulazione, con le tecniche di trasferimento genico, di questi fattori nel prodotto tipico, potrebbe rafforzarne le qualità e la competitività. Si faccia ciò in Italia, prima che altrove, per le caratteristiche nostre colture orticole e frutticole, per cereali come il frumento duro, per le foraggere, ecc.

Ma nell'elaborare e concretare le valutazioni sulla convenienza e le condizioni d'uso per coltivare e consumare materiali geneticamente modificati, l'Europa, oltre che al suo interno, deve consultarsi con le Organizzazioni rappresentative dei Paesi avanzati (p.e. OCSE) e in transizione, con Agenzie internazionali (FAO, WFP, UNEP, CBD, WTO, WHO, UNCTAD), con Istituti di ricerca (es: IPGRI) e Comitati Internazionali (es: Codex alimentarius), con Società scientifiche e Accademie, anche per un continuo aggiornamento delle linee guida sul controllo e sull'uso dei prodotti di queste nuove tecnologie.

Ma soltanto una confidente intesa fra società e scienza (negli indirizzi di studi di base e nella sperimentazione e applicazione delle innovazioni tecnologiche) permetterà di affrontare e avviare a soluzione quel pesante fascio di sfide (locali, regionali, globali) del XXI secolo, che vanno dalla sostenibilità ambientale alla equità nella condivisione dei beni e del benessere fra gli esseri umani.

Un equilibrato e solidale altruismo, un bilanciato rapporto fra uomo e biosfera devono prevalere nella gerarchia dei valori etici e politici. E devono ottenersi dalle attività di ricerca, come esemplificato negli studi annotati nella prima parte di questa memoria, nuove conoscenze sulla funzionalità e produttività degli organismi utili all'uomo. Le risposte potranno venire da molta ricerca, onestamente e obiettivamente condotta; da innovazioni efficaci e sicure; da comunicazioni trasparenti e veritiere; da avveduti e lungimiranti interventi dei dirigenti politici; da finanziamenti sufficienti e prevalentemente pubblici; da ricercatori convinti che il valore etico della scienza sta nel servizio verso la società e l'individuo.

Confidando nel progressivo concretarsi degli intenti e degli impegni di tante conferenze internazionali e vertici mondiali, anche i frutti delle ricerche a tema di questa memoria, interiorizzati nella molteplicità dei sistemi socioeconomici e culturali, potranno andare a beneficio di produttori e consumatori, potranno cioè concorrere, in ultima analisi, alla qualità della vita di tutti.

BIBLIOGRAFIA

- Agricultural biotechnology for developing countries*, F.A.O., Paper 8, Rome, 2001.
- Agriculture, biotechnology, and chemistry: recent scientific contributions to food and no-food productions*, Roma, 2000.
- Biotechnologie agroalimentari, industriali e ambientali: problemi e prospettive*, «Rendiconti dell'Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL. Memorie di Scienze Fisiche e Naturali», s. V, vol. XXV, p. II, t. I, Roma, 2001, pp. 239-562.
- BORCHI M., POSTIGLIONE L. (eds), *For an Effective Right to Adequate Food*, Fribourg, 2001.
- BORLAUG N.E., DOWSWELL C., *Agriculture in the 21st Century: vision for research and development*. AgBioWorld Org., 2000.
- BUIATTI M., *Le biotechnologie: l'ingegneria genetica fra biologia, etica e mercato*, Bologna, 2001.
- D'AMATO F., BARONCELLI S., DURANTE M., *Genetica vegetale*, Torino, 2a ed., 1987.
- D'AMATO F., *Nuclear cytology in relation to development*, Cambridge, 2001.
- DE VRIES G. E., MATZLAFF K. (eds.), *Phytosfere '99: highlights in European plant biotechnology research and technology transfer*, Amsterdam, 2000.
- ENGELS J. M. M., RAMANATHA RAO V., BROWN A. H. D., JACKSON M. T., (eds), *Managing plant genetic diversity*, Oxson-New York, 2002.
- Evaluation of allergenicity of genetically modified foods*, F.A.O. /WHO, Rome, 2001.
- Genetically modified organisms, consumers, food safety and the environment*, F.A.O./WHO, Rome, 2001.
- Genetically modified plants for food use and human health – an update*, London, 2002.
- JAMES C., *Global Review of Commercialized Transgenic Crops:2001*, ISAAA Briefs, n. 24, New York 2002.
- KESSLER C., ECONOMIDIS I. (eds.), *EC-sponsored research on safety of genetically modified organisms*, European Commission, Bruxelles, 2001.
- LORENZETTI R., *The wheat science: the green revolution of Nazareno Strampelli*, «Journal of genetics & breeding», Roma, 2000.
- LUNGAGNANI V., *Biotechnologie: norme e regolamenti*, Torino, 2002.
- POLI G., *Biotechnologie: conoscere per scegliere*, Torino, 2001.
- PORCEDDU E., DE PACE C., TOMASSINI C. (eds.), *Un secolo di scoperte da Mendel alle soglie del duemila*, Viterbo, 1984.
- SALA F., *Biotechnologie vegetali: tra rifiuto e accettazione*, «Le Scienze», 386 (2000), pp. 34-43.
- SALAMINI F., *Where do we go from this point*, in *Genetics and breeding for crop quality and resistance*, The Netherlands, 1999, pp. 397-417.
- SCARASCIA MUGNOZZA G. T., MONTI L., RUSSO V., *Problematiche dell'agricoltura italiana. Scenari possibili IV: potenzialità del miglioramento genetico in piante e animali*, Bologna, 2001.
- SCARASCIA MUGNOZZA G. T., PORCEDDU E., PAGNOTTA M. A., *Genetics and breeding for crop quality and resistance*, Dordrecht-Boston-London, 1999.
- Study Document on the use of genetically modified food plants to combat hunger in the world*, in *Science and the Future of Mankind*, Vatican City, 2001, pp. 516-526.
- SWAMINATHAN M.S., *Sustainable Agriculture: towards an evergreen revolution*, Delhi, 1996.
- Transgenic plants and world agriculture*, Washington D.C., 2000.

- Uncommon Opportunities for Achieving Sustainable Food and Nutrition Security. An Agenda for Science and Public Policy*, Science Academies Summit, Madras (India), 1996.
- VAVILOV N. I., *The origin, variation, immunity and breeding of cultivated plant*, Chronica Botanica Co., Waltham (USA), 1951.

CLAUDIO PERI

I MODELLI E I METODI DELLA QUALITÀ E DELLA SICUREZZA ALIMENTARE

Non è possibile parlare di qualità senza parlare di sicurezza alimentare, poiché la sicurezza non è che un aspetto, il più critico ed essenziale, della qualità. Uno degli elementi più deleteri della gestione pubblica dei problemi che ci interessano è la divisione burocratica e formale delle responsabilità riguardanti la sicurezza, che fanno capo al Ministero della Salute, dalle responsabilità riguardanti la qualità, che fanno capo al Ministero delle Politiche Agricole. Tratterò dunque l'uno e l'altro tema anche per mostrare come tali due aspetti tendano sempre più ad integrarsi nella gestione delle imprese così come sono del tutto integrati nella percezione del consumatore.

Un'ulteriore caratteristica di questo testo è quella di presentare i vari argomenti per mezzo di modelli; sono infatti convinto che lo sforzo di comunicare concetti così complessi non possa essere efficace se non per mezzo di modelli. Questi hanno alcuni meriti notevoli, ad esempio quello di riassumere sinteticamente molte nozioni, prestandosi ad una rappresentazione semplificata della complessità. Un altro merito è quello di stimolare interpretazioni personali e critiche del lettore poiché un modello non pretende di rappresentare la realtà, ma soltanto un'idea, quasi una metafora e un simbolo, della realtà. E, come si sa, nulla più delle metafore e dei simboli si presta a stimolare la riflessione personale. Per ultimo, i modelli hanno la non secondaria proprietà di essere memorizzabili più facilmente delle descrizioni e possono pertanto più facilmente tornare a mente nella esperienza personale e professionale, aiutandoci a interpretare la realtà.

MODELLI DELLA QUALITÀ ALIMENTARE

Per un certo periodo, durante gli anni '90, ha avuto molto successo il modello della figura 1 dovuto a Pierre Manguy. La qualità vi è rappresentata come una stella a quattro punte che indicano, due a due, rispettiva-

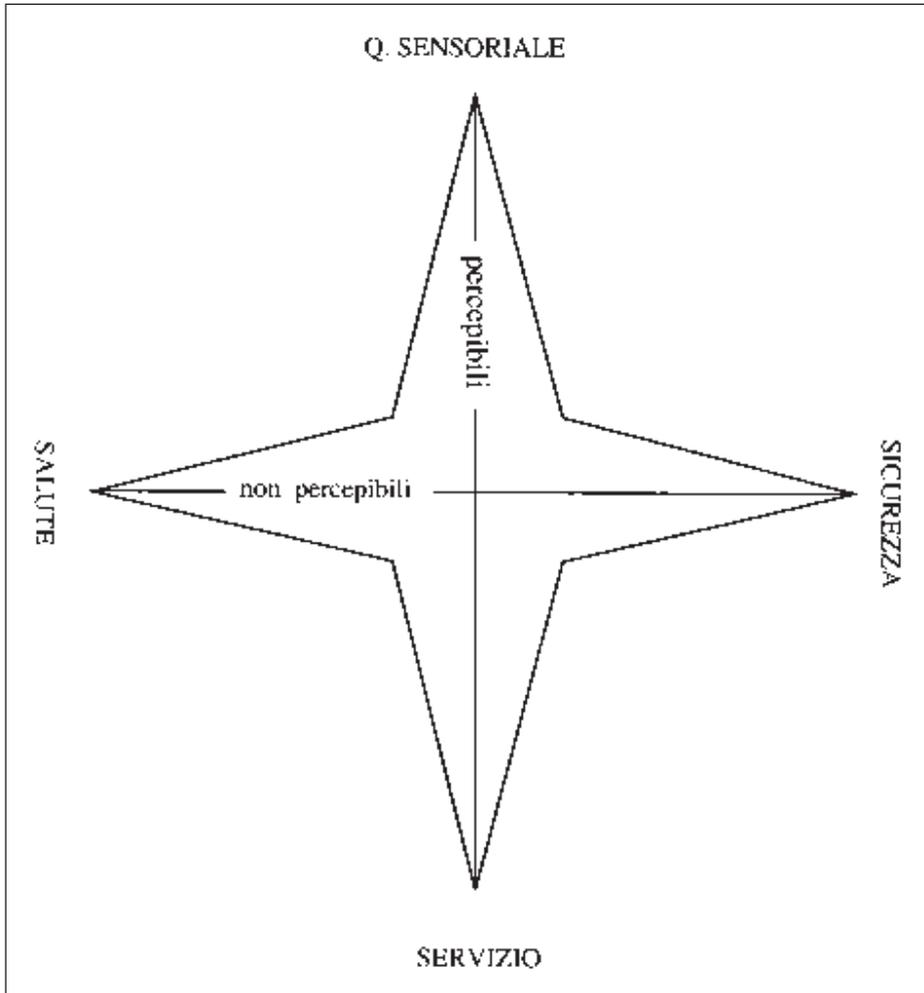


FIG. 1 - Il modello della qualità alimentare secondo Pierre Manguy

mente gli aspetti non percepibili della qualità (Sicurezza e Salute, questo ultimo sinonimo di qualità nutrizionale) e gli aspetti percepibili (Sensi e Servizio).

Questo modello ha il pregio di essere molto semplice e facilmente memorizzabile (anche grazie alle 4 S che rappresentano i quattro aspetti della qualità) e in perfetta sintonia con la definizione della International

Standard Organization (che indicheremo d'ora in avanti con l'acronimo ISO) che distingue fra aspetti percepibili (o espliciti) e non percepibili (o impliciti). La definizione ISO della qualità è la seguente: «La qualità è l'insieme delle proprietà e delle caratteristiche di un prodotto, che gli conferiscono l'attitudine a soddisfare bisogni espressi o impliciti». Tale definizione è molto generica, riferendosi ad ogni possibile prodotto o servizio e può essere considerata pertanto soltanto come il punto di partenza per necessari approfondimenti.

È utile innanzitutto precisare il significato dei termini «proprietà» e «caratteristiche». A nostro parere il termine «proprietà» dovrebbe essere usato per esprimere un concetto di funzione, di prestazione che l'oggetto – nel nostro caso il prodotto alimentare – esplica al momento dell'uso. La proprietà è una relazione fra l'oggetto e il soggetto che lo utilizza: è dunque un dato complesso e dipendente, al tempo stesso, dall'oggetto e dal soggetto. Il termine «caratteristica» esprime invece un dato strutturale proprio del prodotto, valutabile oggettivamente e strumentalmente. La distinzione è chiara: se diciamo, ad esempio, che un frutto ha il 10% di zuccheri stiamo parlando di una caratteristica, sulla quale non ci potranno essere grandi controversie; se diciamo che è dolce, stiamo invece parlando di una proprietà, sulla quale si potrebbero registrare opinioni assai diverse: «troppo dolce» o «molto dolce» o «abbastanza dolce» o «poco dolce» e così via. Questo esempio fa capire anche che c'è un'evidente relazione fra i due elementi e che le proprietà dipendono dalle caratteristiche.

La definizione della qualità viene condensata in inglese in un'espressione efficacissima: «*fitness for use*», cioè «adeguatezza all'uso». Come «adeguatezza all'uso» o «attitudine a soddisfare bisogni e attese dell'utente», la qualità si identifica con le proprietà, cioè con le prestazioni e non con le caratteristiche del prodotto. Per valutarla si dovrebbero pertanto misurare delle proprietà, non delle caratteristiche. Ma poiché misurare le relazioni fra oggetti e soggetti è molto più difficile che misurare le caratteristiche costitutive di un oggetto, si è finito per identificare la qualità di un prodotto con alcune caratteristiche analitiche, che sono misurabili e devono essere contenute entro intervalli opportuni (specifiche o standard di prodotto). Questa operazione di trasferimento delle indicazioni di qualità dalle proprietà alle caratteristiche non è innocua, ma anzi rischiosa e incerta, proprio per l'incerta corrispondenza fra caratteristiche e proprietà. Nella figura 2 abbiamo elencato alcune «proprietà» degli alimenti, sulla base delle quali si esprime il giudizio del consumatore.

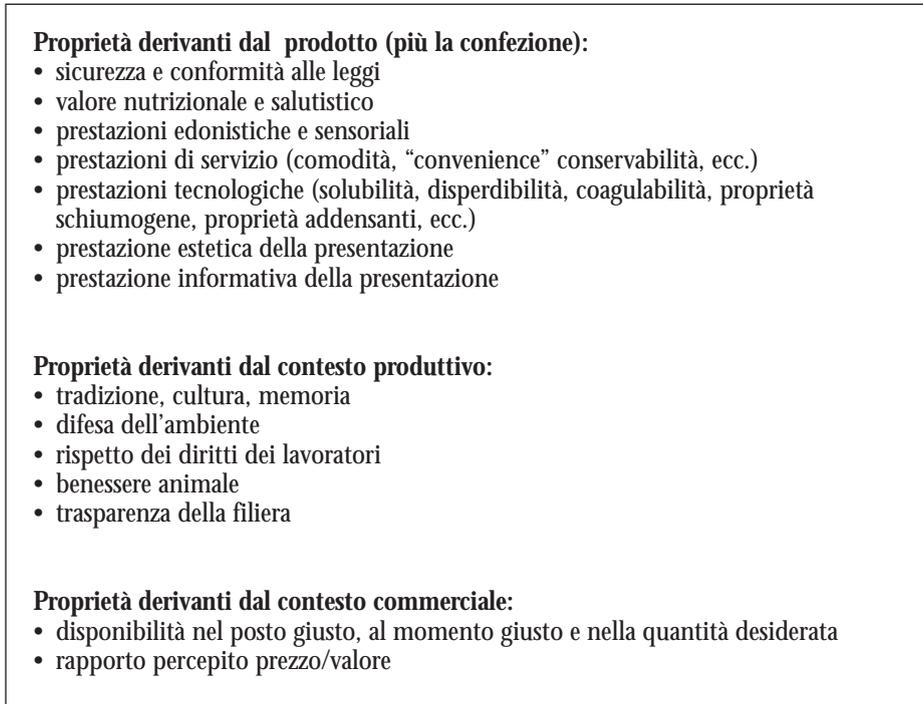


FIG. 2 - Le proprietà che identificano la qualità di un prodotto alimentare

Un ulteriore modello rappresenta nella figura 3 alcune delle indicazioni della figura 2, collocandole nella filiera dei comportamenti del consumatore in cui esse determinano: la preferenza e la scelta, poi l’acquisto, il consumo e, infine – indicatore critico di successo del prodotto e quindi di giudizio sulle proprietà percepite – la ripetizione dell’acquisto e del consumo.

Ciò che più colpisce in questa breve presentazione del tema della qualità è la sua complessità e questo intreccio fra qualità materiale, cioè legata ad elementi materiali del prodotto e ad effetti materiali sull’organismo umano, e qualità immateriale (o psicologica), legata a fattori culturali ed etici propri del contesto produttivo, di valori, atteggiamenti emotivi e psicologici dell’individuo. Il giudizio del consumatore non coinvolge soltanto le proprietà derivanti dalle caratteristiche del prodotto, ma anche quelle derivanti dalle caratteristiche del contesto produttivo e cioè il «chi», «come» e «dove» della produzione.

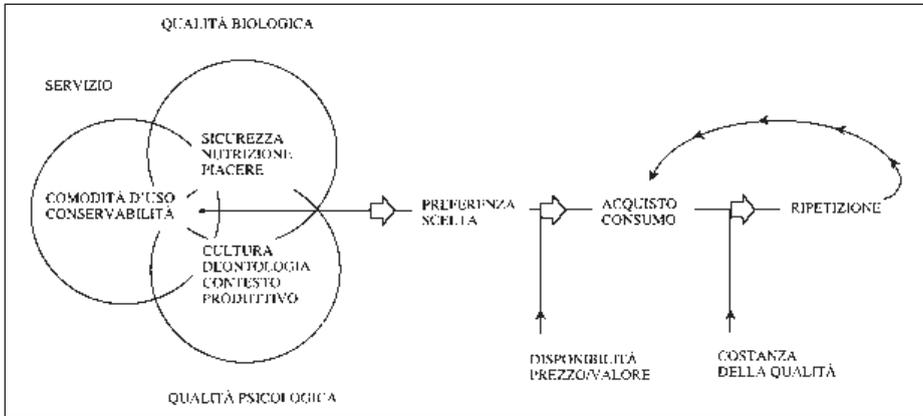


FIG. 3 - La qualità e la filiera dei comportamenti del consumatore

Questa complessità è inevitabile poiché, al momento del consumo, l'incontro fra prodotto e consumatore produce una integrazione della percezione sensoriale con tutto il resto che rappresenta, nel cervello del consumatore, sensibilità, valori, memorie. Il cervello è, per definizione, un potentissimo integratore; ne consegue che la percezione della qualità è una percezione integrata, personale, evocatrice di ricordi, altamente differenziata e segmentata nella popolazione. Questa nuova consapevolezza della complessa percezione della qualità da parte del consumatore determina una continua estensione dei confini della qualità offerta. Accanto alle proprietà materiali, che sono connesse alla funzione fisiologica del cibo, requisiti culturali ed etici sono entrati con pieno diritto e notevole impatto nel quadro della produzione e dell'offerta dei prodotti alimentari.

Dopo queste premesse siamo pronti ad analizzare la figura 4 nella quale proponiamo un modello complessivo della qualità. Il modello presenta una suddivisione del sistema in due sottosistemi: ciò che la qualità è (*what*) e come la si produce (*how*). Nell'uno e nell'altro sottosistema sono compresi molti elementi che interessano diverse discipline di studio. Il sottosistema dei *whats* è dominio delle discipline per mezzo delle quali si studiano le caratteristiche e le proprietà dei prodotti, i temi analitici, sensoriali, nutrizionali, psicologici, salutistici. Il sottosistema degli *hows* è invece dominio delle discipline tecniche ed economiche che studiano i processi, i sistemi produttivi e quelli commerciali.

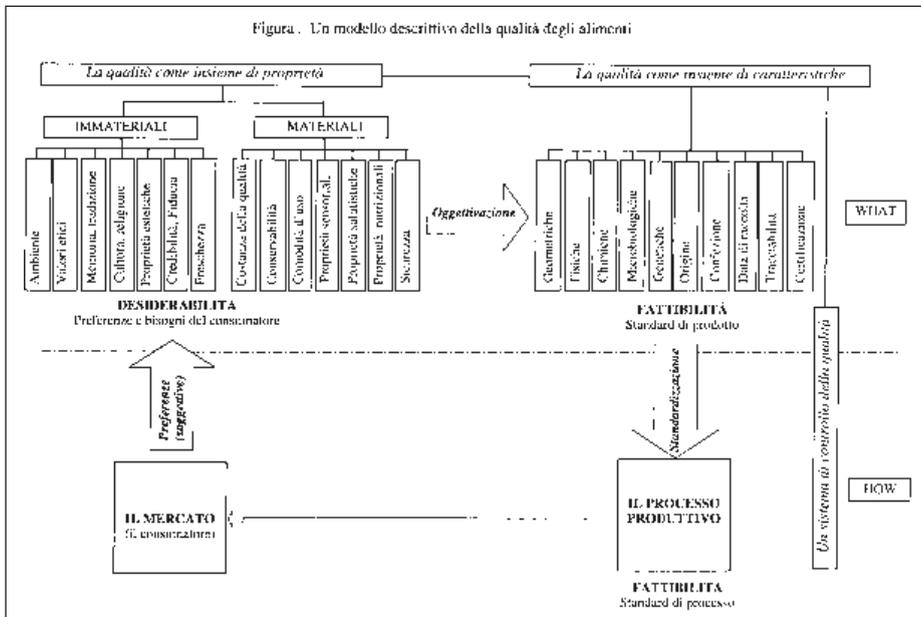


FIG. 4 - Un modello complessivo della qualità alimentare

Se analizziamo ulteriormente il sottosistema dei *whats* possiamo distinguere due ulteriori sotto-sottosistemi, uno dei quali rappresenta le caratteristiche del prodotto e l'altro le proprietà che ne derivano. Leggendo a ritroso lo schema della figura 4, dalle proprietà si passa alle caratteristiche, cioè ai dati che caratterizzano la composizione e la struttura del prodotto. È a questo punto che la qualità diventa un insieme di dati misurabili e quantificabili (oggettivazione della qualità). Infine, è necessario garantire una standardizzazione per soddisfare l'esigenza di costanza della qualità richiesta dal consumatore. Il consumatore infatti, una volta preferito e scelto un prodotto, lo vuole sempre uguale, mai al di fuori dei canoni preferiti. La standardizzazione del prodotto rappresenta l'obiettivo del controllo di processo.

Tutti i passaggi della filiera – dalle attese del consumatore alla definizione delle proprietà del prodotto; da queste alla definizione delle caratteristiche del prodotto; da queste infine agli standard delle materie prime e del processo – devono essere collegati coerentemente fra loro. Un metodo efficace per dare coerenza e sistematicità a questa analisi è quello noto agli esperti dei sistemi qualità come «*Quality Function Deployment*». È un

metodo che dovrebbe essere applicato nella progettazione di qualunque ricerca ed innovazione in campo alimentare, poiché solo l'analisi dei tre livelli in sequenza permette di comprendere: se le proprietà previste siano desiderabili per il consumatore; se esse siano inoltre esprimibili come caratteristiche misurabili; se le quali siano ottenibili con processi fattibili e controllabili.

Le conseguenze di questo modo di concepire la qualità sono molto concrete e dovrebbero essere tenute in considerazione sia da coloro che operano nel sistema produttivo, sia da coloro che si occupano di programmazione o di controllo o di ricerca. Accenneremo a quelle che ci sembrano più rilevanti.

a) *Individuare le proprietà desiderate dal consumatore e tradurle coerentemente in caratteristiche misurabili (coerenza dell'oggettivazione).* Ogni volta che si lavora alla definizione della qualità di un prodotto è necessario cominciare dalla definizione delle proprietà che il prodotto deve possedere per soddisfare i bisogni e le attese del consumatore. Con grande cura e sistematicità si devono prendere in considerazione le proprietà materiali e immateriali, quelle riferibili al prodotto e quelle riferibili al contesto e valutarne l'impatto in termini di importanza e priorità nel determinare le preferenze del consumatore. Occorre effettuare questa valutazione mettendosi in sintonia non soltanto con i bisogni del consumatore, ma anche con i suoi gusti e con i suoi sistemi di valore. Si deve poi passare alla definizione delle caratteristiche che rappresentano e interpretano al meglio le proprietà selezionate. Si deve infine compilare un quadro dei controlli analitici delle caratteristiche che dovranno consentire il controllo di processo.

Poiché c'è una generale tendenza a identificare la qualità con un certificato di analisi e ad appesantire inutilmente le verifiche analitiche su materie prime e prodotti finiti, non sarà inutile ricordare alcune semplici regole.

- La valutazione analitica e strumentale di una caratteristica è preferibile alla valutazione funzionale di una proprietà. La prima è infatti, di solito, più facilmente standardizzabile della seconda.
- Quando però una proprietà (ad esempio una proprietà nutrizionale o sensoriale) è collegata a molte caratteristiche del prodotto e non può essere rappresentata da un dato analitico semplice, è preferibile valutare la proprietà cercando di rendere l'analisi il più riproducibile e oggettiva possibile, con una adeguata standardizzazione delle condizioni di analisi e un sufficiente numero di repliche.
- Un dato analitico sintetico, che spiega da solo molte proprietà, è preferibile a molti dati analitici, ognuno dei quali spiega solo una frazione della

qualità. Lo stesso si deve dire di dati che possiamo considerare, anche se non direttamente rappresentativi della qualità, tuttavia «indicatori» di qualche aspetto della qualità.

- Un dato analitico che ha una relazione «lineare» con la proprietà e la funzione che rappresenta è più utile di un dato analitico che ha una relazione non lineare con la proprietà. Un'analisi semplice e rapida è preferibile a una complessa, una non distruttiva e attuabile *in line* è preferibile a una distruttiva e *off line*. Ovviamente, un'analisi poco costosa è preferibile ad una costosa. Anche queste banalità sono spesso contraddette nei comportamenti pratici.

b) *Dalle caratteristiche del prodotto alle condizioni del processo (coerenza della standardizzazione)*. Una volta definite le caratteristiche del prodotto e i «descrittori analitici» che ne rappresentano la qualità, il problema consiste nell'attivare un sistema di controllo del processo che consenta di ottenere un prodotto con le caratteristiche desiderate e di minimizzare ogni errore che determini deviazioni dagli standard prestabiliti (non conformità). La prevenzione degli errori attraverso il controllo di processo è, ovviamente, molto più affidabile ed efficace della verifica *a posteriori* della conformità del prodotto e molto meno costosa poiché la correzione di una condizione operativa è certamente meno costosa dello scarto o della distruzione di un prodotto non conforme. Ha avuto inizio così la straordinaria stagione dei sistemi di controllo di processo detti anche Sistemi Qualità di cui parleremo più avanti.

c) *Sistemi di garanzia della qualità*. Alla evoluzione dei concetti e dei metodi della qualità che abbiamo descritto corrisponde una parallela evoluzione dei metodi di garanzia della qualità. Infatti alcune delle proprietà richieste dal consumatore non possono essere rilevate con un'analisi del prodotto (non avrebbe alcun senso, ad esempio, cercare di verificare attraverso un'analisi del prodotto se l'azienda produttrice ha rispettato le norme sull'impiego della manodopera o le regole del benessere animale negli allevamenti). Anche le garanzie riferibili all'origine, alla tradizione e alla tecnica di produzione, pur dando luogo a differenze rilevabili con l'analisi del prodotto, non le determinano tuttavia in modo univoco. Tentare di utilizzare dati analitici per riconoscere e garantire tali requisiti si presta ad infinite incertezze e, talora, all'inganno del consumatore. Questi requisiti devono essere garantiti da procedure, ispezioni e documentazioni delle attività ed è ormai acquisito nella cultura del settore agro-alimentare che la garanzia della qualità desiderata dal consumatore deve essere fornita sia con prove analitiche che con

prove documentali. Ciò rende ovviamente più impegnativo e complesso il controllo di processo.

D'altro canto, la garanzia delle caratteristiche immateriali e di quelle del contesto è spesso, per il consumatore, addirittura più importante della garanzia delle caratteristiche del prodotto. Quando il consumatore acquista un prodotto «biologico», la motivazione fondamentale della sua preferenza e della sua scelta non è nelle caratteristiche o nelle proprietà del prodotto: potrebbe addirittura accontentarsi di una qualità mediocre. La motivazione fondamentale è invece la preferenza per un concetto, per un'idea o, se si vuole, per un valore che privilegia la naturalità e guarda con sospetto l'intervento della tecnologia. Purtroppo le tecniche dell'agricoltura biologica non lasciano alcuna traccia materiale identificabile con un'analisi del prodotto: ci si deve fidare sulla parola. Così pure un consumatore che decide di acquistare dell'olio di oliva extravergine dell'Umbria non ne fa prioritariamente un problema di dati analitici, ma di origine delle olive e questa non lascia alcun segno particolare nella composizione materiale dell'olio che ne attesti inequivocabilmente l'origine umbra.

L'intero sistema delle produzioni agroalimentari tipiche si confronta con questo dilemma: come garantire al consumatore la veridicità di dichiarazioni riguardanti la qualità «immateriale» (del contesto, delle tecniche, dell'origine, ecc.) che per definizione non può essere accertata con un'analisi del prodotto?

Tutti comprenderanno che il problema è grave e il rischio di frode è alto, tanto più quanto maggiore è la disponibilità del consumatore a pagare un prezzo più alto per una dichiarazione che nessuno potrebbe dimostrare *a posteriori* se vera o falsa.

D'altro canto, un inganno che venisse scoperto a proposito della qualità immateriale verrebbe percepito dal consumatore come un (grave) tradimento della sua buona fede e potrebbe produrre effetti di disaffezione non dissimili da quelli che si producono in conseguenza di un vero e proprio rischio per la salute. Sulla garanzia delle proprietà immateriali si gioca gran parte della credibilità del sistema produttivo e della fiducia del consumatore.

MODELLI DELLA SICUREZZA ALIMENTARE

Il tema della sicurezza alimentare è al centro dell'attenzione generale, in conseguenza di numerosi ed allarmanti casi di contaminazione (la mucca pazza, la

diossina nelle carni, ecc.) e della accesa discussione sui cibi transgenici. Ma la sicurezza alimentare è un'emergenza permanente ed una vera sfida.

Le materie prime sia di origine vegetale che animale possono essere veicolo di sostanze tossiche o antinutrizionali naturali, di residui di fertilizzanti e di antiparassitari, di farmaci e additivi dei mangimi come gli antibiotici, di contaminanti ambientali come i metalli pesanti, di tossine microbiche, particolarmente micotossine. Essi possono inoltre essere veicolo di microrganismi patogeni.

Nei trattamenti tecnologici si possono verificare degradazioni termiche ed ossidative che danno luogo a prodotti di degradazione potenzialmente tossici dai lipidi (monomeri ciclici e trans-isomeri degli acidi grassi) e dalle proteine (amine eterocicliche).

Il problema delle relazioni fra prodotti e materiali di imballaggio è molto complesso per la doppia complessità dei cibi e dei materiali, che sono costituiti ovviamente da polimeri inerti, ma anche da residui di monomeri, additivi e coadiuvanti.

Infine, gli alimenti raggiungono le aziende di ristorazione e le cucine domestiche e vi subiscono ulteriori conservazioni e trattamenti, che possono condurre a contaminazioni e alla formazione di composti di varia tossicità.

A questo quadro di grande complessità (molti fattori di rischio e molte occasioni di contaminazione) l'evoluzione attuale del sistema alimentare aggiunge tre ulteriori aggravanti.

- La crescente frequenza dei pasti fuori casa costituisce un rischio sia per le molte manipolazioni di cibi cotti, che sono particolarmente vulnerabili nei riguardi di qualunque tipo di contaminazione microbica, sia per l'effetto moltiplicatore del danno che consegue all'elevato numero di consumatori di un cibo eventualmente contaminato.
- La globalizzazione dei mercati delle materie prime e dei prodotti alimentari, ma soprattutto la globalizzazione delle diete alimentari, che consente di consumare a Milano un pasto tipicamente asiatico o africano o sudamericano, determina una straordinaria complicazione delle filiere alimentari e la difficile integrazione di norme di sicurezza e di sistemi di controllo in diversi Paesi. Un errore o un abuso che coinvolga la sicurezza dei cibi può trasmettere il rischio a migliaia di chilometri di distanza con evidenti difficoltà di individuazione e di contenimento.
- Infine, la generale tendenza all'applicazione di «*mild technologies*», «*minimally processed foods*», «*integrated hurdle technologies*», ecc., tutte sigle che significano in sostanza l'applicazione di tecnologie sempre meno drastiche,

rappresenta un ulteriore elemento di rischio. Si tratta di un'arma a doppio taglio poiché trattamenti più delicati significano, allo stesso tempo, cibi più gustosi, ma anche minore protezione da possibili contaminazioni ed inquinamenti.

In conseguenza di questi profondi mutamenti del contesto delle produzioni e dei consumi e, insieme, della consapevolezza dei consumatori, il modo di concepire i problemi della sicurezza alimentare è oggi molto diverso da quello che era appena due o tre decenni fa. In passato si può dire che la tutela della sicurezza alimentare fosse affidata principalmente alla vigilanza sulle aziende e ai controlli sui prodotti da parte dell'autorità igienico-sanitaria. Un sistema di ispezioni, di prelievo di campioni e di analisi era lo strumento con il quale l'autorità pubblica cercava di tenere sotto controllo la produzione alimentare e garantire la sicurezza.

Per quanto tale sistema sia necessario e utile anche come deterrente nei riguardi degli operatori incapaci o disonesti, esso non può in alcun modo garantire la sicurezza dei cibi. Il sistema della produzione e commercializzazione alimentare è infatti così complesso, diversificato e diffuso, il numero di prodotti così grande, che nessun controllo potrebbe costituire un serio strumento di garanzia della sicurezza alimentare. È per questo che ad esso se ne sostituisce ora uno molto più articolato e razionale che mette in atto quattro livelli di garanzia come risulta dal modello della «filiera del rischio» che è riportato nella figura 5 e dalla sua interpretazione in termini discorsivi e logici che è riportata nella figura 6.

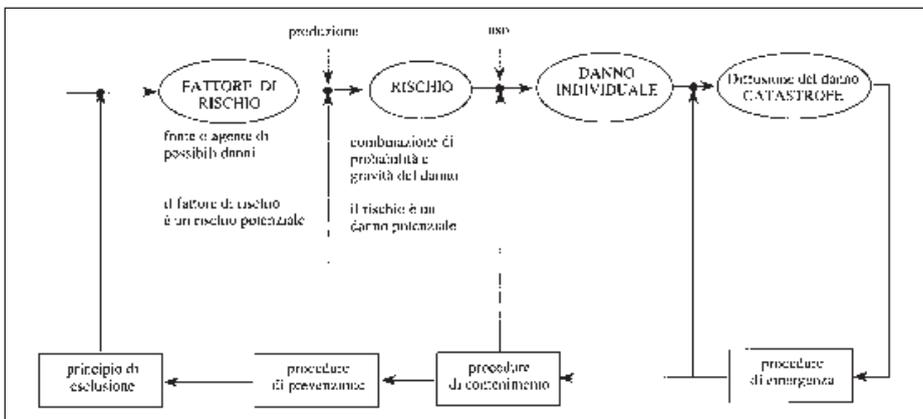


FIG. 5 - La filiera del rischio alimentare

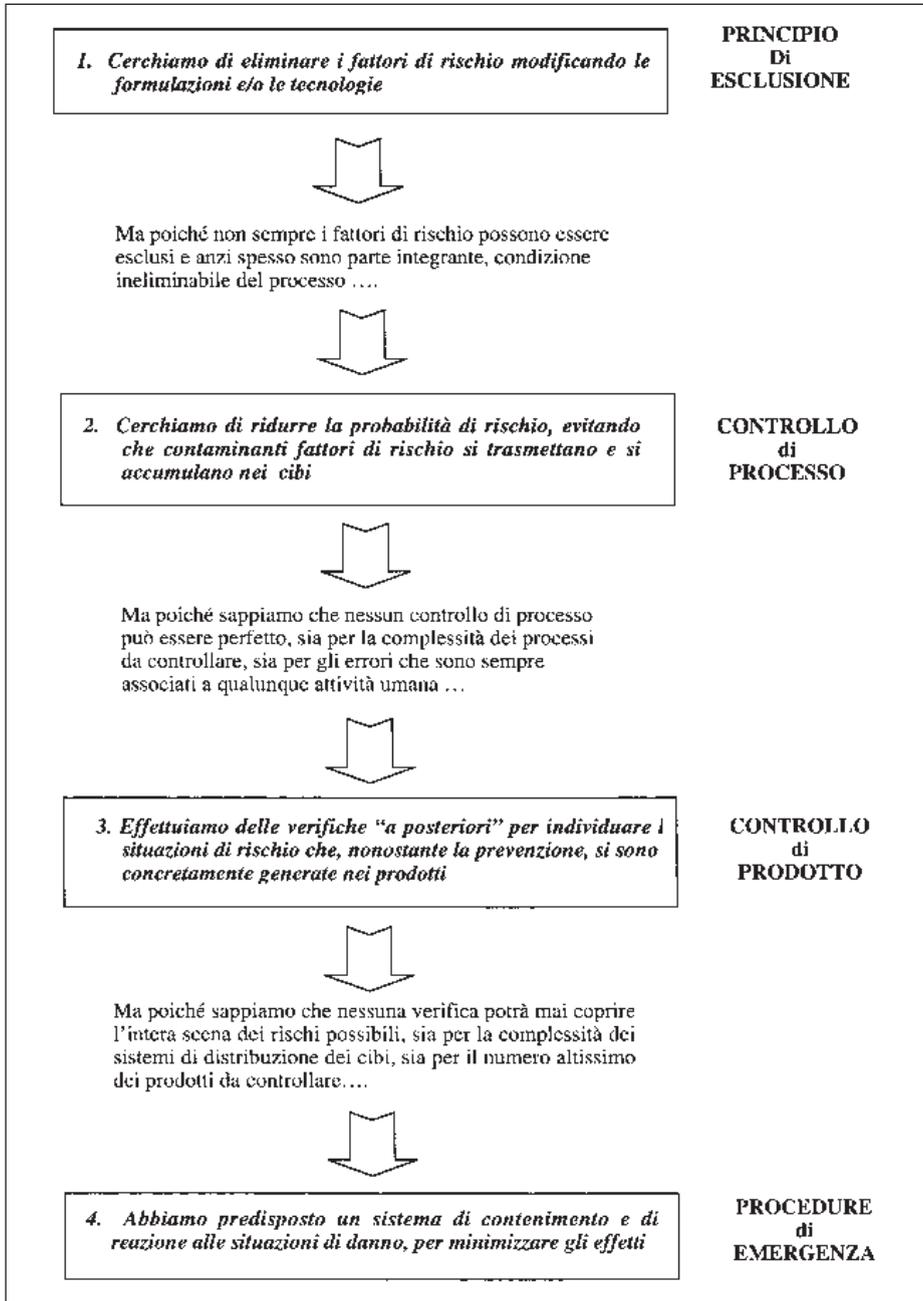


FIG. 6 - La logica del sistema di garanzia della sicurezza

Il primo livello è quello che possiamo identificare nel cosiddetto «principio di esclusione». In base a questo principio l'uso di sostanze o di tecnologie pericolose viene escluso modificando il prodotto o il processo. Un agricoltore, ad esempio, che decidesse di non utilizzare antiparassitari e di applicare le tecniche dell'agricoltura biologica, si comporterebbe di fatto in base al principio di esclusione: escludere l'uso di sostanze pericolose e quindi, di conseguenza, la possibilità che esse possano contaminare i cibi. Questo principio rappresenta la regola d'oro dei sistemi di gestione del rischio, che dice: «l'eliminazione delle possibilità di rischio è più sicura della prevenzione e questa è da preferire al contenimento».

Il secondo livello di garanzia è quello che possiamo identificare come «principio di prevenzione», in base al quale si applicano procedure che hanno lo scopo di ridurre la probabilità che un fattore di rischio (una sostanza tossica, un microrganismo patogeno, un inquinante ambientale, un frammento di vetro, ecc. ecc.) possa contaminare un prodotto alimentare.

Il metodo fondamentale della prevenzione è quello che il legislatore ha definito nel D. Lgs. 155/97 come sistema di autocontrollo. Questo sistema ha il suo riferimento nel sistema HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point), un sistema di gestione delle prescrizioni igieniche che permette di passare:

- dalla verifica alla prevenzione;
- dal controllo periodico del prodotto al controllo sistematico del processo;
- dai certificati analitici alla documentazione delle condizioni e delle procedure operative;
- dalla sicurezza concepita come assenza di contaminanti alla sicurezza intesa come assenza delle condizioni di contaminazione.

Il sistema HACCP propone una chiara ripartizione delle responsabilità fra l'autorità pubblica che vigila e l'azienda produttiva che gestisce e previene. Anche se l'applicazione pratica dell'HACCP lascia ancora a desiderare, questa norma ha fatto compiere alla sicurezza alimentare un grande passo in avanti, contribuendo alla diffusione di una nuova consapevolezza del rischio e di una nuova cultura della prevenzione.

La legge europea che ha istituito l'obbligo dell'autocontrollo ha escluso dal suo campo di applicazione la produzione primaria fino alla raccolta o alla macellazione. È evidente che si tratta di un'esclusione dettata da considerazioni contingenti di opportunità, ma che non ha molto senso. Se pensiamo ai problemi della mucca pazza, della diossina nelle carni, dei residui di pesticidi e di quant'altro è stato ultimamente al centro degli allarmi e delle preoccupazioni del consumatore, compreso il problema dei cibi transgenici, si vede

che tutti i maggiori problemi e rischi per la sicurezza si concentrano proprio nella produzione primaria. Per questo è prevedibile che l'HACCP diventerà presto un obbligo anche per le aziende agricole e zootecniche.

Il terzo livello di garanzia è quello tradizionale del contenimento del rischio attraverso il controllo dei prodotti, di cui abbiamo già indicato i limiti e che costituisce oggi una misura complementare a quella della prevenzione. Questa attività, che è demandata soprattutto agli organismi pubblici di controllo, dovrebbe essere svolta con grande discernimento, concentrandosi sulle situazioni a maggior rischio e non disperdendosi casualmente su tutto il sistema. Il controllo deve essere potenziato per fornire un monitoraggio della situazione e per individuare precocemente i focolai di rischio e i rischi emergenti sui quali indirizzare attività di prevenzione mirate.

È evidente che anche la migliore attuazione di questi tre livelli di garanzia – la *esclusione*, la *prevenzione* e il *contenimento* –, non può impedire che si manifestino, per negligenza o per errore o per frode, situazioni di rischio attuale e che il rischio provochi infine danni alla salute del consumatore.

A questo punto entra in funzione il quarto livello di garanzia, che è costituito dai sistemi di gestione delle emergenze. Tali sistemi hanno due obiettivi: quello immediato è di individuare la filiera produttiva che produce l'alimento a rischio e di isolarla, in modo che sia messa il più rapidamente possibile in condizioni di non nuocere. Il secondo scopo è di individuare e rimuovere la causa di contaminazione che determina il rischio riportando il sistema in condizioni di sicurezza.

È in tale contesto che sta emergendo un nuovo strumento di garanzia della sicurezza, quello della «rintracciabilità della filiera» che, se correttamente applicato, può costituire un formidabile aiuto non solo per la gestione delle emergenze, ma anche per la prevenzione del rischio e per la trasparenza delle filiere produttive, dunque per la rassicurazione del consumatore.

Con encomiabile priorità questo tema è stato per primo trattato e sviluppato proprio in un gruppo di lavoro dell'Accademia dei Georgofili di Firenze, fino a che l'ente di standardizzazione nazionale, l'UNI, ha prodotto una norma che definisce la rintracciabilità di filiera e le condizioni per una sua corretta attuazione nelle filiere agroalimentari (norma UNI 10939)

La rintracciabilità di filiera si può definire come «la identificazione delle aziende che hanno contribuito alla produzione e commercializzazione di una unità di prodotto materialmente e singolarmente identificabile».

Gli elementi essenziali di questa definizione sono due.

– In primo luogo la rintracciabilità di filiera ha lo scopo di identificare le azien-

de responsabili della produzione e commercializzazione del prodotto. Si tratta dunque, prioritariamente, di una «rintracciabilità delle responsabilità».

- In secondo luogo, la rintracciabilità di filiera si riferisce non genericamente alla produzione di una azienda o di una filiera, ma ad ogni «unità di prodotto materialmente e individualmente identificabile». In termini operativi ciò obbliga ad una gestione dei flussi materiali «per lotti» in modo da rendere possibile in ogni momento l'identificazione delle aziende che hanno contribuito alla produzione di un lotto di una materia prima o di un semilavorato o di un prodotto finito.

Tutto quanto abbiamo scritto finora rappresenta un'evoluzione molto innovativa dei sistemi della sicurezza alimentare in termini igienico-sanitari. Ma questo concetto di sicurezza non basta più: ci sono altri rischi connessi al sistema agroalimentare dei quali occorre ormai occuparsi con sempre maggior attenzione. Ciò implica che si dia al concetto di «sicurezza alimentare» una connotazione più ampia di quella connessa al solo rischio igienico-sanitario.

Come abbiamo fatto per la qualità, così dobbiamo allargare gli orizzonti tradizionali della sicurezza alimentare.

Oltre la sicurezza igienico-sanitaria

a) *I rischi della dieta.* Un rischio molto diffuso e ormai, nei Paesi industrializzati, persino più grave rispetto a quello igienico-sanitario è quello connesso agli errori e agli eccessi della dieta. Entra ormai nel quadro della sicurezza alimentare anche il tema della nutrizione e della dietetica, con un rilievo crescente: la dieta appropriata, gli adolescenti, gli anziani, l'obesità e le sue conseguenze, la bulimia e l'anoressia, i cibi che fanno bene (i cosiddetti «alimenti funzionali») e quelli che fanno male, le allergie alimentari, ecc. ecc.

b) *Non solo la sicurezza del consumatore.* Ci si domanda, con crescente preoccupazione, se sia giusto ottimizzare la produzione alimentare nell'ottica del consumatore – dunque in termini di costo, sicurezza igienico-sanitaria, proprietà nutrizionali e sensoriali – senza preoccuparsi dell'impatto della produzione alimentare sull'ambiente. La proposta dell'agricoltura sostenibile dice di no: non possiamo produrre quantità sempre maggiori di cose sempre più buone, nutrienti e sicure, ma trascurando le esigenze di tutela dell'ambiente e del paesaggio. Non possiamo fare della nostra pancia la misura di tutte le cose. E inoltre, ad esempio, possiamo preoccuparci di produrre della carne buona, nutriente, tenera e sana, ma trascurando i diritti elemen-

tari del benessere animale, cioè in pratica sottoponendo gli animali di allevamento a stress e sevizie che producono grandi e ingiustificate sofferenze? Possiamo preoccuparci della qualità e dell'igiene delle produzioni, ma violando le norme della sicurezza e della salute dei lavoratori o utilizzando contro la legge manodopera giovanile, e così via?

Si capisce benissimo che queste sono domande retoriche, alle quali si deve rispondere: «no, non si può». Ciò implica che si includa nel quadro della sicurezza non solo la sicurezza del consumatore, ma anche quella degli altri soggetti coinvolti nel processo produttivo, soprattutto i meno tutelati e i più vulnerabili, come l'ambiente e gli animali.

Guardiamoci bene dal pensare che queste osservazioni siano eccessivamente astratte o utopiche. Stiamo invece ragionando con i piedi ben piantati per terra di problemi che sono ormai diventati esigenze dei consumatori e del mercato. Non è senza significato che le aziende che sono più attente al problema dell'ambiente sono anche quelle che stanno facendo i maggiori profitti. Un sottosegretario all'Agricoltura degli Stati Uniti riassumeva recentemente questa nuova esigenza del mercato e questo nuovo modo di affrontare i problemi della produzione con lo slogan: «*no morality, no business*». D'altro canto l'Accademia dei Georgofili ha organizzato a Firenze nell'Ottobre del 2001 un Congresso Internazionale con il titolo molto significativo di *Food Quality, Food Safety, Food Ethics*.

Queste riflessioni, che si collegano a quelle analoghe fatte nel paragrafo sulla qualità, ci conducono a considerare quanto sia ormai inappropriata la definizione di «consumatore». Il Devoto-Oli così lo definisce: «utente di beni economici, specialmente quando inserito nella massa cui è destinata la produzione». È una definizione quasi umiliante se riferita alle persone che oggi acquistano e consumano cibo e che chiedono molto di più di quanto è necessario per soddisfare le proprie esigenze nutrizionali e sensoriali: la realtà ha sorpassato le nostre convenzioni e la gente è migliore di quanto pensiamo.

Considerando la complessità di questo quadro possiamo comprendere molto bene perché sia stato detto che un manager moderno è in realtà un «*multihazard manager*».

c) *Il rischio di danni intenzionali*. Continuando ad allargare l'orizzonte della sicurezza ci rendiamo conto che c'è un altro rischio che in particolari situazioni può diventare molto temibile: è quello associato ad intenzioni di danno, che comprende dal tradizionale furto al più temibile sabotaggio associato ad atti di terrorismo. Non è possibile e forse neanche opportuno dilungarsi su questo tema, assai preoccupante e delicato per la vulnerabilità del

sistema alimentare e per l'impatto devastante che un attentato alla sicurezza alimentare avrebbe sull'opinione pubblica.

d) «*Food security*». Gli inglesi esprimono il concetto di sicurezza alimentare con due termini: uno, «*food safety*» significa sicurezza nel senso igienico-sanitario di cui abbiamo ampiamente parlato. Ma hanno un secondo termine, «*food security*», per indicare la sicurezza di mangiare, cioè la garanzia di un cibo non soltanto sano, ma anche sufficiente.

Con circa 1/3 dell'umanità a rischio di fame, non sembra che la preoccupazione europea per la «*food safety*» sia poi un gran problema. E certo il concetto di sicurezza igienico-sanitaria per un Paese che gode della disponibilità di cibi vari e abbondanti è molto diverso da quello di un Paese che dispone soltanto di cibi monotoni e insufficienti.

Riassumendo, il concetto di sicurezza alimentare è oggi, nella nostra cultura e nelle nostre preoccupazioni, assai più ampio di quanto fosse in passato (vedi la figura 7).

IL DANNO NON INTENZIONALE		
Il rischio per il consumatore	Rischio fisico	<ul style="list-style-type: none"> – igienico-sanitario – errori ed eccessi della dieta
	Rischio economico	<ul style="list-style-type: none"> – dichiarazioni non veritiere o ingannevoli e frodi
Il rischio per il contesto locale	Rischio per l'ambiente	<ul style="list-style-type: none"> – contaminazioni ed inquinamenti – alterazioni della biosfera e perdita della biodiversità – alterazioni dal paesaggio
	Rischio per i lavoratori	<ul style="list-style-type: none"> – violazione delle norme di tutela della sicurezza e salute – sfruttamento (minori, donne, immigrati, ecc.)
	Rischio per gli animali da produzione	<ul style="list-style-type: none"> – violazione delle norme del benessere animale
Il rischio per il contesto globale	Rischio per le popolazioni dei Paesi sottosviluppati	<ul style="list-style-type: none"> – rischio fame (sopravvivenza) – rischio di competizione commerciale non equa
IL DANNO INTENZIONALE		
Il rischio del terrorismo (azioni criminose contro la persona)	Rischio fisico per il consumatore	<ul style="list-style-type: none"> – atti di sabotaggio del prodotto
	Rischio fisico per il sistema di produzione	<ul style="list-style-type: none"> – atti di sabotaggio ai danni delle strutture produttive
Il rischio di azioni criminose contro la proprietà	Rischio economico per il produttore	<ul style="list-style-type: none"> – violazioni del segreto industriale – furti

FIG. 7 - Una visione complessiva del rischio alimentare

Sicurezza igienico-sanitaria e diete appropriate innanzitutto, ma non solo: occorre alzare gli occhi dal piatto e preoccuparsi del contesto e dei corretti rapporti fra la produzione alimentare e l'ambiente, la biosfera, gli animali, i lavoratori. Occorre includere negli orizzonti della prevenzione il problema ambiguo e sfuggente dei sabotaggi e infine, forse, renderci conto che esiste nel mondo un enorme problema di «*food security*» che direttamente, come europei, ci riguarda e ci coinvolge.

Dobbiamo far maturare questa concezione sistemica della sicurezza alimentare nell'Università e nei centri di ricerca come nella consapevolezza degli amministratori e dei legislatori. L'evoluzione verso un tale modello allargato della sicurezza alimentare non è un proposito missionario, ma una previsione. Non stiamo dicendo che tutto ciò «dovrebbe accadere», ma che «accadrà».

SISTEMI DI GESTIONE PER LA QUALITÀ E PER LA SICUREZZA ALIMENTARE

Fin qui abbiamo illustrato l'evoluzione dei concetti della qualità e della sicurezza alimentare, rimandano ad un problema fondamentale, senza il quale nessuna promessa di qualità o di sicurezza può essere creduta e cioè che i sistemi produttivi siano in grado di garantire le proprietà di qualità e di sicurezza che dichiarano di offrire al consumatore. È necessario che tale garanzia sia credibile e dunque sia documentata e possa essere certificata da un osservatore imparziale e competente. Dalla necessità di soddisfare tali esigenze in un mercato sempre più vasto e nei confronti di un consumatore sempre più esigente ed attento, derivano i due sistemi che caratterizzano ormai il controllo del processo e la garanzia del prodotto in ogni azienda moderna: i Sistemi Qualità e i Sistemi di Certificazione.

L'applicazione volontaria di tali sistemi rappresenta la più profonda rivoluzione culturale che sia avvenuta negli ultimi decenni in ogni settore di attività e segnatamente nel settore agroalimentare. All'incirca contemporanea alla rivoluzione informatica, questa rivoluzione, che potremmo qualificare come metodologica, ha determinato un radicale cambiamento dei modi operativi e gestionali delle aziende. Non è più possibile parlare di qualità alimentare prescindendo da tali metodi e dalle procedure, anche formali, che essi suggeriscono o impongono.

Sistemi Qualità

Prima di addentrarci nella presentazione dei modelli e dei metodi dei Sistemi Qualità è necessario richiamare alcuni concetti ed inquadrare il problema di cui ci occupiamo con la appropriata terminologia e nell'appropriato contesto culturale.

Il primo concetto è quello di *sistema*. Le organizzazioni sono concepite come sistemi e le varie funzioni in esse operanti, compresa la funzione gestione, come sottosistemi. Occorre ben comprendere che il contesto culturale in cui si colloca il problema della gestione è quello del pensiero sistemico (*system thinking*). Intanto ci può essere utile ricordare la definizione di sistema: «sistema è una pluralità di elementi materiali o astratti coordinati fra loro secondo una gerarchia di livelli in modo da formare un complesso organico soggetto a date regole e finalizzato a un determinato scopo». Appare evidente che la prima regola da applicare quando si devono trattare o gestire problemi complessi è di riconoscere in essi dei sistemi, individuandone gli scopi, le gerarchie, i livelli e le regole.

Il secondo concetto consiste nel comprendere che i sistemi dei quali ci occupiamo in questo testo sono *sistemi di attività umane* intrinsecamente complessi perché comprendenti elementi sia materiali che immateriali e, soprattutto, l'imponderabile della libertà, del pensiero e dei sentimenti degli uomini.

Il terzo concetto è che un sistema di attività svolge un *processo* ed un processo produce una *trasformazione* di input in output o una transizione da uno stato ad un altro. Dunque gestire un sistema di attività significa in realtà gestire un processo di trasformazione.

Il quarto concetto è che i Sistemi Qualità sono in realtà *sistemi di controllo*. Un sistema di controllo è un sottosistema del sistema di attività che costituisce un'organizzazione, ma un sottosistema molto speciale e particolarmente importante perché esercita una funzione di guida su tutta l'organizzazione.

Questo concetto è molto facile da spiegare, poiché noi stessi, come esseri viventi altamente evoluti ed organizzati, abbiamo un sottosistema fondamentale, il cervello, che esercita il controllo su tutto l'organismo e le sue funzioni. Con molta verosimiglianza possiamo dire che il sistema di controllo è come il cervello dell'organizzazione, la sua parte intelligente, la sede dei suoi pensieri, valori, sentimenti, attese, progetti, memoria, insomma la sede della sua anima.

Il quinto concetto che dobbiamo sottolineare con molta decisione è che l'espressione «*sistema di gestione*» è da considerare come perfettamente equi-

valente a quella di «sistema di controllo» in base alla ovvia considerazione che gestire significa in realtà «guidare e tenere sotto controllo».

Il sesto ed ultimo concetto è che per noi e per chiunque si occupi di controllo di processi fisici o biologici, materiali o mentali, sistema di controllo significa in realtà «*sistema di controllo a retroazione (feedback)*», secondo un modello che è stato applicato nell'ultimo cinquantennio nelle scienze più diverse, dall'ingegneria alla biologia, dalla psicologia all'economia fino a diventare il modello concettuale più produttivo non solo negli ambiti della scienza e della tecnica, ma anche nella politica e nei campi della speculazione filosofica ed epistemologica.

I Sistemi Qualità sono dei «*sistemi di gestione*» oppure, che è lo stesso, dei «*sistemi di controllo*» che sono organizzati conformemente al classico schema del «*controllo a retroazione*» che Deming ha espresso sinteticamente con il celebre acronimo: PDCA (Plan, Do, Check, Act).

La figura 8 rappresenta il nostro modello di un sistema di controllo a retroazione, applicabile alla gestione di un processo. Questo modello non è descrittivo, ma normativo; esso cioè non dice come si fanno le cose, ma come si dovrebbero fare. Per questo nelle spiegazioni che seguono il verbo all'infinito è preceduto da tempi all'indicativo del verbo «dovere»: deve, devono, dovrà, ecc.

Programmare. Prima di avviare un sistema di attività, l'organizzazione deve definire i due elementi costitutivi del sistema e cioè gli obiettivi del processo e i metodi per conseguirli (il programma operativo con gli strumenti, le risorse, le procedure). La programmazione è la prima fase del sistema di gestione e comprende sia la programmazione delle attività che quella dei controlli. Per fare questo è necessaria una approfondita conoscenza del processo, in modo da assicurare:

- *la coerenza* fra obiettivi e metodi. I metodi devono essere scelti in modo da garantire il conseguimento degli obiettivi e i controlli devono essere scelti in modo da garantire la verifica del conseguimento degli obiettivi e del rispetto dei metodi;
- *la fattibilità*: gli obiettivi devono essere conseguibili (fattibilità del processo) e controllabili (fattibilità del controllo);
- *la compatibilità*: il processo ed i controlli devono essere *economicamente compatibili* con il budget dell'organizzazione e *culturalmente compatibili* con la qualificazione degli addetti.

Operare. L'organizzazione deve attuare il processo ed i controlli relativi seguendo le modalità prefissate dal programma operativo.

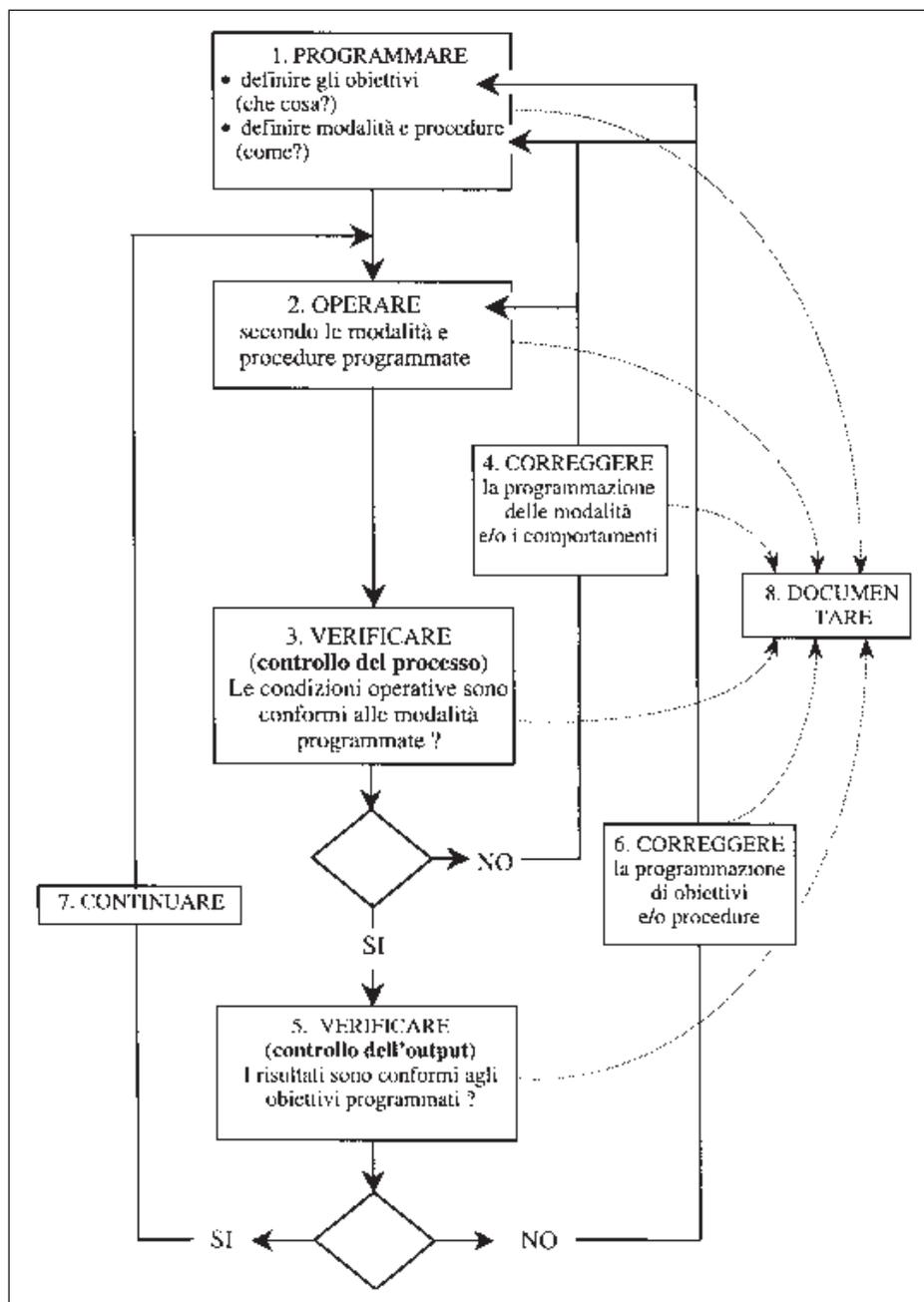


FIG. 8 - Modello di un sistema a retroazione per il controllo di un sistema di attività

Verificare (controllo del processo). Il primo livello di verifica consiste nel controllo di processo. Le operazioni si devono svolgere secondo le modalità programmate e mantenendo le condizioni operative negli intervalli di conformità prestabiliti. Queste verifiche e i successivi interventi di correzione rappresentano una forma di controllo diffuso in tutto il processo («*in line*») la cui responsabilità è delegata in generale agli operatori che sono incaricati di svolgere le varie attività. È a questo livello che si attua il «*principio di prevenzione*» e che il sistema di controllo diventa cultura dell'organizzazione.

Correggere (controllo del processo). Se le procedure e le condizioni operative non sono conformi a quanto programmato occorre intervenire correggendo le modalità operative e/o le modalità programmate in modo che i comportamenti siano conformi al programma. È questo il primo circuito di retroazione, il più interno al sistema, il più complesso e dettagliato.

Verificare (controllo dell'output). Il secondo livello di verifica consiste nel controllo dei risultati: l'output del processo deve essere sottoposto a verifica di conformità rispetto agli obiettivi prefissati. Nel caso delle attività manifatturiere, il risultato del processo è un prodotto e il secondo livello di verifica consiste pertanto nel verificare la conformità del prodotto agli standard prefissati.

Correggere (controllo dell'output). Se, pur avendo condotto il processo secondo le procedure e nelle condizioni previste, l'output non è conforme agli standard prefissati, allora vuol dire che la programmazione è sbagliata. O gli obiettivi sono troppo ambiziosi o le modalità sono inadeguate o abbiamo commesso l'uno e l'altro errore. Occorre dunque intervenire sulla programmazione. Con questa fase si chiude il secondo circuito di retroazione.

Continuare. Questo verbo indica il corretto funzionamento del sistema a regime.

Documentare. Tutto ciò che si fa – la progettazione, le verifiche, gli interventi correttivi – deve essere documentato. La documentazione svolge tre ruoli essenziali:

- fissa le regole del sistema, favorendo così comportamenti coerenti anche nell'eventuale cambiamento di ruoli e di persone;
- memorizza i fatti, i risultati e gli eventi permettendo di verificare i miglioramenti o i peggioramenti del sistema nel tempo e suggerendo quindi le modifiche necessarie;
- rappresenta lo strumento di comunicazione e di trasparenza fra il sistema e i suoi interlocutori esterni: istituzioni, fornitori, clienti, utenti dei suoi servizi o dei suoi prodotti, ecc.

Il modello della figura 8 rappresenta la sostanza di qualunque possibile sistema di controllo applicato a sistemi di attività umane. Esso ha una serie di caratteristiche e di proprietà che lo rendono, allo stato attuale delle conoscenze, praticamente insostituibile.

È semplice ed essenziale. La prima caratteristica di questo modello è la sua stringente necessità e semplicità concettuale. Un sistema di gestione di qualunque sistema operativo è costituito inevitabilmente dalle attività indicate negli 8 punti della figura 8. Nessuno degli otto punti è superfluo e tutti sono necessari; nulla di significativo si può aggiungere e nulla si può togliere a questo schema per migliorarne l'efficacia o la coerenza.

È coerente. Non tollera difformità fra ciò che si dice di voler fare e ciò che si fa. La sua capacità di individuare gli errori e di correggerli prontamente è il vero segreto e la molla per un continuo miglioramento delle prestazioni.

È adimensionale. La terza fondamentale caratteristica di questo modello è di essere adimensionale (indipendente dalle dimensioni, dalla natura e dalla complessità del sistema controllato). Ciò significa in pratica che esso può essere applicato per gestire un'attività molto semplice ed esecutiva oppure un'importante organizzazione, dalla bottega di un artigiano alla grande multinazionale, dall'ufficio di periferia ad un Ministero nazionale. Questa caratteristica ha un grande valore poiché rende il metodo di controllo comprensibile e condivisibile, nella sua essenza, dal dirigente più importante fino all'ultimo operaio, dunque parte comune ed essenziale della cultura dell'organizzazione.

È etico. Il modello rappresentato nella figura 8 contiene due elementi assai rilevanti in termini etici.

- Il primo consiste nel fatto che questo sistema rappresenta uno strumento di efficacia. La sua finalità consiste nel garantire di ottenere dal processo ciò che è stato dichiarato e promesso al fruitore dell'output. In ciò consiste precisamente il «*principio di responsabilità*», nel non accontentarsi di fare o di fare bene o di fare il meglio possibile, ma nel fare ciò di cui c'è bisogno per conseguire il risultato voluto. Responsabilità significa farsi carico degli effetti e del risultato: questo è il principio dell'etica.
- Il secondo deriva dal fatto che il sistema è, grazie alla documentazione, trasparente, dunque strumento di verifica, ma anche di dialogo e di fiducia nei rapporti tra produttori e fruitori.

La certificazione di conformità dei sistemi e dei prodotti

La moltiplicazione dei rapporti commerciali nello scenario internazionale e la diffusione dei sistemi qualità come sistemi di gestione e di controllo dei processi ha reso necessaria la loro standardizzazione e certificazione. Con la certificazione del Sistema Qualità un'azienda ottiene una specie di diploma di idoneità che attesta, a uso e beneficio dei suoi clienti, la sua capacità a produrre in maniera affidabile, tenendo sotto controllo gli elementi critici del processo produttivo. Il riferimento alla norma ISO 9001 rende un tale sistema riconoscibile in qualunque parte del mondo.

La norma UNI CEI EN 45020 definisce la certificazione dei sistemi qualità come «l'atto mediante il quale una terza parte indipendente dichiara che, con ragionevole attendibilità, un sistema qualità di una data organizzazione è conforme alla norma ISO 9001:2000». La terza parte indipendente è detta «organismo di certificazione». Più in generale, la certificazione volontaria rappresenta sempre la attestazione della conformità di un sistema, di un servizio o di un prodotto ad una norma. Nella certificazione di prodotto l'organismo di certificazione attesta la conformità del prodotto a una norma riguardante le caratteristiche del prodotto.

Nel settore agroalimentare l'applicazione più importante e diffusa di questa procedura riguarda la certificazione dei prodotti a Denominazione di Origine Protetta (DOP), a Indicazione Geografica Protetta (IGP) o a Denominazione di Origine Controllata (DOC) oppure i prodotti ottenuti con il metodo dell'Agricoltura Biologica. In questi casi i riferimenti normativi fondamentali sono i cosiddetti «*Disciplinari di Produzione*», nei quali vengono definite sia le caratteristiche dei prodotti che le condizioni da rispettare nei processi produttivi. Esistono anche versioni unificate e linee guida per la certificazione della conformità alla legge sull'autocontrollo dell'igiene dei prodotti alimentari (HACCP), come esistono norme per la gestione delle prescrizioni della legislazione sulla sicurezza dei lavoratori (British Standard 8800), oppure per la gestione delle prescrizioni della legislazione ambientale (norma ISO 14001). Dall'anno 2001 è divenuto possibile ammettere alla procedura di certificazione anche la rintracciabilità di filiera: in questo caso la norma di riferimento è la norma UNI 10939 («Sistema di rintracciabilità nelle filiere agroalimentari»)

Come le aziende per ottenere la certificazione dei propri sistemi di gestione o dei propri prodotti devono operare conformemente ad una norma, così gli organismi di certificazione, per ottenere l'autorizzazione a certificare

(«accreditamento») devono operare conformemente ad una norma che, nel caso della certificazione di sistema, è la UNI CEI EN 45012 (criteri generali per gli organismi di certificazione dei sistemi qualità), mentre nel caso della certificazione di prodotto è la norma UNI CEI EN 45011 (criteri generali per gli organismi di certificazione dei prodotti).

Le norme della serie 45000 definiscono le condizioni strutturali e funzionali che devono essere soddisfatte dagli organismi di certificazione. Innanzitutto l'imparzialità: l'organismo di certificazione deve essere «terzo» fra l'azienda certificata e i propri clienti e non deve avere relazioni di interesse, di collaborazione o di consulenza con le aziende certificate. Inoltre deve essere garantito un esercizio equilibrato e ragionevole dell'attività di certificazione. Ciò implica un'esigenza di rappresentatività di tutte le parti in causa, con un organo direttivo in cui sono rappresentate le aziende, i clienti, i produttori, i consumatori, le amministrazioni pubbliche, ecc. Infine, un organismo di certificazione deve dimostrare la propria competenza non solo in materia di certificazione e di norme, ma anche di processi nel settore produttivo oggetto della certificazione. Soltanto un organismo competente può infatti attestare l'efficacia del sistema e garantire adeguatamente gli utenti del prodotto o del servizio certificato.

Un'applicazione particolare della certificazione è quella relativa a prove, controlli e analisi. In questo caso la certificazione è effettuata da un laboratorio e attesta la conformità dell'esecuzione dell'analisi ad una procedura analitica ufficiale e codificata. Per essere accreditato alla certificazione delle analisi, il laboratorio deve operare conformemente alla norma UNI CEI EN 45001 («criteri generali per il funzionamento dei laboratori di prova»).

Nella realtà il sistema delle certificazioni è ancor più complesso poiché la certificazione è applicata anche al personale che opera nel sistema con compiti ispettivi, come pure ad organismi che esercitano la sola attività ispettiva e anche alla pubblica amministrazione per il rilascio delle varie attestazioni di conformità. La figura 9 offre un quadro sintetico delle norme più importanti applicabili al sistema delle certificazioni.

Esaminiamo ora, al di là delle procedure e dei formalismi, quali sono gli elementi concettualmente più significativi di un sistema di certificazione di sistema o di prodotto. La figura 10 rappresenta una visione d'insieme del sistema e dei suoi attori principali.

Il sistema opera, come si è detto, su tre livelli: il primo livello è quello delle aziende, in cui vengono effettuati i controlli dei processi in conformità ad una norma pertinente. Il secondo è quello della certificazione, al quale compete

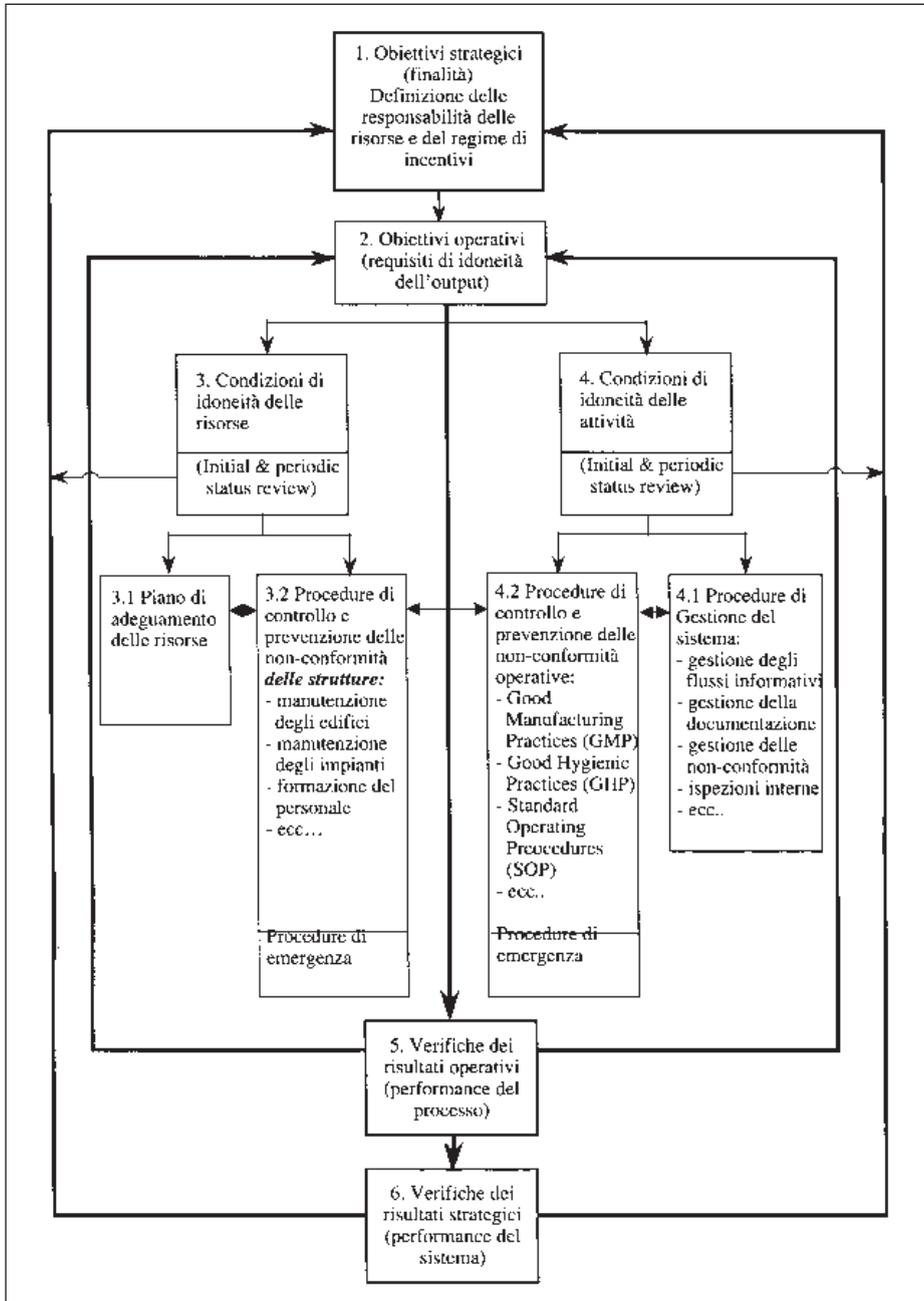


FIG. 9 - Le norme internazionali della certificazione

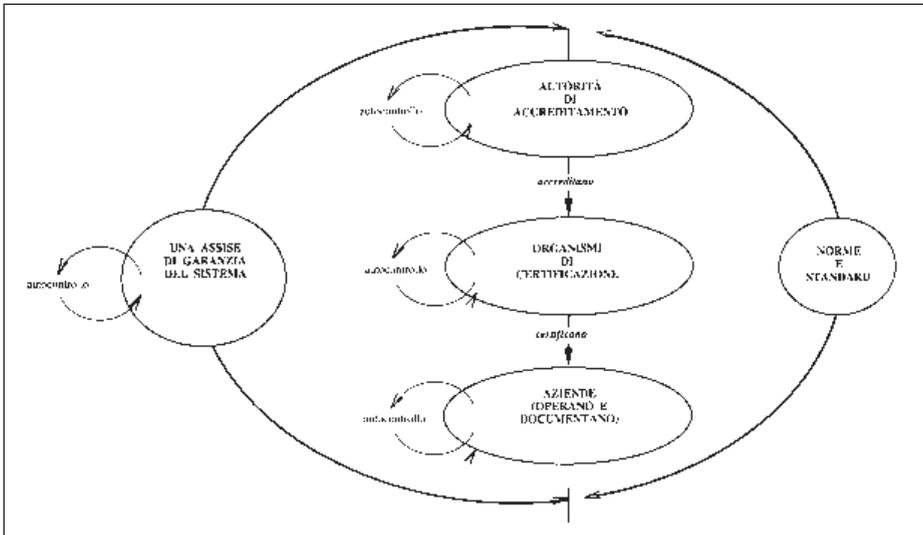


FIG. 10 - Schema concettuale di un sistema di certificazione

il ruolo di vigilare sui sistemi di controllo aziendali e di garantire che siano non solo conformi alla norma, ma anche accurati ed efficaci. Il terzo livello è quello dell'accreditamento al quale compete il ruolo di vigilare sugli organismi di certificazione, garantendone l'obiettività, la competenza e la trasparenza. Questo sistema risponde ad una serie di requisiti essenziali:

- *È ricorsivo* in quanto si sviluppa con una logica che riproduce su scala sempre più ampia lo stesso concetto di controllo. L'azienda controlla il processo, l'organismo di certificazione controlla il sistema di controllo aziendale, dunque effettua il controllo di un controllo; l'organismo di accreditamento controlla quello di certificazione, dunque effettua il controllo di un controllo di un controllo. Non si tratta di un inutile gioco di parole, ma del primo principio su cui si basa un sistema di garanzia e cioè che «i sistemi di controllo devono essere controllati».
- *È dialettico* poiché opera secondo un principio di rigorosa separazione dei ruoli. Chi certifica non può coincidere con chi è certificato e chi accredita non può coincidere né con chi certifica né con chi è certificato. Occorre mantenere fra questi ruoli una netta separazione e una sana dialettica. Un grave pericolo, che può minare alla base la credibilità di tutto il sistema, è la commistione del ruolo di certificazione con quello di consulenza e assistenza alle imprese.

- *È standardizzato.* Un principio essenziale per il corretto funzionamento del sistema è quello che la figura 10 propone con il riferimento a «norme e standard». La standardizzazione dei metodi e delle procedure, già illustrata nella figura 9, è un elemento essenziale di tutela dei vari interessi in gioco. Soltanto il riferimento a norme standardizzate, accettate in tutti i Paesi, rende la certificazione utile nelle attività commerciali in mercati sempre più ampi.
- *È autocontrollato.* Sia le aziende che gli organismi di controllo e quelli di accreditamento devono applicare sistemi di autocontrollo. In pratica ciascun soggetto che controlla qualche cosa deve, prima di tutto, controllare sé stesso poiché ciascuno degli attori del sistema deve essere considerato come responsabile di un processo che ha come fine l'ottenimento di un prodotto. Per le aziende si tratta di produrre al meglio beni o servizi. Per gli organismi di certificazione si tratta di operare al meglio per produrre certificati di conformità. Per gli organismi di accreditamento si tratta di operare al meglio per produrre certificati di accreditamento. Per ognuno di questi attori vale la regola di operare secondo un sistema qualità debitamente documentato. Ognuno di questi soggetti deve, in sostanza, gestire il processo di propria pertinenza conformemente alla norma ISO 9001:2000.
- *Opera secondo un principio di democrazia.* In base a tale principio il sistema non può essere strutturato con una logica lineare, come una sequenza di responsabilità e di autorità, dalla più alta, quella dell'organismo di accreditamento, alla più bassa, quella delle aziende certificate. Il sistema deve essere circolare e anche l'autorità accreditante deve essere sottoposta a controllo. Per questo è necessario che ci sia un'assise di garanzia, in cui siano rappresentate tutte le parti in causa e particolarmente le aziende, che sono, al tempo stesso, l'elemento operativo più importante (sono esse che producono beni o servizi) e l'elemento gerarchicamente più debole (sono esse che subiscono i controlli). In tal modo, attraverso una opportuna assise di garanzia, coloro che sono oggetto della certificazione hanno la possibilità di vigilare sulla correttezza di chi li certifica. Questa assise è generalmente rappresentata da un Ministero Nazionale (in Italia il Ministero delle Attività Economiche) e da suoi organi di controllo.

Sistemi integrati di gestione

Con il passare del tempo e con l'applicazione sempre più diffusa delle norme ISO, i Sistemi Qualità si stanno dimostrando strumenti di gestione effi-

caci e flessibili per conseguire i più vari obiettivi aziendali. Da strumenti di garanzia degli impegni contrattuali assunti dalle aziende nei confronti dei clienti, sono diventati prima strumenti di management per l'ottimizzazione e il miglioramento continuo dei processi, poi strumenti di gestione delle prescrizioni imposte alle aziende dalla legislazione sulla sicurezza dei lavoratori, sulla tutela dell'ambiente, sull'igiene, ecc. Per il settore alimentare i sistemi qualità sono il riferimento obbligato per l'applicazione dei disciplinari delle produzioni a DOP (Denominazione di Origine Protetta) o dell'agricoltura integrata o dell'agricoltura biologica e così via.

Ciò rende sempre più necessario giungere ad una integrazione dei sistemi di gestione in modo tale da garantire il miglior coordinamento delle attività, dei controlli e delle iniziative di innovazione, tenendo conto simultaneamente dei vari obiettivi e vincoli che sono imposti alle aziende dalle leggi e dalle scelte del management. La ISO ha intuito questa esigenza e sembra demandare alla norma 9004/2000 il compito di fare da norma generale di gestione, dove dice, ad esempio: «la presente norma non include requisiti specifici di altri sistemi di gestione, come quelli particolari per la gestione ambientale, per la gestione per la salute e sicurezza nei luoghi di lavoro, per la gestione finanziaria o per la gestione dei rischi. Essa offre tuttavia la possibilità, ad un'organizzazione, di allineare o integrare i requisiti del proprio sistema di gestione per la qualità con quelli attinenti ad altri sistemi di gestione correlati» (Art 0.4, ISO 9004/2000). Non sembra tuttavia che si possa intendere questa indicazione come una vera e propria richiesta di unificazione delle norme, ma piuttosto come un invito al coordinamento tra «sistemi di gestione correlati», che la ISO continua a differenziare a seconda che si riferiscano alla qualità (ISO 9001) o all'ambiente (ISO 14001) o alla sicurezza dei lavoratori (BS 8800) e così via.

C'è dunque l'esigenza di una messa a punto, almeno sul piano concettuale se non su quello normativo, di schemi e modelli di sistemi di gestione indipendenti dagli obiettivi perseguiti, strumento di gestione unitaria sia delle attività che delle relative documentazioni.

Nella figura 11 è rappresentato un modello generale di sistema di gestione allo stesso tempo compatibile con le norme ISO e applicabile a qualunque sistema di attività e a qualunque finalizzazione di tale sistema.

Considerando lo schema della figura 11 si può notare che la struttura fondamentale del sistema di gestione comprende tre parti che corrispondono a tre circuiti di feedback:

- la prima parte comprende il circuito più esterno, quello che va dalla definizione degli obiettivi strategici alla verifica della performance del siste-

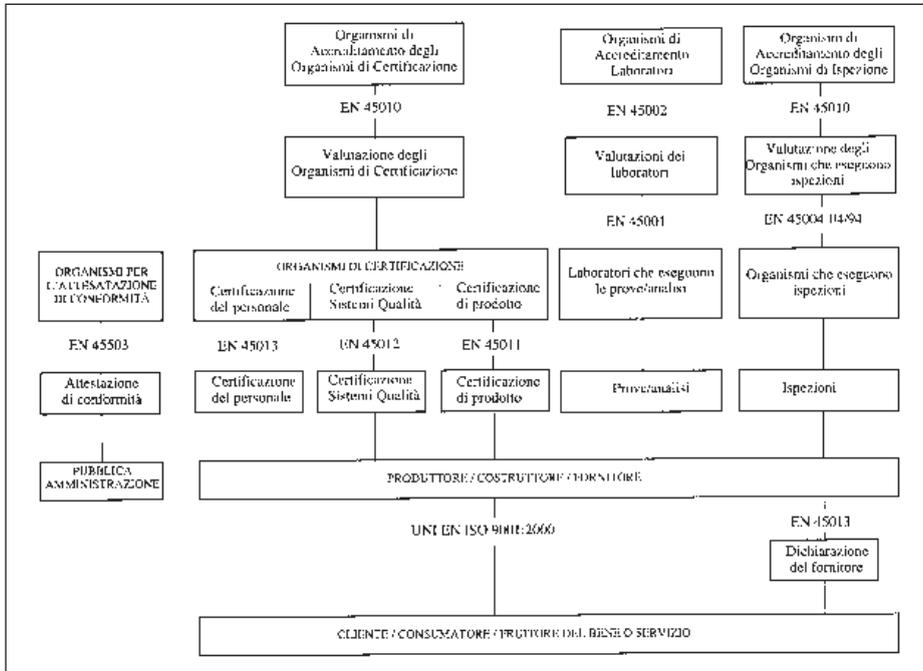


FIG. 11 - Un modello di Sistema Integrato di gestione

ma e da questa, circolarmente, di nuovo alla definizione degli obiettivi strategici;

- la seconda parte è quella che comprende il circuito che va dalla definizione degli obiettivi operativi alla verifica della conformità dei risultati del processo;
- la terza, infine comprende il circuito più interno: quello che va dalla definizione delle procedure alla verifica della conformità delle condizioni operative.

Tra queste tre parti ci deve essere coerenza, nel senso che gli obiettivi strategici devono determinare gli obiettivi operativi e questi le procedure operative. Oppure, rovesciando i termini del discorso: le procedure operative devono essere definite in modo da consentire il conseguimento degli obiettivi operativi e questi devono essere scelti in modo da consentire il conseguimento degli obiettivi strategici.

Oltre a questi fondamentali elementi strutturanti, il modello della figura 11 soddisfa altre esigenze.

- Una chiara distinzione fra gestione delle risorse e gestione delle attività che possono essere considerate rispettivamente come le strutture e le procedure, l'hardware e il software del processo.
- Una chiara distinzione delle procedure tra quelle che servono a garantire la conformità delle risorse, quelle che garantiscono invece la conformità delle attività e, infine, quelle che garantiscono la conformità del sistema di controllo.
- Infine, il modello della figura 11 suggerisce altri elementi assai interessanti per una efficace gestione del sistema, ad esempio: a) la necessità di prevedere procedure di gestione delle emergenze sia che esse riguardino l'idoneità delle strutture o la conformità delle procedure; b) la differenza fra un'analisi iniziale, in conseguenza della quale viene strutturato il sistema di gestione e l'analisi periodica in cui si valuta sia l'efficacia del sistema di attività sia quella del sistema di controllo che lo guida; c) l'accenno ad un «regime degli incentivi» per mezzo del quale gli operatori del sistema, a qualunque livello di responsabilità essi operino, sono motivati al conseguimento degli obiettivi e al rispetto delle norme adottate.

Lo sviluppo di questo modello generale e la messa a punto di strumenti e metodi per pervenire alla definizione dei contenuti, dagli obiettivi alle procedure, è uno degli impegni attualmente più interessanti e innovativi per la ulteriore diffusione dei Sistemi Qualità.

CONCLUSIONI

Il problema della fiducia

Se vogliamo comprendere il futuro del sistema alimentare dobbiamo partire dal problema della fiducia, cioè dal rapporto che si stabilisce fra la percezione che il consumatore ha della qualità e della sicurezza del cibo ed i comportamenti del sistema produttivo.

Nella situazione che stiamo vivendo, appena usciti dalla crisi della mucca pazza e dalle polemiche sui cibi transgenici, il cittadino-consumatore sembra avere scarsa fiducia:

- *nel sistema produttivo*. Molti pensano che i produttori non abbiano tanto a cuore le attese del consumatore riguardo alla sicurezza, all'ambiente, alla

tradizione, al rispetto per la natura e per gli animali, quanto piuttosto il loro interesse;

- *nella scienza*. Gli scienziati sono spesso incapaci di comprendere le cause e i modi del rischio alimentare e si sono spesso sbagliati nel valutarne la pericolosità. Inoltre gli scienziati non sembrano avere remore morali, ad esempio nell'uso dell'ingegneria genetica o nell'uso di sostanze chimiche capaci di aumentare la produttività, ma pericolose per la salute, per gli equilibri naturali o per l'ambiente;
- *nel sistema pubblico* della legislazione e dei controlli che è sembrato talora inadeguato a prevenire i rischi e a reprimere gli abusi. Esso ha mostrato anche una notevole incapacità a gestire le emergenze.

Dobbiamo analizzare attentamente i fattori che determinano questo atteggiamento se vogliamo uscire dalla crisi di fiducia che tuttora condiziona il mercato ed evitare che si ripetano in futuro crisi analoghe a quella della mucca pazza. Richiamiamo l'attenzione su tre concetti essenziali, che non sembrano del tutto chiari agli addetti del settore.

a) *Miglioramento degli standard del prodotto e aumento della fiducia*. Il primo concetto è che il miglioramento degli standard di qualità e di sicurezza dei prodotti è cosa del tutto diversa dall'ottenere la fiducia dei consumatori. Non possiamo aspettarci che il miglioramento degli standard dei prodotti abbia come conseguenza automatica l'aumento di fiducia dei consumatori.

Il miglioramento degli standard di qualità e la minimizzazione del rischio igienico sono infatti problemi tecnici, mentre la fiducia è un problema di rapporti e di comunicazione, sociale ed etico. I nostri antenati non godevano della disponibilità di cibi così vari, abbondanti e sani come i nostri, soffrivano di carenze alimentari endemiche, di frequenti intossicazioni, di continui disturbi gastro-intestinali eppure avevano un rapporto più sereno con il cibo. Il fatto è che la maggior parte di loro aveva un rapporto diretto con il sistema produttivo, conosceva il «chi» e il «come» della produzione alimentare. Ora invece fra il consumatore e i prodotti alimentari che gli vengono proposti dai banconi del supermercato c'è una grande distanza sia fisica (chissà da dove vengono!) che mentale (chissà come sono fatti!) e in queste condizioni le preoccupazioni aumentano e la fiducia diminuisce.

La fiducia non è un rapporto fra una persona e un oggetto, ma è un rapporto fra persone. Da una persona di cui abbiamo fiducia possiamo anche accettare un prodotto mediocre, mentre da una persona di cui non ci fidiamo avremmo difficoltà ad accettare anche un prodotto che ci sembrasse ottimo. Dunque, in conclusione: metodi scientifici per migliorare la qualità

e minimizzare i rischi sono necessari, ma non bastano più. Si devono organizzare sistemi di garanzia che siano diretti a creare fiducia.

b) *Realtà e percezione*. Il secondo punto riguarda la constatazione che i nostri comportamenti sono determinati dalle nostre percezioni, non da astratte valutazioni di dati e numeri. Ciò è verissimo ed ovvio per la percezione della qualità, ma anche pienamente valido per la sicurezza, che dovrebbe essere invece valutata sulla base di solide evidenze scientifiche.

Per la scienza il rischio è definito da un'espressione matematica molto semplice e cioè dal prodotto della gravità del danno possibile per la probabilità che l'evento dannoso si verifichi. Possiamo dire ad esempio per la sindrome BSE della mucca pazza, almeno per quanto riguarda la situazione italiana, che il danno possibile è molto grave (la morte del consumatore), ma la probabilità che tale danno si verifichi è molto piccola. Dunque moltiplicando la gravità del danno per la probabilità si ottiene un rischio complessivamente assai poco grave.

Prendiamo ora il caso degli incidenti stradali: anche qui il danno è molto grave perché può determinare la morte delle persone. Ma in questo caso anche la probabilità è elevata, perché si tratta di centinaia di morti ogni anno. Il rischio connesso agli incidenti stradali è dunque molto grave. Eppure, dopo un week-end in cui ci sono state decine di morti sulla strada, il lunedì mattina nessuno si sogna di rinunciare a prendere l'automobile. Mentre invece la sola ipotesi molto remota che dalla carne si potesse contrarre un'infezione mortale ha fatto crollare il consumo della carne. Perché?

Perché il rischio percepito è tutt'altra cosa rispetto al rischio reale e la percezione del rischio è determinata da molti fattori difficilmente ponderabili. Uno dei più importanti è la familiarità che abbiamo con il rischio. Il rischio di incidente stradale ci è molto familiare, lo conosciamo perfettamente, mentre il rischio della BSE è misterioso; l'idea che possiamo incubare questa malattia per anni, cioè che possiamo averla senza rendercene conto, ci terrorizza. Un secondo elemento che influisce grandemente sulla percezione del rischio è la nostra possibilità di controllarlo. L'automobile la guidiamo noi e siamo dunque noi i responsabili del comportamento che ci mette in pericolo, mentre non abbiamo alcun controllo sulla contaminazione dei cibi e questo contribuisce ad allarmarci. Dobbiamo imparare a comprendere la psicologia della percezione dei rischi se vogliamo assumere iniziative che non soltanto riducano il rischio statistico e oggettivo, ma che contribuiscano a ridurre l'allarme che deriva da una sua percezione distorta.

c) *Il bilancio fra rischi e benefici*. Infine, una terza considerazione riguarda la diversa valutazione di rischi e benefici che sembra esserci fra gli operatori del sistema produttivo e i consumatori.

Occorre domandarsi, per esempio, quale è nella mente del consumatore il bilancio rischio-beneficio di un intervento transgenico effettuato per migliorare qualche aspetto della qualità o della produttività. Occorre domandarsi quali interrogativi si generano nel consumatore fra la propria percezione dei benefici legati all'aumento della qualità e alla riduzione del prezzo e la percezione dei rischi che ne possono derivare ad esempio al benessere animale o alla tutela dell'ambiente. È ormai evidente che la percezione della qualità da parte del consumatore non include più soltanto elementi materiali (sicurezza, nutrizione, qualità sensoriale), ma anche elementi «di qualità immateriale» legati al *chi*, al *come* e al *dove* della produzione alimentare. È anzi sempre più evidente che sono gli elementi della qualità immateriale a generare le più significative differenze competitive fra i prodotti.

Anche questo concetto si riconduce all'esigenza di una migliore comprensione delle attese e delle sensibilità del consumatore. Una più realistica conoscenza di queste percezioni può essere di grande aiuto nello scrivere un disciplinare o nel programmare una campagna pubblicitaria.

Ecco dunque come queste complesse relazioni fra fiducia e garanzia, fra rischio reale e rischio percepito, fra beneficio e danno, determinano una evoluzione del mercato che ha una nuova complessità alla quale non siamo abituati; essa non si risolve soltanto con argomenti tecnici o scientifici, ma richiede nuove attenzioni e sensibilità.

Nuovi strumenti e nuovi metodi

All'inizio degli anni 2000, per far fronte ai problemi che abbiamo qui sopra brevemente richiamato, stanno emergendo nuovi strumenti legislativi e nuovi metodi gestionali che si innestano sullo sviluppo, già potentemente avviato nell'ultimo decennio del secolo scorso con la diffusione e la pratica dei Sistemi Qualità come sistemi di garanzia del destinatario del prodotto (*customer satisfaction*). Con i Sistemi Qualità è entrata nelle aziende la cultura del controllo di processo, della prevenzione, della sistematicità, della documentazione e della trasparenza. Ora si aggiungono a questo quadro due nuovi indirizzi di sviluppo.

Il primo consiste nell'usare questi strumenti gestionali per garantire profili complessi della qualità e della sicurezza. Dunque non soltanto per soddisfare le attese del consumatore, ma anche per corrispondere a esigenze più ampie di tutela dell'ambiente, protezione dei lavoratori, rispetto per gli equilibri della biosfera, attenzione al benessere animale. Il termine «Sistemi Integrati» che abbiamo presentato in questo testo non è soltanto un richiamo all'efficienza, alla semplificazione e alla razionalizzazione della gestione, pur essendo ovviamente tutto questo. È anche la risposta ad un'esigenza etica dei sistemi produttivi, uno strumento per rendere concreta in termini gestionali l'espressione «sviluppo sostenibile». D'altro canto i Sistemi Integrati, come del resto tutte le norme ISO sui sistemi di gestione, implicano l'applicazione delle prescrizioni di legge non come imposizioni da subire, ma come scelte ed opportunità competitive. Insomma i Sistemi Integrati se non entreranno nelle imprese per ragioni etiche, vi entreranno come preoccupazioni per il business.

Il secondo indirizzo di sviluppo che ci sembra potenzialmente molto innovativo è quello della Rintracciabilità di Filiera. Come i Sistemi Integrati suggeriscono un'integrazione orizzontale, per temi, del controllo e della garanzia, così la Rintracciabilità di Filiera suggerisce l'idea di una integrazione verticale, per soggetti del sistema produttivo. Pur essendo basata su approcci tecnici come la gestione per lotti dei flussi materiali della filiera, la Rintracciabilità ha soprattutto un significato giuridico ed etico. Essa traccia le responsabilità e, allo stesso tempo, rende visibile e trasparente la filiera. Pur essendo nata con intenti repressivi, di controllo e di individuazione di responsabilità legali in caso di danno, essa si avvia a diventare uno strumento positivo, di dialogo fra il consumatore e il sistema produttivo e dunque potenzialmente destinato a generare fiducia.

Concludendo, vorrei dire un'ultima parola di autodifesa: avendo parlato di etica e conoscendo la grande suscettibilità che questo termine evoca, non vorrei essere classificato come utopista e neanche come eccessivamente ottimista. Mi sono limitato a rilevare delle tendenze e a illustrare dei metodi che hanno una tale coerenza logica con ciò che il mercato e i consumatori si attendono che liquidarle come utopiche o eccessivamente ottimistiche sarebbe un errore strategico anche in termini di business. Ritengo che l'esigenza di visioni più ampie e di una maggiore sensibilità etica sia inevitabile per lo sviluppo del sistema agroalimentare poiché «*no morality, no business*».

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

- BORRE J.M., *La diététique du cerveau*, Paris, 1990.
- Controllo e certificazione delle produzioni DOP e IGP*, Firenze, 1998 (Accademia dei Geografili. Quaderni della qualità, n. 3).
- DE PIETRI-TONELLI P, PERI C., *Analisi del rischio e controllo dei punti critici per le produzioni agricole*, Firenze, 1999 (Accademia dei Geografili. I manuali del Centro Studi per la qualità, n. 1).
- EN-ISO 9004 (2000), *Sistemi di gestione per la qualità. Linee guida per il miglioramento delle prestazioni*, ISO, Ginevra, Dicembre, 2000.
- I marchi di qualità nel sistema agro-alimentare – Problemi organizzativi e deontologici*, Firenze, 1999 (Accademia dei Geografili. Quaderni della qualità, n. 4).
- Linea guida per l'ispezione e la valutazione dei sistemi di controllo dell'igiene nelle industrie alimentari (D. Lgs. 155/97)*, Firenze, 1999, (Accademia dei Geografili. I manuali del Centro studi per la qualità, n. 2).
- MEPHAM T.B., TUCKER G.A., WISEMAN J. (eds), *Issues in Agricultural Bioethics*, Nottingham, 1995.
- PERI C. GAETA D., *Denominazioni di origine e certificazioni di filiera come strumenti di valorizzazione dei prodotti agro-alimentari*, in *L'Italia e la sfida della competizione globale*, Roma, 1999.
- PERI C., *La sicurezza alimentare attraverso la prevenzione: il controllo e la tracciabilità dei processi produttivi*, in *Alimentazione e tumori*, Milano, 2000.
- PERI C., *Qualità: concetti e metodi*, Milano, 1998.
- PERI C., STRINO E, MARINI P.R., *Linea guida per la tracciabilità di filiera dei prodotti agro-alimentari*, Milano, 2001.
- Qualità e certificazione dei sistemi e dei prodotti agro-alimentari*, Firenze, 1996 (Accademia dei Geografili. Quaderni della qualità, n. 1).
- STERN P.C., FINEBERG H.V. (eds), *Understanding Risk*, Washington D.C., 1996.
- Towards an Agenda for Agricultural Research in Europe*, Wageningen, 2000.
- WILSON B., *Systems: Concepts, Methodologies and Applications*, Chichester, 1984.

GIANPIERO MARACCHI

TUTELA E MONITORAGGIO DELL'AMBIENTE

Il processo di tutela e monitoraggio dell'ambiente è interessato da un'importante fase di evoluzione sia a livello metodologico che di modalità di attuazione e gestione. Le profonde modifiche, subite negli anni, dalle tecniche agronomiche e gestionali dell'azienda agricola, hanno causato un aumento dell'impatto sull'ambiente da parte dell'attività agricola. Da questo si origina la tendenza all'inserimento delle componenti ambientali (ecologiche e paesaggistiche) nel processo di pianificazione e di considerare la coltura e il sistema agricolo come un agroecosistema, definito come: «*L'insieme continuo di terreno-organismi-atmosfera-uomo*». Questo fa nascere l'esigenza di affrontare la pianificazione in modo interdisciplinare, per avere una visione completa dei problemi concernenti i vari settori.

Per una corretta tutela e monitoraggio dell'ambiente è quindi necessario lo sviluppo di sistemi integrati in grado di acquisire i dati disponibili e di effettuare una gestione e diffusione delle informazioni raccolte.

A questo scopo l'acquisizione dei dati meteorologici ha da sempre rappresentato un ostacolo, spesso insormontabile, per la definizione delle caratteristiche ambientali di un territorio e per il suo monitoraggio. A tutt'oggi, la diversa fonte di provenienza dei dati meteorologici continua a determinare dei problemi di omogeneità dei dati a disposizione, ma allo stesso tempo la possibilità di avere a disposizione diversi strumenti di osservazione (stazioni meteo, satelliti, radar) permette di caratterizzare in modo completo le caratteristiche ambientali di un territorio. Anche lo sviluppo dei sistemi integrati, in grado di raccogliere le informazioni che caratterizzano le condizioni ambientali di un territorio, ha avuto negli ultimi anni una notevole spinta dalla sempre maggiore diffusione di strumenti come i sistemi di gestione e di elaborazione dei dati «*Geographical Information System (GIS o SIG)*». Infine, la possibilità di rendere disponibili tutte queste informazioni per una ottimizzazione della gestione agricola nei confronti della tutela dell'ambiente è stata notevolmente migliorata con l'introdu-

zione dei cosiddetti «sistemi di supporto alle decisioni (DSS)», cioè di strumenti in grado di supportare le persone impegnate nelle attività decisionali mediante sistemi di informazione computerizzati.

ACQUISIZIONE DATI

Le reti di rilevamento

In questi ultimi trent'anni lo sviluppo dell'elettronica, dell'informatica, delle telecomunicazioni e delle applicazioni spaziali, ha modificato radicalmente la concezione dell'osservazione meteorologica. Nuovi strumenti come i satelliti, i radar e i sodar si sono affiancati alle stazioni tradizionali, le quali a loro volta sono diventate, in gran parte dei casi, automatiche, con trasmissione dei dati direttamente via modem radio o attraverso i satelliti come ponte di trasmissione.

Un sistema di osservazione ambientale è dunque oggi costituito da un insieme di strumenti che possono essere raggruppati come segue :

- Rete meteorologica e climatologica – Costituita dalle stazioni di terra che misurano i principali parametri, che nel caso delle stazioni meteorologiche sono inviati direttamente sulla rete mondiale di telecomunicazioni per la meteorologia (GTS - Global Telecommunication System). I dati delle stazioni climatologiche sono invece elaborati in tempo differito.
- Rete radar – Nella maggior parte dei Paesi industrializzati è ormai attiva una rete di radar meteorologici che copre il territorio nazionale e che permette di misurare le precipitazioni con grande precisione spaziale. Tale rete necessita di un certo numero di stazioni standard dotate di pluviometri per la calibrazione dei dati radar.
- Immagini satellitari – La maggior parte dei servizi meteorologici è dotata di stazioni di ricezione dei dati satellitari ed effettua un'analisi numerica delle immagini. Tali immagini, corrette geometricamente e radiometricamente, vengono immesse in molti casi sulle pagine WEB.
- Reti per applicazioni specifiche – Alcuni settori richiedono reti particolari di monitoraggio. Ad esempio, possiamo ricordare la rete idrometeorologica, la rete freaticometrica, la rete ondometrica e la rete di rilevamento fulmini.

Rete meteorologica e climatologica

L'introduzione negli ultimi due decenni dei nuovi mezzi di calcolo ha rappresentato per la climatologia un cambiamento radicale di prospettiva. La possibilità infatti di immagazzinare una grande quantità di dati e di elaborarli celermente ha permesso di ottenere risultati non altrimenti possibili.

A livello internazionale vi sono oggi numerosi Enti che raccolgono ed organizzano i dati meteorologici che circolano sul GTS - Global Telecommunications Systems, la rete internazionale che riunisce tutti i Servizi Meteorologici aderenti all'O.M.M.¹ (es. Centro Meteorologico Europeo di Reading e la NOAA - National Oceanic Atmospheric Administration degli U.S.A.). Presso questi Enti possono essere acquistati i dati meteorologici giornalieri di tutte le stazioni sinottiche distribuite sul pianeta e presso il sito INTERNET della NOAA sono oggi disponibili in tempo reale i dati che circolano sul GTS e quelli climatici riuniti nella banca dati.

Per quanto riguarda la situazione italiana si deve ricordare che sono disponibili alcune delle serie climatiche più lunghe. Infatti, già dalla metà del '600 il Granduca Ferdinando di Toscana organizzò la prima rete di rilevamento europea con alcune stazioni a Parigi, Varsavia, Innsbruck, Vallombrosa, etc. L'impiego di serie climatiche lunghe richiede una analisi preventiva dei dati per ovviare ai problemi di disomogeneità causati principalmente da modifiche della localizzazione o dell'ambiente circostante la stazione, ma allo stesso tempo risulta essere un materiale fondamentale per esame delle variazioni a carico del clima avvenute nell'ultimo secolo. A questo proposito si deve ricordare un'utile raccolta effettuata dal Ce.S.I.A. - Accademia dei Georgofili, delle notizie riguardanti le stazioni con lunghe serie di dati (Repertorio ragionato delle Fonti Italiane di dati meteorologici - Ce.S.I.A. - Accademia dei Georgofili, 1988).

Passando ai dati più recenti le fonti principali sono rappresentate dai Servizi Idrografici una volta appartenenti al Ministero dei Lavori Pubblici ed attualmente facenti parte dei Servizi tecnici della Presidenza del Consiglio, dal Servizio Meteorologico dell'Aeronautica e dall'U.C.E.A. - Ufficio Centrale di Ecologia Agraria del Ministero dell'Agricoltura.

¹ Organizzazione Mondiale della Meteorologia

I satelliti

La ricerca spaziale, che permise negli anni 60 le prime missioni di esplorazione dello spazio, ha consentito la realizzazione di satelliti e di sensori, di grande efficacia per l'osservazione della terra. In questo settore si possono distinguere due categorie di satelliti: i satelliti meteorologici ed i satelliti per l'osservazione delle caratteristiche della superficie terrestre (FIG. 1). Questi ultimi possono essere utilizzati, tra l'altro, per studi morfologici, per valutazioni sull'uso del suolo, per stime della biomassa, per il monitoraggio delle infrastrutture.

Sulla base della quota del satellite e della sua orbita si possono poi distinguere i satelliti geostazionari ed i satelliti orbitanti. I primi osservano costantemente lo stesso punto della superficie, essendo posti ad una quota terrestre tale da avere una velocità orbitale uguale a quella della terra; mentre i secondi ruotano intorno alla terra con tempi di rivoluzione variabili in funzione della quota alla quale sono posti. Il *Meteosat* rappresenta uno esempio di satellite stazionario per l'osservazione meteorologica. Le sue immagini sono trasmesse in continuo, con una risoluzione che, vista la quota a cui questa famiglia di satelliti è posta, in genere piuttosto bassa (es. alle nostre latitudini di 5 km x 5 km). Con la prossima generazione di *Meteosat* – *MSG* (*Meteosat Second Generation*), il cui lancio è previsto tra il 2001 e il 2012, la risoluzione delle immagini sarà portata a 3 km x 3 km. Tra i satelliti orbitanti, i più conosciuti sono il satellite meteorologico *TIROS*, dell'Agenzia Americana per la Meteorologia – *NOAA* – *National Oceanic Atmospheric Administration* (orbita polare, risoluzione di 1.1 Km x 1.1 Km, tempo di rivoluzione 6 ore), e il satellite americano *LANDSAT* per l'osservazione della terra (risoluzione spaziale nel visibile di 30 m x 30 m e nell'infrarosso di 120 m x 120 m). Sulla base della quota del satellite e della sua orbita si possono distinguere i satelliti geostazionari ed i satelliti orbitanti. I primi guardano costantemente lo stesso punto della superficie, essendo posti ad una distanza dalla superficie terrestre tale da consentirgli di avere la stessa velocità orbitale della terra. Un esempio è costituito dal *Meteosat*, satellite europeo per l'osservazione meteorologica. Le immagini sono trasmesse in continuo, con una distorsione crescente verso i poli. Data la quota a cui questa famiglia di satelliti è posta, la risoluzione spaziale è in genere piuttosto bassa; l'attuale *Meteosat*, ad esempio, ha un pixel alle nostre latitudini di 5 km x 5 km (25 km²). La prossima generazione di *Meteosat* – *MSG* (*Meteosat Second Generation*) il cui lancio è previsto tra il 2001 e il 2012, avrà una risoluzione di 3 km x 3 km.

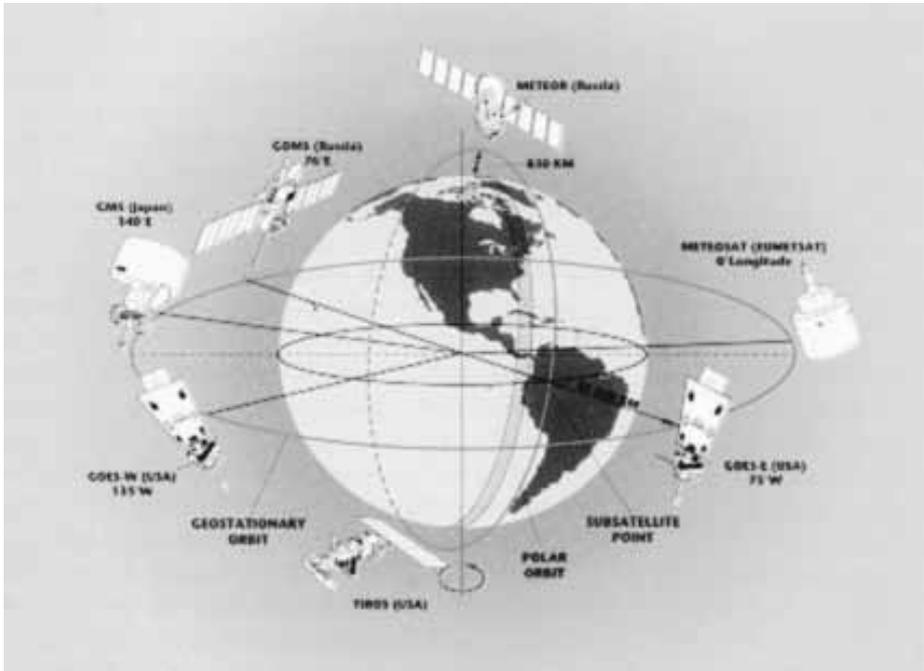


FIG. 1 - Percorso orbitale dei principali satelliti

Tra i satelliti meteorologici orbitanti il più usato è il TIROS, dell'Agenzia Americana per la Meteorologia – NOAA – National Oceanic Atmospheric Administration. E' un satellite con orbita polare, con una risoluzione di 1.1 Km x 1.1 Km, che passa quattro volte il giorno.

Tra i satelliti per l'osservazione della terra il più noto è il LANDSAT americano, con una risoluzione spaziale nel visibile di 30 m x 30 m e nell'infrarosso di 120 m x 120 m, che consente la realizzazione di cartografia tematica.

Le applicazioni dei dati raccolti dai satelliti meteorologici sono molteplici, tra queste possiamo ricordare:

- la stima di parametri meteorologici di interesse agricolo come la copertura nuvolosa, la radiazione solare, le precipitazioni;
- il controllo dell'evoluzione stagionale della vegetazione;
- la misura della colonna dell'ozono atmosferico.

Il radar

Il radar meteorologico rappresenta uno strumento prezioso per la misura delle precipitazioni. Negli ultimi anni in gran parte dei paesi europei è stata creata una rete di radar a copertura nazionale. Anche in Italia il Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare sta completando una rete di osservazione ed alcuni Servizi Regionali hanno già installato dei radar. Il funzionamento del radar si basa sull'emissione di onde elettromagnetiche (nella banda delle microonde) che in presenza di ostacoli, tra i quali vi possono essere anche le particelle d'acqua che costituiscono le precipitazioni, vengono riflesse e successivamente rilevate da un ricevitore. L'intensità dell'eco è legata al numero e alla dimensione delle particelle d'acqua, per cui è possibile definire una mappa delle precipitazioni nello spazio e seguire la dinamica delle perturbazioni. Alcuni servizi realizzano delle mappe radar che vengono messe a disposizione in tempo reale sulle pagine WEB, come nel caso del Laboratorio per la Meteorologia e la Modellistica Ambientale (LAMMA) della Regione Toscana (FIG. 2).

GESTIONE E RAPPRESENTAZIONE DELLE INFORMAZIONI

Un aspetto da tenere particolarmente presente, per ottenere un razionale utilizzo dei dati disponibili, è l'integrazione di tutte le informazioni raccolte a livello territoriale. Questo può essere fatto attraverso lo sviluppo di sistemi integrati ed introducendo quindi il concetto di Sistema Informativo Terri-

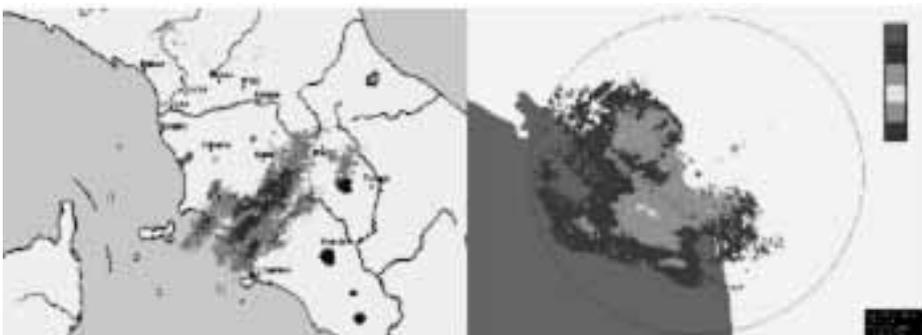


FIG. 2 - Immagine radar di due eventi piovosi sulla Regione Toscana

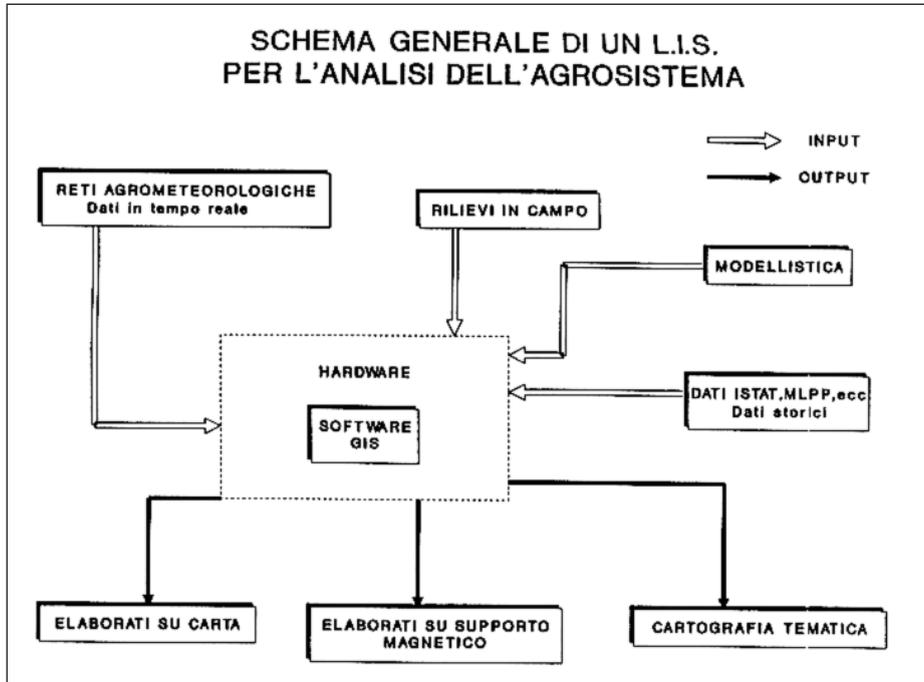


FIG. 3 - Schema generale di un LIS

toriale (LIS = Land Information System; SIT in italiano): «*come un complesso organizzativo e funzionalmente integrato di risorse umane, procedure e apparecchiature, flussi informativi, norme organizzative in grado di acquisire, archiviare ed elaborare dati che siano correlabili al territorio*».

Il LIS può quindi essere visto come uno strumento sia di conoscenza ambientale e territoriale, che di controllo, previsione ed indirizzo di nuove attività e insediamenti.

Gli elementi costituenti un sistema informativo territoriale possono essere rappresentati dalle seguenti categorie: a) la cartografia sia di base, che tematica; b) i dati alfanumerici; c) i sistemi di gestione ed elaborazione (FIG. 3).

I sistemi di gestione e di elaborazione sono generalmente costituiti dai cosiddetti Geographical Information System (GIS o SIG). Il termine GIS è spesso usato in italiano come sinonimo di LIS, mentre in realtà si tratta di concetti diversi applicati a strutture complementari.

Il GIS può essere considerato il sistema informatico, cioè la parte automatizzata del Sistema Informativo; come tale è costituito da strumenti software, che consentono la gestione dei dati relativi al territorio. Il GIS è quindi una componente del più ampio LIS, necessaria per la gestione dei dati.

I GIS

Perché i GIS sono importanti per la gestione del territorio?

Molte organizzazioni investono, oggi, ingenti quantità di capitali per dotarsi di Sistemi Geografici Informativi e database geografici. Le previsioni per i prossimi dieci anni, parlano di cifre dell'ordine dei bilioni di dollari. Viene da chiedersi il motivo di questo drastico incremento, dato che solo pochi anni fa i GIS erano una rarità. La risposta è da ricercarsi nel progresso tecnologico nei vari settori dell'attività umana. Questa, un tempo circoscritta nello spazio, con l'impiego di vie di comunicazione, sistemi di trasporto, ecc., agisce su porzioni di territorio sempre più vaste, tanto che la geografia e i dati da essa descritti fanno ormai parte del nostro mondo di tutti i giorni (es. l'invio dei mezzi di soccorso verso un incendio in atto, avviene dopo una ricerca del percorso più breve per raggiungerlo; lo studio di una epidemia avviene identificando aree geografiche di diffusione e la velocità di spostamento, ecc).

Cosa è un GIS?

L'impiego dei Sistemi Geografici Informativi ha subito un incremento notevole a partire dagli anni '80, tanto che oggi sono diventati uno strumento di uso comune in tutti i settori che operano sul territorio. Per questa ragione si possono trovare varie definizioni di GIS a seconda del tipo di disciplina e utilizzo preso in considerazione. Possiamo comunque definire un GIS, come:

«L'insieme di programmi (software) capaci di manipolare dati geografici digitali (operazioni di overlay, misure di aree e di lunghezze, ecc.) e produrre cartografia tematica ed elaborati sia in formato tabulare che come file ASCII su supporto magnetico».

La funzione di un sistema informativo è di aumentare l'abilità di un determinato utente di prendere decisioni nel campo della ricerca, della pia-

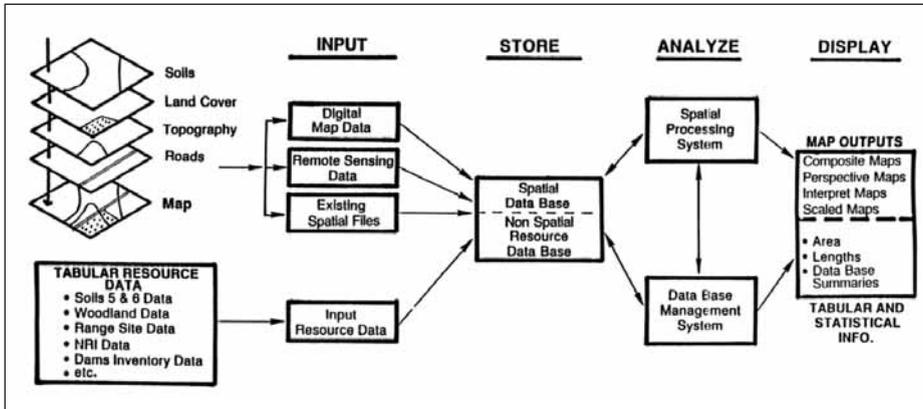


FIG. 4 - Schema generale di un GIS

nificazione e della gestione del territorio, anche mediante l'impiego di modelli matematici di simulazione e previsione.

Funzioni fondamentali di un GIS

- Un GIS nella sua forma più completa adempie alle seguenti funzioni (FIG. 4):
- *Input dei dati:* normalmente consiste in un misto di operazioni di digitalizzazione manuali ed automatiche associate al controllo ed editing dei dati immessi.
 - *Memorizzazione e interrogazione:* creazione di un database e conseguenti operazioni di aggiornamento e costruzione di query.
 - *Analisi:* consiste in operazioni di overlay e incrocio di informazioni territoriali, al fine di ottenere dati di sintesi.
 - *Output dei risultati:* consistente in cartografia tematica e/o tabulati.

Il software IDRISI: un semplice strumento per l'analisi del territorio

IDRISI è un pacchetto software sviluppato dalla Scuola universitaria di Geografia della Clark University con lo scopo di fornire un strumento professionale di ricerca geografica a basso costo. Fin dalla sua comparsa, 1987, ha

avuto un notevole successo, divenendo in breve tempo uno dei più diffusi sistemi per la gestione dei dati geografici e di elaborazione immagini per Personal Computer. Attualmente è utilizzato in più di 120 Paesi nel Mondo a vari livelli: istituti di ricerca, università, governi, enti locali di pianificazione territoriale e studi tecnici.

Il software comprende moduli per il monitoraggio ambientale e la gestione delle risorse ambientali, incluso l'analisi delle serie temporali, l'analisi multifattoriali e l'impostazione di modelli di simulazione.

Attualmente, IDRISI è disponibile sia in versione MS-DOS che in versione MS-WINDOWS. Le due versioni sono molto simili, anche se la versione windows offre maggiori capacità di visualizzazione e di query del database attraverso una interfaccia a menu (FIG. 5).

SISTEMI DI SUPPORTO ALLE DECISIONI

In questi ultimi anni il cambiamento dei mercati, l'innovazione tecnologica ed i progressi organizzativi hanno modificato la produzione agricola richiedendo sempre più l'integrazione di conoscenze ed informazioni derivanti da settori differenti: marketing, entomologia, patologia, controllo infestanti, conoscenze ambientali e legislative, ecc. L'agricoltura deve essere vista quindi come un sistema di parti interattive, dove la perturbazione di una parte influisce su tutte le altre. L'acquisizione e l'utilizzazione delle informazioni può essere considerata, in questo senso, un mezzo per ridurre l'incertezza nell'effettuare una scelta. Molto raramente invece gli imprenditori agricoli hanno a disposizione, in una forma utilizzabile, tutte le informazioni esistenti quando sono di fronte a importanti decisioni di gestione; l'esecuzione delle scelte nelle aziende è quindi sempre soggetta ad elevati gradi di incertezza. Gli agricoltori di conseguenza hanno spesso aumentato, oltre le reali esigenze, il grado di input (presidi fitosanitari, fertilizzanti, diserbanti, ore macchina, ecc.) per cercare di diminuire la variabilità nelle rese e nella qualità che si può avere da un anno all'altro in funzione delle scelte effettuate e della variabilità del sistema stesso. Il prezzo di questa strategia è la riduzione di profitti potenziali ed di una maggiore minaccia per l'ambiente dovuta all'abuso di fertilizzanti e presidi fitosanitari.

Un modo per alleviare questi problemi, è l'ottimizzazione degli input attraverso l'uso di informazioni di alta qualità già elaborate. Fornendo infatti agli agricoltori informazioni aggiornate ed elaborate è possibile ridurre il

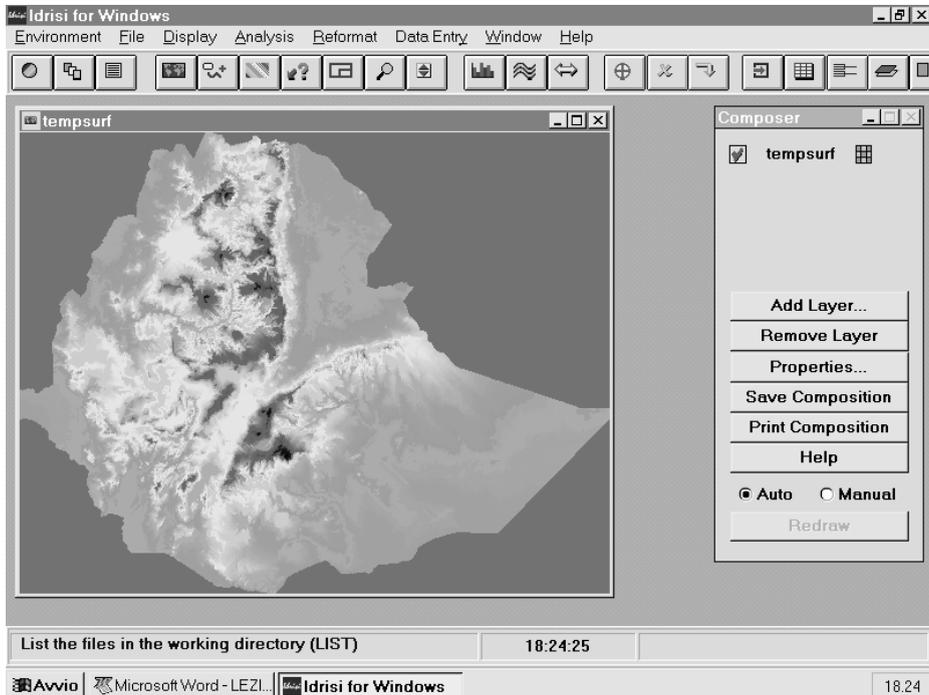


FIG. 5 - IDRISI per Window. Menu principale e display window

rischio nella formulazione delle decisioni e probabilmente anche ridurre gli input con un incremento dei profitti. Il moderno agricoltore dovrebbe quindi diventare esperto nell'acquisizione delle informazioni necessarie al processo decisionale per rimanere competitivo. Poiché l'acquisizione, l'integrazione e l'interpretazione delle informazioni da più fonti può essere al di là dei mezzi del singolo agricoltore, è necessario che le informazioni siano strutturate e organizzate in un sistema di facile accesso. Uno dei metodi per rendere prontamente disponibili le informazioni provenienti dai diversi settori delle discipline agrarie è l'utilizzo di Sistemi di Supporto alle Decisioni (Decision Supports Systems, DSS).

Anche se non esiste una definizione universalmente accettata di DSS, analizzando quelle elaborate dagli autori più rappresentativi, è possibile determinare una serie di linee guida che portano a quella che potremmo indica-

re come «definizione storica»²: «*Un sistema di supporto alle decisioni è un sistema di informazione computerizzato che supporta le persone impegnate in attività decisionale*».

La funzione più evidente di un DSS è chiaramente data dalla possibilità di elaborare grandi quantità di dati in maniera estremamente accurata e rapida, per poterne ricavare informazioni utilizzabili nel processo di scelta. Questo molto spesso ha portato a vedere i sistemi di supporto solo come assistenti in grado di elaborare informazioni e renderle disponibili per l'utente. Diversi studi empirici hanno invece messo in luce come questi supporti intervengano direttamente sul processo attraverso il quale vengono prese le decisioni, ossia sul comportamento dell'individuo durante la sua attività decisionale. Il modo con la quale sono presentate le varie soluzioni di un problema incide sul tipo di strategia che potrà essere utilizzata; ad esempio, in un DSS per la difesa di una coltura, la forma con cui è comunicato il grado di attacco può incidere sul comportamento dell'agricoltore. Ipotizziamo che la soglia di intervento per una determinata malattia sia il 10% del grado di attacco e che il modello stimi per un giorno x un grado di attacco del 9.5%. Questa informazione può essere comunicata in due maniere differenti, rimanendo contemporaneamente vera: il grado di attacco ha quasi raggiunto il 10%; il grado di attacco è sotto il 10%. Un agricoltore apprensivo potrà reagire in maniera differente alle due affermazioni, effettuando nel primo caso il trattamento, non intervenendo nel secondo.

I sistemi di supporto dovrebbero migliorare il processo di decisione dell'uomo, esaltandone i punti di forza (intuizione, creatività, capacità di imparare dall'esperienza, etc.) ed attenuandone le debolezze (limitata capacità di elaborare informazioni, etc.).

In particolare quest'ultime determinano spesso dei pregiudizi nel modo di acquisire ed elaborare le informazioni, portando ad una conoscenza parziale ed alla mancanza di informazioni fondamentali per la soluzione del problema.

La capacità dei sistemi di supporto di elaborare grandi quantità di dati e di fornire informazioni utilizzabili dovrebbe permettere all'individuo di concentrarsi maggiormente sull'attività creativa e di giudizio, sia esso un giudizio di valore (esprimere le preferenze fra più alternative), che di previsione (esprimere le aspettative in condizioni di rischio), esaltando in questo modo le potenzialità dell'individuo.

² A. CAPPUGI, *Stima dei dati agrometeorologici per l'utilizzo dei sistemi di supporto alle decisioni degli agricoltori*. Tesi di Laurea in Scienze Agrarie, Università di Firenze, 2000.

Classificazione dei DSS

Possiamo dividere i sistemi di supporto alle decisioni in tre grandi gruppi:

- DSS orientati ai dati
- DSS orientati su regole
- DSS orientati ai modelli

Il primo gruppo comprende tutti quei sistemi derivanti dai sistemi di informazione (Information Systems, IS) quali erano i T.P.S. (Transaction Processing Systems) ed i M.I.S. (Management Information Systems). Questi sistemi computerizzati avevano la funzione principale di elaborare grandi quantità di dati, in base ai criteri precedentemente impostati nel sistema stesso, e di restituirli all'utente in una forma da esso facilmente utilizzabile (schede, tabelle, grafici, etc.). A questa categoria appartengono per esempio alcuni database fitopatologici interrogabili dall'utente (FIG. 6). Questi programmi, immessi come input il tipo di coltura e l'agente nocivo (sia questo

Banca Dati Fitofarmaci, Ministero per le Politiche agricole - MiPA - Sistema Informativo Agricolo Na - N...
File Edit View Go Window Help

CCNC(=O)Oc1ccc2ccccc12

RICERCA NEL DATABASE DEI FITOFARMACI

➔ **Impiego su:** coltura o derrata
VITE

➔ **Contro:** tipo avversità
FUNGO

avversità
PERONOSPORA

Ricerca Reset

La selezione delle informazioni immesse nella BDF è a cura dell'Istituto Sperimentale di Patologia Vegetale, con sede in Roma, con la consulenza tecnica della EINSIEL SpA

Document Done

FIG. 6 – Esempio di database fitopatologico

Gestione Lotta Anti-peronosporica della Vite

File Help

18-5-2000

Rischio Infezione

Valutazione del rischio di infezione peronosporica a seguito di una pioggia

Per una previsione il più possibile attendibile fornire il maggior numero di indicazioni

data pioggia: **pioggia caduta mm**

Fase fenologica

- germogli meno di 7 cm
- germogli di 7-15 cm
- differenziaz. grappolino
- inizio-piena fioritura
- fine fioritura-allegagione
- acini 3-4 mm diametro
- chiusura grappolo
- invaiatura raggiunta

Temperatura media durante pioggia °C (se conosciuta):

Durata pioggia e bagnatura

- meno di 5 ore
- da 5 a 12 ore
- da 12 a 24 ore
- da 1 a 2 giorni
- più di 2 giorni

Piogge negli ultimi 30 giorni

- periodo senza piogge
- periodo con solo qualche pioggia
- periodo con molte piogge
- non so

Riscontro Peronospora recente

- nessuno
- sì, solo qualche macchia
- sì, di rilevante entità

Annulla/Bipeti

Esci

Eventuale trattamento eseguito prima o poco dopo la pioggia

Dati del Trattamento

Immissione caratteristiche del Vigneto

Prevedi Rischio

Questo pulsante per avere la previsione del rischio infettivo

FIG. 7 – Esempio schermata di Gestper

un patogeno od un insetto), sono in grado di selezionare tra un lungo elenco di principi attivi quello più adatto al caso in questione, fornendo come risultato una scheda completa del prodotto. Molto spesso il sistema stesso, attraverso una serie di domande sui sintomi, guida l'utente a partire dall'individuazione della malattia fino alla scelta del principio attivo.

I DSS orientati su regole sono programmi costruiti intorno ad una serie di regole basate sulle conoscenze degli esperti. Questo tipo di programmi analizzano i dati immessi dall'utente in base a questa serie di regole fornendo utili informazioni come risposta.

Per comprendere meglio riportiamo un esempio: Gestper. Questo è un programma per la gestione della peronospora della vite. Le risposte che fornisce sono basate sulle regole contenute al suo interno e sui dati di input immessi dall'agricoltore (FIG. 7).

I DSS orientati ai modelli, si rifanno invece ai sistemi derivanti dalle scienze manageriali (Management Science). Questi sono caratterizzati dall'impie-



FIG. 8 – Esempio schermata di Irto

go di tecniche matematiche e possono essere ulteriormente divisi in due tipologie. Nel primo caso i modelli utilizzano tecniche matematiche, quali la programmazione lineare o dinamica, per determinare la soluzione ottimale fra quelle possibili. Nel secondo invece i modelli servono per prevedere l'evolversi di un sistema al variare dei parametri che determinano lo stato del sistema stesso. Ad esempio, Irto è un programma interattivo della regione toscana disponibile in rete ed è in grado di simulare l'andamento del contenuto d'acqua del terreno, fornendo informazioni per la gestione delle colture irrigue (FIG. 8).

I supporti alle decisioni normalmente possono integrare anche più di uno dei sistemi sopra citati; AusVit ad esempio, è un sistema completo di supporto per la coltivazione della vite. In questo programma sono inclusi: un database dei prodotti chimici; un sistema di supporto per la gestione della lotta ai patogeni ed agli insetti; un programma per la gestione dell'irrigazione; un sistema di monitoraggio del clima; un foglio elettronico per la pianificazione e la registrazione dei trattamenti (FIG. 9).

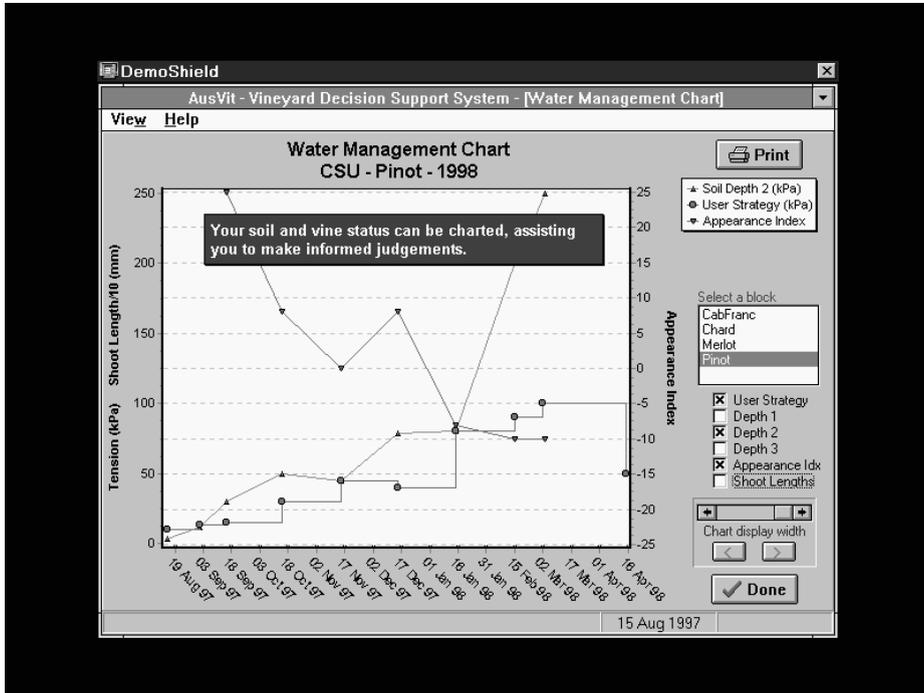


FIG. 9 – Esempio schermata di AusVit

Il nucleo di un DSS orientato ai modelli è il modello matematico che ha il compito di simulare il cambiamento di stato del sistema al modificarsi delle variabili che lo determinano.

È importante specificare che un modello matematico di per sé non è altro che una serie di equazioni e non può essere considerato un sistema di supporto alle decisioni degli agricoltori. I modelli per essere considerati DSS devono essere implementati in programmi in grado di fornire un'informazione facilmente utilizzabile dall'utente. Si ricorda che uno dei punti cardine dei sistemi di supporto è la capacità di fornire informazioni al fine di semplificare il processo decisionale dell'agricoltore diminuendo il suo grado di incertezza. Di conseguenza, non solo i modelli matematici devono essere in grado di simulare la variazione di un sistema, ma il programma di supporto dovrà restituire questi dati come informazioni utilizzabili. Questi inoltre devono avere una forma il più possibile comprensibile al target di utenti per cui è stato sviluppato il sistema. Questo fatto mette chiaramente in luce l'im-

The screenshot shows a web browser window titled "Progetto Plasma (versione 1.1) - Netscape". The address bar shows the URL "http://www.italia.it/...". The main content area is titled "Plasma su Internet (versione 1.1)". Below the title, there is a form for data input and simulation control. The form includes several dropdown menus and input fields:

- COLTURA:** A dropdown menu with "VITE" selected.
- MALATTIA:** A dropdown menu with "PEROSPORA, PLASMO" selected.
- REGIONE DESTINATA:** A dropdown menu with "MIGLIORINO" selected.
- ANNO:** A dropdown menu with "1998" selected.
- DATA DEL GERMINGAMENTO:** A date selector showing "Aprile" and "1".
- AREA FOGLIARE (DATI SPERIMENTALI):** A checkbox that is checked, followed by a text input field containing "100".
- GRUPPO PLANTICOLI (DATI REPERIBILI):** A text input field containing "1".
- DATA RELATIVA:** Two dropdown menus, both with "Maggio" selected, and two date input fields, both with "11" entered.
- VISUALIZZAZIONE DEI RISULTATI A PARTIRE DALLA DATA DEL:** A checkbox that is checked, followed by a date input field.
- Grado di Attacco:** A checkbox that is unchecked.
- AVVIA SIMULAZIONE:** A prominent button.
- Nome della simulazione:** A text input field containing "Cultura della vite in provincia di ...".

FIG. 10 – Pagina di input dati e avvio simulazione di PLASMO

portanza dell'interfaccia con cui il modello interagisce con l'utente, sia nella fase di immissione dei dati che in quella della restituzione delle informazioni. L'interfaccia deve essere il più semplice possibile, permettendo inoltre all'utente di comprendere il sistema stesso ed interagire con esso, massimizzando in tal modo l'utilità di questi strumenti.

Esempio di struttura e caratteristiche di un DSS

A titolo di esempio viene presentato un progetto il cui obiettivo è quello di realizzare, tramite INTERNET, un sistema di informazione completamente automatizzato ed inerente la diffusione di avvisi agro-meteorologici agli operatori del settore agricolo.

In questa prima fase l'applicazione è stata sviluppata per i viticoltori (la vite infatti rappresenta una delle colture più importanti dell'agricoltura

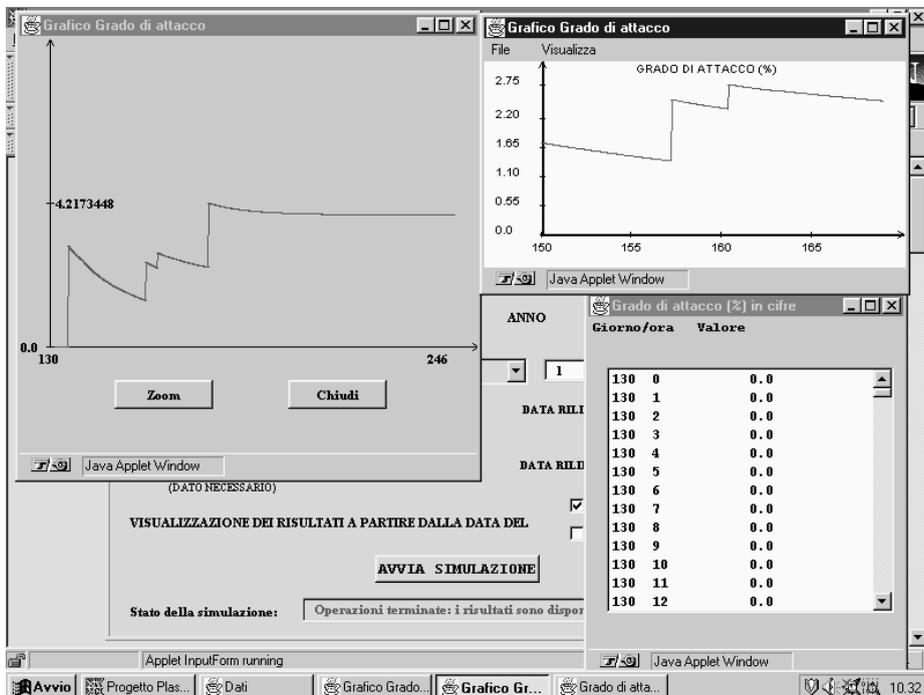


FIG. 11 – Visualizzazione grafica e numerica dei risultati delle simulazioni di PLASMO

toscana) ed in particolare per la gestione della difesa dalla peronospora, una delle più dannose patologie fungine. Il modello utilizzato, chiamato PLASMO (Plasmopara Simulation Model), è stato sviluppato nel corso di un progetto pluriennale condotto in numerosi ambienti viticoli toscani da parte del Ce.S.I.A. - Accademia dei Georgofili. Si tratta di un modello di simulazione della biologia della peronospora che, grazie alla elaborazione di dati climatici, permette di seguire l'andamento delle infezioni che si sviluppano nel vigneto in modo da individuare i tempi migliori per effettuare i trattamenti. Il modello indica, oltre allo sviluppo dei cicli infettivi, la superficie fogliare coperta da lesioni. Questa informazione rappresenta un importante elemento in quanto correlata con la determinazione delle soglie economiche di intervento.

Il sito INTERNET (<http://www.iata.fi.cnr.it/plasmo/default.htm>) è attualmente strutturato in alcune pagine introduttive nelle quali vengono presentati gli scopi dell'applicazione, gli enti interessati, i rapporti con gli utenti, la

struttura del modello. Sono anche previsti dei collegamenti con i siti degli istituti coinvolti, con un servizio di previsioni meteorologiche ed è fornita la possibilità di richiedere informazioni agli autori del modello e delle pagine per avere chiarimenti sul funzionamento dell'applicazione.

Da queste pagine introduttive si arriva alla pagina centrale del sistema, dalla quale l'utente può richiedere l'esecuzione della simulazione dopo aver inserito dati facilmente reperibili e misurabili in pieno campo: la data del germogliamento, l'intensità ed il momento dell'infezione primaria, la stazione meteorologica da cui ricavare i dati necessari per la simulazione (FIG. 10). La struttura di questa pagina rappresenta un elemento essenziale fornito da INTERNET, in quanto consente all'utente di interagire con il sistema, personalizzando le simulazioni sulla base della sua realtà aziendale e delle caratteristiche epidemiologiche e fenologiche. In tal modo l'utente è maggiormente coinvolto con le elaborazioni, potendo eseguire valutazioni diverse, sia strategiche che tattiche, per considerare tutte le sue realtà aziendali, od anche esercitazioni con dati ipotetici, utilizzando il modello per meglio comprendere le caratteristiche del pato-sistema ed i rapporti fra i diversi elementi presenti. Appositi messaggi di aiuto forniscono spiegazioni all'utente sul significato dei dati di input e di output.

Al momento che tutti i campi di input sono stati completati, può essere richiesta la simulazione i cui risultati sono visualizzati, tramite appositi pulsanti, sia in forma grafica che numerica (FIG. 11). In entrambi i casi tutti i dati presenti, dalla data del germogliamento fino all'ultimo giorno possono, essere osservati in specifiche finestre apribili anche contemporaneamente in maniera da confrontare ed analizzare i rapporti fra i diversi elementi.

BIBLIOGRAFIA

ACQUISIZIONE DATI

MARACCHI G., DE VINCENZI M., *Researching meteo data for agrometeorology on the Internet*, Cost 711 -79-77, CNR-IATA, Firenze, 1995.

GESTIONE E RAPPRESENTAZIONE DELLE INFORMAZIONI

ARUTA L., MARESCALCHI P. (1981), *Cartografia*, Palermo, 9ª ristampa 1994.

BELLIA P., *Elementi di cartografia. Introduzione alla lettura delle rappresentazioni cartografiche*, Bologna, Progetto Leonardo, 1991.

BENINCASA F., MARACCHI G., ROSSI P., *Agrometeorologia*, Bologna, 1991.

CONESE C., MIGLIETTA F., BACCI L., ROMANI M., MASELLI F., *Sistema Informativo Territoriale integrato per classificazione agrometeorologiche e calcolo della produttività agricola*, in *Sistemi Informativi Cartografici - Il punto di vista dell'utenza*, Atti della Iª Conferenza-Esposizione Nazionale Italiana, (Roma 16-17-Novembre 1989), Roma, 1989.

ROMANI M., CONESE C., MARACCHI G., *LISA: Sistema Informativo per l'agricoltura*, Atti della 3ª Mostra Internazionale di Software per l'Ambiente ed il Territorio, Como, 1991.

TOCCOLINI A., ANGILERI V., *I sistemi informativi per la pianificazione del territorio rurale*, «Genio Rurale», n. 12, 1992.

UNWIN D., *Analisi spaziale. Un' introduzione geocartografica*, Milano, 1981.

SISTEMI DI SUPPORTO ALLE DECISIONI

BATTISTA P., CONESE C., ORLANDINI S., *Applicazione delle tecnologie dell'informazione per il supporto delle attività agricole in Toscana*, in *In moto sulla rete*, Atti del congresso AICA '98, (18-20 novembre 1998), Napoli, 1998, pp. 97-102.

BENINCASA F., MARACCHI G., ROSSI P., *Agrometeorologia*, Bologna, 1991, p. 426.

CAPPUGI A., *Stima dei dati agrometeorologici per l'utilizzo dei sistemi di supporto alle decisioni degli agricoltori*. Tesi di Laurea in Scienze Agrarie, Università di Firenze, 2000.

CECCON, P., BORIN M., *Elementi di agrometeorologia e agroclimatologia*, Padova, 1995.

IACOPONI L., RAFFI L., *La teoria delle decisioni in agricoltura: le scelte in condizioni di incertezza*, Istituto nazionale di economia agraria, Roma, 1993, pp.114.

MOULIN A.P., *Decision support systems and computer models, new tools for contemporary agriculture*, «Plant science», 76, 1996, pp. 1-2.

ORLANDINI S., BATTISTA P., CONESE C., *Internet per la diffusione di avvisi agrometeorologici*, «Informatore agrario», 2, 1998, pp. 77-80.

SILVER M.S., *Systems that support decision makers: description and analysis*, Chichester, Wiley, 1991, pp. 254.

TRAVIS J.W., RAJOTTE E., BANKERT R., HICKEY K.D., HULL L.A., EBY V., HEINEMANN P.H., CRASSWELLER R., MCCLURE J., BOWSER T., LAUGHLAND D., *A working description of the Penn State apple orchard consultant, an expert system*, «Plant disease», 76, 1992, pp. 545-554.

LUIGI OMODEI ZORINI

LA COOPERAZIONE INTERNAZIONALE PER LO SVILUPPO

LE POLITICHE DELLO SVILUPPO: CONTESTO TEORICO, STORICO E POLITICO

L'attuazione di una politica estera dei paesi più «ricchi», volta alla promozione dello sviluppo presso i paesi economicamente «arretrati», di fatto nasce negli anni quaranta, ossia nell'immediato dopoguerra della seconda guerra mondiale. Parallelamente, anche la scienza economica inizia solo in quegli anni a formulare teorie dello sviluppo per spiegare il formarsi di grandi divari nella produzione e nell'accumulazione di ricchezza tra i vari paesi. Ciò avviene dopo un lungo periodo (la prima metà del secolo scorso), dominato dal pensiero neoclassico, nel quale gli economisti, salvo poche eccezioni, si sono disinteressati dello sviluppo o sottosviluppo privilegiando l'approfondimento di una teoria dell'equilibrio generale, universalmente valida, indipendentemente dalle varie esperienze storiche.

Gli studi precedenti per lo più riguardavano le condizioni economiche delle popolazioni indigene nei paesi coloniali e la loro ricaduta, in termini di politiche, rifletteva prevalentemente la preoccupazione di contrastare le spinte indipendentistiche.

Il periodo immediatamente postbellico vide la caduta dei principali imperi europei, con l'affacciarsi sulla scena internazionale di paesi politicamente indipendenti, ma caratterizzati da condizioni di povertà, fragile struttura istituzionale, conflittualità interna e con i paesi confinanti e con sistemi economici fortemente dipendenti dai paesi ex coloniali. La loro cultura economica e politica restava, comunque, dominata dal modello dei paesi ricchi. Nacque pertanto l'esigenza di individuare un quadro teorico economico e politico in grado di guidare un processo di sviluppo accelerato che consentisse a questi nuovi soggetti di affrontare i rapporti politici ed economici con i paesi più forti.

Un ulteriore elemento di complessità del problema derivava dal fatto che i modelli teorici ed i poli di attrazione politica a livello mondiale erano di fatto due, in conflitto tra loro, quello occidentale e quello del blocco sovie-

tico, che si contendevano le aree di influenza politica economica e militare. Ma anche all'interno dei sistemi ad economia di mercato, l'impatto culturale della teoria keynesiana ed i suoi sviluppi portarono ad incrinare il «principio metodologico della unicità ed universalità della teoria»¹ dando luogo alla nascita di teorie economiche sui problemi dello sviluppo diverse da quelle ritenute valide per le situazioni dei paesi industrializzati.

Sul piano teorico si svilupparono, così, vari modi di interpretare il fenomeno dello sviluppo, teorie che non possono essere sintetizzate in questa sede, ma che sostanzialmente possono essere distinte in quelle (teorie della modernizzazione), che considerano come unico modello di sviluppo valido quello realizzatosi nei paesi industrializzati e che pertanto vedono il sottosviluppo come un mero ritardo lungo lo stesso percorso, quelle che invece considerano il sottosviluppo di alcuni paesi come un «prodotto» dello sviluppo di altri (teoria dell'imperialismo e della dipendenza) e quelle che, invece, considerano l'ipotesi di diversi percorsi autonomi possibili. Tale distinzione persiste tuttora ed è al centro del dibattito, teorico ma anche politico, che in questi anni si sta sviluppando sul fenomeno della globalizzazione dei mercati e dei processi economico-politici.

In ogni caso, ormai acquisita risulta la distinzione tra *crescita* e *sviluppo*, la prima vista come un aumento quantitativo della ricchezza disponibile pro capite in un paese, l'altro come un processo che, alla crescita, somma anche una trasformazione della struttura produttiva, sociale ed istituzionale, con un sostanziale miglioramento del benessere, rappresentato non solamente dalla disponibilità di beni e servizi materiali, ma anche dal livello di democrazia, dalla distribuzione della ricchezza, dalle condizioni di sicurezza, dalle condizioni di salute, dal livello di istruzione ecc. La teoria del benessere di A. Sen con l'introduzione del concetto di benessere non solo come condizioni oggettive, ma anche come percezioni e capacità soggettive di utilizzare le risorse e le opportunità, in questo senso, ha rappresentato un grosso passo in avanti nella comprensione dello sviluppo come concetto complesso e come riferimento per valutare le politiche di aiuto ai paesi meno sviluppati.

È in quel periodo ed in quel contesto politico, economico e di pensiero, pertanto, che nasce, un po' in tutti i paesi più ricchi, la politica di Coopera-

¹ F. VOLPI, *Introduzione all'economia dello sviluppo*, Milano 1994.

zione (o aiuto) allo sviluppo. Essa è praticamente il risultato della lunga e sofferta fase di superamento delle colonie e rappresenta, con tutte le implicazioni, sovente contraddittorie, l'evoluzione dei rapporti preesistenti tra le grandi potenze coloniali e le colonie stesse. Gli ingenti investimenti e gli interessi economici pubblici e privati dei paesi occidentali nelle proprie colonie, che venivano tutelati e difesi, nel periodo precedente, con un rapporto di forza, dopo l'indipendenza, conquistata, il più delle volte, con dure guerre di liberazione, vengono ora curati attraverso rapporti commerciali più o meno privilegiati. Si sviluppano politiche economiche internazionali ispirate sia alla teoria dei vantaggi comparati, che sancisce il mutuo vantaggio dello scambio tra paesi con diversi costi - opportunità nella produzione delle merci, sia alla necessità di promuovere sempre più ampi mercati per le proprie produzioni, soprattutto industriali, ma anche agricole, in espansione; motivazioni di carattere economico che si intrecciano, da un lato, a quelle di carattere politico di controllo, attraverso i legami economici, delle sfere di influenza nel panorama internazionale, dall'altro lato, a quelle di carattere umanitario di lotta alla fame ed alla povertà.

L'ESPERIENZA ITALIANA DI COOPERAZIONE ALLO SVILUPPO NEL SECONDO DOPOGUERRA

La prima fase: della ricostruzione economica e della Amministrazione somala

Con l'approvazione della Costituzione della Repubblica Italiana, all'articolo 11, viene stabilito il principio che l'Italia, con lo scopo di assicurare la pace e la giustizia tra le nazioni, nel ripudiare la guerra come mezzo per risolvere le controversie internazionali, promuove e favorisce le organizzazioni internazionali rivolte a tale scopo.

Dal momento che gli squilibri nella distribuzione della ricchezza e il grande divario nei livelli di sviluppo tra i paesi, nonché le situazioni di emergenza, come carestie, fame, situazioni sanitarie estreme, ecc. costituiscono elementi di tensione nei rapporti internazionali, oltre che, ovviamente, un problema di tipo morale ed umanitario, la politica di Cooperazione ed aiuto allo sviluppo rientra a pieno titolo nelle azioni volte ad assicurare la pace e la giustizia tra le nazioni come dettato dalla Costituzione. Tale consapevolezza, del resto, era ben sentita dalle grandi potenze; è significativo quanto il Presidente degli Stati Uniti Truman ebbe a dire nel 1949 «...Più della metà della popo-

lazione mondiale vive in condizioni prossime alla miseria. La sua alimentazione è insufficiente. Questi popoli sono vittime delle malattie. La loro vita economica è primitiva e stagnante. La loro povertà è un ostacolo ed una minaccia sia per loro stessi sia per i paesi più progrediti...»².

In realtà nel panorama internazionale furono istituite numerosissime organizzazioni che, almeno in linea di principio e secondo gli obiettivi indicati negli atti costitutivi (anche se poi in molti casi questi principi nella pratica attività sono stati quanto meno distorti), assolvevano a tale scopo. Non è qui il caso di farne un elenco esaustivo, ma giova citarne le principali quali: l'ONU (Organizzazione delle Nazioni Unite) nata con la firma della Carta della Nazioni Unite da parte di 50 Paesi il 26 giugno 1945, come evoluzione dalla SDN (Società Delle Nazioni); il FMI (Fondo Monetario Internazionale) creato a Bretton Woods negli USA nel 1944 che si proponeva, mediante la concessione di prestiti, la eliminazione degli squilibri temporanei delle bilance dei pagamenti; la BIRS (Banca Internazionale per la Ricostruzione e lo Sviluppo) o Banca Mondiale che, creata anch'essa nel 1944, iniziò la sua attività nel 1946; il GATT (Accordo Generale sulle Tariffe doganali ed il Commercio) entrato in vigore il 1° gennaio 1948 e successivamente trasformatosi in WTO (Organizzazione Mondiale per il Commercio); la FAO (Food and Agriculture Organization) creata nel 1945 a Québec con sede in Roma; l'OMS (Organizzazione Mondiale della sanità) creata nel 1948 con sede a Ginevra; l'UNICEF (United Nations International Children's Emergency Fund) creato nel 1946; l'OCSE o OCDE (Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico) istituita a Parigi il 14 dicembre 1960.

Si avviò così in Italia, fin dall'immediato dopoguerra, in conformità con il dettato costituzionale, una intensa attività di partecipazione a tutti gli organismi internazionali aventi per obbiettivo la promozione dello sviluppo dei paesi più arretrati, che si può chiamare di Cooperazione multilaterale, mentre l'attività diretta con rapporti bilaterali, risultò molto più lenta a decollare.

Negli anni 50 l'Italia si trovava in una situazione di ricostruzione del suo apparato produttivo, con un reddito pro capite ancora largamente inferiore a quello degli altri paesi industrializzati (condizione che si protrarrà ancora per un lungo periodo), con ingenti investimenti, sia pubblici che privati, da

² G. MEDICI, *Lezioni di Politica Economica*, Bologna, 1967.

attuare al suo interno, per recuperare competitività sul mercato internazionale e la concomitante necessità di attivare un flusso di esportazione in grado di finanziare le importazioni di materie prime. Nella seconda metà degli anni cinquanta, infatti, l'Italia aderiva, con il trattato di Roma (1957), alla costituzione della CEE (Comunità Economiche Europee) che, se da un lato la inserì in una area di mercato comune europeo in grado di fronteggiare meglio la concorrenza extraeuropea, dall'altro pose l'industria italiana in diretta concorrenza con gli altri iniziali 5 paesi partners dell'Europa, con i quali gli scambi divennero liberi e senza più alcuna protezione.

Altro problema interno di quel periodo, peraltro a tutt'oggi non ancora superato, era rappresentato dai forti squilibri territoriali da colmare; il nord già fortemente industrializzato e con una ricostruzione rapida in corso, il sud ed in generale le zone montane appenniniche, prevalentemente agricole e con flusso di emigrazione, fortemente incoraggiato dai governi dell'epoca per fronteggiare la grave disoccupazione. Per citare solo l'emigrazione verso i paesi partners del trattato di Roma si pensi al trasferimento di centinaia di migliaia di contadini meridionali verso la Germania ed il Belgio. Nel solo Belgio si stima che circa 300 mila persone furono «incoraggiate» ad emigrare negli anni '50. Il conseguente abbandono progressivo delle aree svantaggiate, richiedeva interventi straordinari, quali la costituzione della Cassa per il Mezzogiorno e le varie leggi per la montagna, che prevedevano l'impiego di notevoli risorse finanziarie. Vi erano poi somme non trascurabili da pagare a titolo di risarcimento dei danni di guerra a paesi come la Jugoslavia, la Tunisia e la Libia.

Inoltre l'Italia aveva una breve e limitata esperienza coloniale che non le aveva consentito, fatta esclusione per la Somalia, di stabilire stretti rapporti economici e politici, come, invece, era avvenuto con le proprie colonie od ex colonie per Francia e Gran Bretagna, Belgio, Olanda. Né il peso politico internazionale era tale da giustificare un ruolo di primo piano nel panorama internazionale attraverso l'assistenza economico-finanziaria erogata per fini politici come avvenne per USA ed URSS.

Questo complesso di situazioni ha fatto sì che fino agli anni sessanta la politica italiana di Assistenza allo sviluppo si sia rivolta prevalentemente alla Somalia e si sia limitata quasi esclusivamente agli aiuti alle esportazioni attraverso crediti agevolati e garanzie sussidiarie. Le ditte esportatrici, infatti, hanno potuto così utilizzare lo strumento dei pagamenti dilazionati, assicurandosi forniture in condizioni di concorrenza con gli altri paesi industriali.

La seconda fase: dello sviluppo industriale accelerato, della programmazione economica e della Cooperazione tecnica bilaterale allo sviluppo

Negli anni '60, con lo sviluppo industriale in piena evoluzione, il miglioramento della bilancia dei pagamenti e dell'occupazione, grazie ad un vantaggio competitivo dovuto a livelli di salari ancora inferiori a quelli degli altri paesi concorrenti, l'Italia iniziò a pensare ad una politica rivolta ai paesi in via di sviluppo più consistente, sia pure sempre in un'ottica di favore alle esportazioni per il sostegno della crescita interna e di aiuti a titolo gratuito principalmente rivolti alla Somalia.

Inoltre, i primi governi di centro sinistra, scaturiti dalla rottura del fronte popolare da parte del Partito Socialista Italiano e dalla sua contemporanea alleanza con la Democrazia Cristiana, manifestarono un nuovo interesse per l'impegno italiano nella politica dello sviluppo.

Infatti è del 1962 la legge (L. 26/10/1962 n°1594 Collaborazione tecnica bilaterale con i paesi in via di sviluppo) che per la prima volta estende l'impegno italiano su di un'area geografica oltre i confini delle ex colonie.

Nel Programma Economico Nazionale 1966/1970 furono fissati obiettivi che, con il senno di poi, potremmo definire troppo ambiziosi: fu infatti previsto un impegno finanziario nel quinquennio di mille miliardi, a lire 1963, per l'assistenza allo sviluppo. Previsione che corrispondeva allo 0,70% del reddito nazionale ed un'ipotesi di un suo tasso di crescita annuo pari al 5%.

L'evolversi dei fatti fu assai diverso da quanto previsto nel programma, tuttavia in quel periodo incominciò a profilarsi una politica più aperta e nel '66 venne emanata la legge Pedini (L. 08/11/1966 n°1033) che introdusse la possibilità per i giovani di leva di svolgere un servizio di volontariato sostitutivo di quello militare in programmi di aiuto ai paesi in via di sviluppo.

La terza fase: della Cooperazione tecnica allo sviluppo

Si dovette, tuttavia, attendere il 1971 per avere il primo intervento legislativo organico, con la legge 15/12/1971 n°1222 «Cooperazione tecnica con i paesi in via di sviluppo», che avviò la fase della politica cosiddetta della Cooperazione tecnica. Essa venne definita come il complesso di iniziative «volte a favorire e promuovere il progresso nei PVS»; in realtà si trattava di promuovere ed incentivare, secondo il principio «degli interessi reciproci», la partecipazione delle imprese italiane alle iniziative di cooperazione. All'art. 2 il

MAE (Ministero degli Affari Esteri) per la prima volta venne individuato come il soggetto responsabile della politica di aiuto ai paesi in via di sviluppo, con l'incarico della supervisione della Cooperazione pubblica e privata.

Seguì un periodo di transizione nel quale il passo avanti costituito dalla legge 1222/71 fu al centro di un dibattito sulla necessità di dare a questo importante settore della politica estera degli indirizzi e delle strutture per la sua gestione più consone ai tempi e, soprattutto, più simili a quelle degli altri paesi «donatori». Si arrivò così all'importante legge «Ossola» (L. 24/05/1977 n. 227) «Disposizioni sull'assicurazione e sul finanziamento dei crediti inerenti all'esportazione di merci e servizi, all'esecuzione di lavori all'estero nonché alla cooperazione economica e finanziaria in campo internazionale» che di fatto costituisce la premessa all'approvazione, nel 1979, della prima vera organica legge della politica italiana di Cooperazione allo sviluppo.

La quarta fase: della Cooperazione allo sviluppo come parte integrante delle relazioni economiche internazionali

Venne così varata il 09/02/1979 la legge n°38 «Cooperazione dell'Italia con i paesi in via di sviluppo». Questa legge rappresenta la premessa alla fase attuale della Cooperazione dell'Italia con i paesi in via di sviluppo. In essa si superarono i concetti di «cooperazione tecnica bilaterale» (affermato con le leggi del '62 e del '66) e quello di «cooperazione tecnica» (introdotto dalla legge del '71) e si introdusse una concezione della Cooperazione molto più ampia che investe tutti gli aspetti del progresso socio-economico dei paesi destinatari.

Fin dall'art.1 si indicarono i nuovi obiettivi in sintonia con la Carta delle Nazioni Unite, là dove si dice che la cooperazione allo sviluppo «comprende le iniziative pubbliche e private... dirette a favorire il progresso economico e sociale, tecnico e culturale di tali paesi, in armonia con i loro programmi di sviluppo. Essa persegue obiettivi di solidarietà tra i popoli, ispirandosi a principi stabiliti dalle Nazioni Unite. La cooperazione con i paesi in via di sviluppo è parte integrante delle relazioni economiche internazionali che l'Italia promuove, nel quadro della interdipendenza dello sviluppo di tutti i paesi».

Fin da questo articolo introduttivo si possono rilevare le importanti novità di una attività mirata allo «sviluppo complessivo» e non solo alla «crescita» economica, del concetto di solidarietà, di armonizzazione con i pro-

grammi di sviluppo locali, di coerenza con i principi delle Nazioni Unite e con la politica della Comunità Europea. Non può non sfuggire, tuttavia, una certa contraddizione con questi principi, là dove si pone l'accento sulla cooperazione come *parte integrante delle relazioni economiche*, reintroducendo così la precedente impostazione del ruolo prevalente degli aspetti commerciali che, nell'esperienza degli anni precedenti, avevano conferito alle iniziative di Cooperazione un carattere più attento agli interessi delle imprese italiane esportatrici che a quelli delle popolazioni destinatarie delle iniziative stesse.

A questi nuovi obbiettivi e funzioni corrispose una radicale ristrutturazione del quadro istituzionale per coordinare l'impiego di tutti gli strumenti di intervento. La legge affidò, quindi, al CIPES (Comitato interministeriale per la politica economica estera), istituito dalla precedente legge Ossola, tra gli altri, il compito di formulare «gli indirizzi della cooperazione allo sviluppo, nella visione di una politica unitaria e globale del settore, coordinata con la politica economica estera e con gli obiettivi della cooperazione economica internazionale, indicando tra l'altro la priorità per aree geografiche, paesi, settori e strumenti di intervento. Nonché la ripartizione di massima delle disponibilità finanziarie tra i canali multilaterali e i canali bilaterali».

Come si vede la ambiguità segnalata nell'art. 1 trova qui corrispondenza negli strumenti che vedono un Comitato di stampo economico (sia pure presieduto dal Ministro degli Esteri ed integrato di volta in volta dai ministri dei settori non economici coinvolti nelle iniziative) assumere le decisioni fondamentali della politica allo sviluppo che viene inserita in una «visione» essenzialmente di politica economica estera. Tuttavia circa le priorità, per la prima volta, si parla di programmi e progetti integrati per singoli paesi o gruppi di paesi della stessa area geografica, in funzione di un potenziamento delle strutture e capacità produttive locali, garantendo un adeguato volume di interventi a quei paesi che hanno con l'Italia particolari rapporti e cercando sinergie con i programmi di altri paesi donatori, stimolando nel contempo la partecipazione tecnica e finanziaria dei paesi beneficiari.

Per una più organica gestione di questa politica venne istituito un Dipartimento per la Cooperazione allo Sviluppo (art. 9) con autonomia operativa e finanziaria, nell'ambito degli organi centrali del Ministero degli Affari Esteri, di fatto equiparato ad una Direzione Generale. Ad esso, sotto il coordinamento di un Comitato direzionale presieduto dal Ministro degli Affari Esteri e composto da Direttori generali dello stesso Ministero e da funzionari degli altri Ministeri la cui competenza di volta in volta si fosse resa necessaria, vennero affidati tutti i compiti di attuazione della legge ed in particola-

re quelli di studio dei problemi, trattazione delle questioni inerenti rapporti con i soggetti internazionali, i negoziati per gli accordi internazionali inerenti la cooperazione, la programmazione e l'adozione delle iniziative.

Al Dipartimento venne affiancato un Comitato consultivo composto da esperti, in rappresentanza di tutti i soggetti pubblici e privati in qualche modo coinvolti nelle politiche di cooperazione allo sviluppo, con il compito di fornire pareri e raccomandazioni sulla applicazione delle iniziative previste dalla legge.

Si tratta di un grosso passo avanti rispetto al Servizio per la cooperazione tecnica della legge 1222/71 che era controllato dalla Direzione generale per la Cooperazione Culturale, Scientifica e Tecnica.

Dal punto di vista finanziario la legge per la prima volta distinse il credito per lo sviluppo da quello per favorire le esportazioni, anche se poi in pratica, essendo ambedue gli strumenti gestiti dallo stesso Istituto di credito, il Mediocredito Centrale, si ebbero molte sovrapposizioni. In ogni caso i mezzi finanziari destinati alla attuazione della legge vennero costituiti in Fondo Speciale per la Cooperazione allo sviluppo con la istituzione di una apposita contabilità speciale presso la Tesoreria Provinciale dello Stato di Roma.

Altra importante innovazione fu la regolamentazione dei rapporti con le Organizzazioni Non Governative (ONG) costituendo una sorta di albo di quelle riconosciute e stabilendo il carattere dei progetti da finanziare, ivi compresa la modalità di svolgimento dei servizi dei volontari e di quelli previsti come equiparazione del servizio militare.

Il dibattito politico durante gli 8 anni di applicazione della legge 38/79

Questa prima legge organica sulla politica di Cooperazione allo sviluppo ha portato ad un aumento consistente delle risorse finanziarie destinate ai paesi in via di sviluppo. Tuttavia trattandosi del primo tentativo di inquadrare ed organizzare una politica complessiva di cooperazione, la sua applicazione ha mostrato tutta una serie di limiti e di necessità di revisione. Negli anni della sua applicazione così, con lo stimolo anche della congiuntura internazionale, caratterizzata da crescenti squilibri nel livello e nel tasso di sviluppo e soprattutto alcune gravi emergenze verificatesi in varie parti del terzo mondo che avevano reso di urgente attualità il problema, si sviluppò un ampio dibattito circa i modi di rendere più efficace ed adeguata alle esigenze tale politica.

L'esame critico della legge e della sua applicazione si svolse sotto la luce di un dibattito teorico sul concetto di sviluppo e di benessere che ruotava intorno alle teorie di A. Sen, in precedenza ricordate, – «Il conseguimento del benessere di una persona può essere visto come una valutazione della 'bontà' (wellness) della sua condizione di essere»³– e che aveva già influenzato l'impostazione dei principi ispiratori della legge, ma non aveva trovato corrispondenza piena nelle azioni, in quanto non ancora assimilato nella cultura dei vari soggetti decisionali.

Ciò che soprattutto veniva criticato era: la mancanza di unitarietà tra i vari interventi settoriali da parte dei vari Ministeri, malgrado le dichiarazioni di principio contenute nella legge, la complessità e lentezza burocratica delle procedure, la concezione stessa di sviluppo che rifletteva una visione dominata dal tentativo di trasmettere in ogni situazione lo stesso modello di sviluppo attuato nei paesi industrializzati, la necessità di soddisfare i bisogni elementari delle popolazioni, la necessità di non considerare la sola crescita (aumento del Prodotto interno lordo) ma lo sviluppo inteso come affermazione dei diritti umani e pertanto una evoluzione dei sistemi sociali ed istituzionali secondo percorsi autonomi e valorizzando le risorse interne con un processo di tipo endogeno.

Un contributo sostanziale al dibattito ed alla vera e propria lotta politica per il raggiungimento di tali cambiamenti fu dato dal Partito Radicale come reazione all'emergenza della fame nell'Africa in generale e nel Sahel in particolare.

Vennero così avanzate numerose proposte di progetti di legge basati su nuove linee politiche per il superamento della legge 38/79.

I principi più innovatori riguardavano una scelta mirata delle iniziative di cooperazione che subordinassero la crescita economica agli altri aspetti dello sviluppo, come:

- La modifica delle priorità, antepoendo i valori di solidarietà internazionale ed i diritti umani, in particolare delle popolazioni più povere, come presupposto per
- Privilegiare la realizzazione integrale delle aspettative di vita
- Destinare una quota fissa, ad un livello molto superiore di quello raggiunto in quegli anni, del valore dell'Aiuto Pubblico allo Sviluppo rispetto al valore annuo del PIL (Prodotto Interno Lordo)

³ A. SEN, *Il tenore di vita. Tra benessere e libertà*, Venezia, 1993.

Al fine di dare uno sbocco operativo al dibattito furono organizzate due Conferenze Nazionali (nel 1981 e 1985) nelle quali emersero due diversi orientamenti circa le modalità di affrontare le situazioni di emergenza internazionale, da un lato chi riteneva queste dovessero essere prevenute e, se del caso, affrontate utilizzando il normale strumento legislativo opportunamente rivisto e chi, invece, riteneva necessari interventi di carattere straordinario.

Nelle more della discussione, fu deciso di emanare una legge integrativa e non sostitutiva della 38/79 che consentisse di affrontare le emergenze, in attesa dell'approvazione di una nuova legge che recepisce le istanze emerse dal dibattito.

Fu varata così la legge n°73 del 8/03/1985 Realizzazione di programmi integrati plusectoriali in una o più aree sottosviluppate caratterizzate da emergenza endemica e da alti tassi di mortalità. Essa rappresentò uno strumento per intervenire con urgenza secondo le priorità emerse dal dibattito attraverso la istituzione del FAI (Fondo Aiuti Italiani), gestito con poteri straordinari affidati per delega del Ministro degli Affari Esteri ad un sottosegretario (a quell'epoca Francesco Forte).

I poteri straordinari consistevano nel mandato di predisporre una nuova normativa organica, di creare delle infrastrutture necessarie alla realizzazione delle iniziative, di istituire un Servizio Speciale che riunisse 30 esperti oltre che del MAE, anche di altre amministrazioni dello Stato e personale dei paesi destinatari, di utilizzare le ONG anche se non inserite nell'albo previsto dalla legge in vigore, di stipulare convenzioni e contratti e di organizzare il monitoraggio degli effetti degli interventi.

Secondo i parametri adottati nella Convenzione di Lomé nel 1984 dai paesi europei e quelli ACP (Paesi dell'Africa, dei Caraibi e dell'America Latina associati alla Comunità europea e firmatari delle Convenzioni di Yaoundé e di Lomé), furono stabilite dal CIPES le priorità geografiche per gli interventi che privilegiavano i paesi con più alto tasso di mortalità e nei quali era più urgente intervenire sulla sicurezza alimentare e sullo stato di salute in particolare dei bambini e delle donne. Considerando il fatto che la sicurezza alimentare non dipende solo dalla disponibilità degli alimenti in quantità e qualità necessarie, ma anche, se non soprattutto, dalla localizzazione e distribuzione nel tempo e dalla accessibilità ai rifornimenti, il criterio prevalente fu quello di creare infrastrutture di appoggio per la produzione, conservazione e distribuzione dei prodotti agricoli alimentari senza provocare crisi sui sistemi produttivi e sui mercati interni.

Furono anche recepite le richieste di destinare risorse sicure e consistenti per la cooperazione, attraverso lo stanziamento di un fondo di 1.900 miliardi di lire per 18 mesi, stabilendo che eventuali residui sarebbero andati ad integrare le risorse della legge 38/79.

La quinta fase: della Cooperazione allo sviluppo come parte integrante della politica estera

Il periodo di intenso dibattito, durante il quale si rese necessaria una proroga della legge n°73 del 1985, si concluse con la discussione in Parlamento di un testo di legge che unificava 6 proposte e con l'approvazione di una nuova legge, la n°49 del 26 febbraio 1987 «Nuova disciplina della Cooperazione dell'Italia con i paesi in via di Sviluppo» che è la legge attualmente in vigore, anche se integrata e modificata in alcune parti da leggi successive. Alla discussione avevano partecipato tutte le forze economiche e sociali interessate alla Cooperazione, comprese, per la prima volta, le ONG. Questa legge, pur conservando l'impianto e l'impostazione della precedente, apportò delle modifiche che, almeno in linea di principio, erano innovative. Ciò ha fatto sì che da parte di alcuni si esprimesse un giudizio positivo per i non trascurabili progressi verso una Cooperazione più organica, incisiva e coerente con le nuove concezioni dello sviluppo, da parte di altri, invece si ritenesse che di fatto nella sostanza cambiasse ben poco, sia pure con una forma diversa.

L'approvazione di questa legge, che portò alla abrogazione delle due precedenti, introdusse una concezione di Cooperazione nuova, definendola all'art.1 come «parte integrante della politica estera» (anziché «parte integrante delle relazioni economiche internazionali» come era stata definita nella legge precedente). È rafforzato il riferimento della cooperazione italiana agli organismi internazionali con l'affermazione che essa «persegue obiettivi di solidarietà tra i popoli e di piena realizzazione dei diritti fondamentali dell'uomo, ispirandosi ai principi sanciti dalle Nazioni Unite e dalle convenzioni CEE-ACP.» Molto più mirata ed innovativa risulta anche la finalizzazione delle azioni previste, che debbono essere rivolte al «...soddisfacimento dei bisogni primari e in primo luogo alla salvaguardia della vita umana, alla autosufficienza alimentare, alla valorizzazione delle risorse umane, alla conservazione del patrimonio ambientale, all'attuazione e al consolidamento dei processi di sviluppo endogeno e alla crescita economica, sociale e culturale dei paesi in via di sviluppo. La cooperazione allo sviluppo deve essere altresì fina-

lizzata al miglioramento della condizione femminile e dell'infanzia ed al sostegno della promozione della donna».

Al fine di rendere più efficace l'azione di cooperazione si introdusse il criterio di intervenire sulla base di «programmi Paese» e secondo precise priorità geografiche: infatti le iniziative «dovranno essere collocate prioritariamente nell'ambito di programmi plurisettoriali concordati in appositi incontri intergovernativi con i paesi beneficiari su base pluriennale e secondo criteri di concentrazione geografica».

Altro importante concetto riguarda il tipo di rapporti di cooperazione che può essere svolta sul piano bilaterale (con accordi tra l'Italia ed un Paese beneficiario), sul piano multilaterale (attraverso la partecipazione ad organismi internazionali), e su quello multilaterale (di tipo bilaterale, ma attraverso organismi internazionali).

Anche i tipi di attività che rientrano nella Cooperazione, comprendono i tradizionali temi, ma anche importanti novità: la elaborazione di studi, la progettazione, la fornitura e costruzione di impianti, le infrastrutture, le attrezzature e servizi, la realizzazione di progetti di sviluppo integrati e l'attuazione delle iniziative anche di carattere finanziario, atte a consentire il conseguimento delle finalità della legge, cioè principalmente il soddisfacimento dei bisogni primari delle popolazioni destinatarie; per la prima volta si fa riferimento ad attività di informazione e comunicazione mirate che favoriscano la crescita democratica e della promozione sociale delle popolazioni locali. La legge si riferisce poi specificatamente, tra le altre, alle attività dell'assistenza tecnica e del monitoraggio degli interventi, della formazione professionale dei cittadini dei paesi beneficiari, ma anche di quelli italiani destinati a svolgere attività di Cooperazione allo sviluppo, nonché alla promozione della educazione allo sviluppo, anche a livello scolastico, ed alla intensificazione degli scambi culturali, specialmente tra i giovani, alla realizzazione di interventi in materia di ricerca scientifica e tecnologica per il trasferimento di tecnologie appropriate nei Paesi in via di Sviluppo. Anche quest'ultimo risulta essere un importante elemento di novità in quanto l'acquisizione del concetto di «tecnologie appropriate» fu il risultato dell'analisi critica sulla Cooperazione elaborata in seguito al fallimento di molti programmi di intervento basati sul trasferimento delle tecnologie messe a punto nei e per i paesi industrializzati che, se ha portato vantaggi alle imprese produttrici di questi ultimi ha spesso causato più danni che vantaggi nei paesi destinatari. In coerenza con le finalità della legge, vennero poi individuate azioni volte al sostegno alla realizzazione di progetti da parte delle ONG, alla lotta alla droga mediante riconversione agricola, agli inter-

venti per migliorare la condizione femminile e dell'infanzia. A tal fine fu istituito, in seno alla Direzione Generale, un Ufficio di studio e proposta per la promozione del ruolo della donna nei Paesi in via di sviluppo.

Un'altra importante novità riguarda la possibilità che una parte non trascurabile di queste attività possono essere attuate, sotto il coordinamento del MAE, anche dalle Regioni, province autonome e ed enti Locali. Si avviò così, da quella data, una attività di Cooperazione cosiddetta decentrata che attualmente ha raggiunto livelli ragguardevoli.

Un segno importante della maggior attenzione per i problemi della Cooperazione e del cambiamento qualitativo della sua concezione è stata la istituzione della Direzione Generale per la Cooperazione allo Sviluppo nell'ambito del MAE, in luogo del Dipartimento. Essa opera secondo un organigramma che prevede Unità tecniche locali nei vari Paesi destinatari delle attività ed una Unità Tecnica Centrale della Cooperazione per lo studio e la ricerca nel campo della Cooperazione allo sviluppo, la individuazione, istruzione, formulazione, valutazione, gestione e controllo delle iniziative.

Per l'attuazione di questa politica la legge prevedeva la costituzione del Comitato Direzionale per la Cooperazione allo Sviluppo presso il MAE con il compito di definire le direttive per l'attuazione della legge, di deliberare la programmazione delle attività ed in generale di approvare le iniziative più rilevanti di Cooperazione ed ogni questione ritenuta opportuna dal Ministro degli Affari Esteri che lo presiede. A fianco del Comitato Direzionale fu prevista la costituzione del CICS (Comitato interministeriale per la Cooperazione allo sviluppo) con funzioni di indirizzo generale, quali la definizione degli indirizzi programmatici e delle priorità geografiche e funzioni di attuazione delle attività. Questo organismo è stato poi soppresso con la legge 537/1993 e le sue funzioni di programmazione sono state trasferite al CIPE (Comitato interministeriale per la programmazione economica), mentre quelle di attuazione delle attività sono state trasferite direttamente al MAE. La stessa legge, analogamente, ha soppresso il Comitato Consultivo per la cooperazione allo sviluppo, già istituito dalla legge 38/79 e confermato dalla legge 49/87, che, tra l'altro, aveva la funzione di trasmettere al Parlamento una valutazione sulle linee direttrici decise dal Comitato Direzionale, così come è stata soppressa la Commissione per le Organizzazioni Non Governative.

Altro strumento importante per lo svolgimento delle attività della Direzione generale è rappresentato dall'IAO (Istituto Agronomico per l'Oltremare) di Firenze, che già venne individuato come organo tecnico-scientifico del MAE nel 1962 ed in questa legge è stato riconfermato in questo ruolo con il

compito di fornire i servizi di consulenza e di assistenza nel campo dell'agricoltura, nonché per l'attuazione e la gestione di iniziative di sviluppo nei settori agro-zootecnico, forestale e agro-industriale. È opportuno far notare che la presenza a Firenze di questo Istituto trova un'importante sinergia con l'Università degli Studi di Firenze dove è attivato un corso di laurea in Scienze e Tecnologie agrarie tropicali e subtropicali e dove numerosi Dipartimenti svolgono una intensa attività di ricerca in questo campo.

La gestione finanziaria fu impostata sulla base di un'autonomia finanziaria della Direzione Generale per la Cooperazione allo sviluppo, che poteva contare su risorse incluse in un Fondo Speciale. Questa impostazione è stata successivamente modificata con la legge n°559 del 1993 che ha stabilito che i mezzi finanziari sono rappresentati da stanziamenti iscritti in un'apposita rubrica istituita nello stato di previsione del MAE, dagli apporti eventuali degli stessi Paesi in via di sviluppo, da fondi raccolti dagli Enti locali, da donazioni e da qualsiasi altro provento derivante delle attività della stessa Direzione Generale.

Occorre anche ricordare che la legge ha disciplinato in modo articolato le modalità dell'impiego e del trattamento economico di personale del MAE, di altri Ministeri ed Enti pubblici, nonché di personale esperto esterno così da garantire il corretto svolgimento delle complesse attività di Cooperazione.

Infine furono disciplinate le modalità di collaborazione delle ONG alle attività di Cooperazione.

L'applicazione della legge e le attuali tendenze

Si tratta certamente di una legge molto più moderna delle precedenti, che ha in buona misura colmato il divario dal punto di vista concettuale e normativo che separava l'Italia dagli altri paesi impegnati nelle attività di Cooperazione allo sviluppo. Tuttavia da diversi anni da più parti si sostiene la necessità di una nuova legge più attuale. In realtà una spinta decisiva al ripensamento ed il via ad un processo di revisione con la formulazione di varie proposte di legge, presero le mosse dal coinvolgimento della gestione della politica di Cooperazione nelle vicende della operazione giudiziaria cosiddetta di «mani pulite». Malgrado le finalità della legge 49/87 di carattere prevalentemente solidaristico ed umanitario, infatti, si verificarono molti casi di un uso distorto dei mezzi destinati alla Cooperazione. Secondo molte opinioni, emerse nei primi anni '90, in occasione della Conferenza sulla Cooperazio-

ne dell'ottobre 1992 e nel dibattito politico che è seguito, nonché nelle varie inchieste, principalmente in quella parlamentare, la legge non poneva sufficienti limiti ad un uso delle risorse in contraddizione con le finalità. Furono denunciati usi delle risorse destinate alla Cooperazione, per finanziare attività di tipo militare in alcuni paesi o per interventi italiani militari ufficialmente considerati di tipo umanitario, come quelli in Somalia e Mozambico, che erano esplicitamente esclusi dalla legge, ed agevolazioni a favore e nell'interesse delle grandi imprese italiane. Anche nelle dichiarazioni ufficiali di membri del governo si denunciò il rischio di usi distorti in tal senso e si insisteva sulla necessità di introdurre meccanismi di controllo per evitarli.

Il tentativo di risanare le conseguenze degli scandali e di riorganizzare le forme di finanziamento della Cooperazione, introducendo norme più restrittive, con una serie di decreti e di leggi nei primi anni '90 portò di fatto ad uno squilibrio tra stanziamenti e pagamenti, aggravato dalla complessità delle procedure burocratiche. Ciò si tradusse in una diminuzione drastica della capacità di spesa e nella impossibilità di rispettare gli impegni già presi. Il 1991 e 1992 rappresentarono due anni di forte crisi, con una paralisi delle attività di Cooperazione e conseguente drastica riduzione dell'ammontare degli aiuti negli anni successivi, che aveva conosciuto alla fine degli anni '80 uno sviluppo, almeno in termini quantitativi, senza precedenti. Questa situazione era anche aggravata da una mancanza di trasparenza nella gestione dei fondi anche a causa della soppressione di quei meccanismi previsti dalla legge di informazione sistematica del Parlamento.

Si è fatta così strada l'idea, sostenuta da varie parti politiche, della necessità di separare le responsabilità della guida politica della Cooperazione per lo Sviluppo dalla elaborazione e gestione tecnico-finanziaria delle iniziative, da affidare ad una Agenzia autonoma dal MAE. I numerosi progetti di legge presentati dai partiti dell'allora maggioranza andavano in questo senso e sono stati alla fine degli anni '90 ricomposti in un testo unificato presentato dal Governo ed approvato dal Senato della Repubblica alla fine della passata legislatura, senza, tuttavia, aver concluso l'iter dell'approvazione. Al MAE veniva affidata la responsabilità dell'indirizzo politico, la scelta dei paesi prioritari, la individuazione dei programmi-paese e la distribuzione delle risorse, all'Agenzia tecnica, invece, competeva la individuazione e la realizzazione dei progetti, nonché la gestione dei fondi.

La storia della Cooperazione italiana per lo Sviluppo ha conosciuto periodi molto tormentati. Ci sono voluti alcuni decenni per la maturazione completa di concetti della solidarietà e della difesa dei diritti umani, che supe-

rassero una visione degli aiuti erogati con finalità prevalentemente economiche. Nella prassi tale superamento, come si è visto, non è ancora del tutto acquisito. L'aiuto italiano in termini quantitativi, pur avendo conosciuto vicende alterne, si è incrementato, ma resta ancora ampiamente al di sotto di quello dei principali paesi industrializzati, soprattutto in termini relativi rispetto al Prodotto Interno Lordo (TAB. 1).

Le preoccupanti tensioni politiche che stanno caratterizzando gli ultimi anni del secolo appena terminato ed i primi di questo, sono certamente il risultato degli squilibri nei livelli e nei tassi di sviluppo e di benessere dei vari paesi: mai come oggi suonano come attuali le parole ricordate all'inizio di questo scritto dal Presidente degli Stati Uniti Truman nel 1949 «...La loro povertà è un ostacolo ed una minaccia sia per loro stessi sia per i paesi più progrediti...». Ciò dovrebbe ispirare una attenzione, in termini sia di quantità di risorse, sia di qualità dei contenuti, di organizzazione ed efficienza delle azioni molto maggiore che in passato. Anche solo secondo un'ottica meramente egoistica, è oramai certo che i sacrifici di destinare una parte più consistente del Reddito Nazionale a questi fini, siano enormemente inferiori a quelli legati ai pericoli di forti ed inarrestabili emigrazioni di popoli e di conflitti inevitabili stante l'attuale situazione di ingiusta distribuzione della ricchezza.

Aiuti pubblici italiani ai Paesi in via di sviluppo dal 1950 al 1998

Fase	Leggi	Anni
I fase	L. 28/06/1960 n.643 - Cessazione amministrazione fiduciaria italiana della Somalia	1950-53
	L. 08/03/1961 n.157 - Assistenza tecnica e finanziaria alla Somalia e liquidazione della Cassa per la circolazione monetaria della Somalia	1956 1957 1958 1959 1960 1961
II fase	L. 01/02/1962 n.367 - Ratifica ed esecuzione di alcuni accordi con la Somalia	1962
	L. 26/10/1962 n.1594 - Collaborazione tecnica bilaterale con i paesi in via di sviluppo	1963
	L. 08/11/1966 n.1033 - (Legge Pedini) Norme integrative del capo IX del D.P.R. 14/02/1964 n° 237 per la dispensa dal servizio di leva dei cittadini che prestino servizio di assistenza tecnica in P.V.S. secondo accordi stipulati dallo Stato Italiano	1964
	L. 28/02/1967 n.131 - Disposizioni sull'assicurazione e sul finanziamento dei crediti inerenti alle esportazioni di merci e servizi, all'esecuzione di lavori all'estero nonché all'assistenza di P.V.S.	1965 1966
	L. 09/08/1967 n.735 - Proroga della legge 29/12/1961 n°1528	1967
	L. 23/12/1967 n.1378 - Assistenza tecnica, culturale, economica e finanziaria alla Somalia	1968
	L. 28/03/1968 n. 380 - Collaborazione tecnica bilaterale con i P.V.S. per il quadriennio 1968/71	1969
	L. 08/02/1970 n.75 - Modificazioni ed integrazioni alla legge 08/11/1966 n°1033 (legge Pedini)	1970
III fase	L. 15/12/1971 n.1222 - Cooperazione tecnica con i paesi in via di sviluppo	1971 1972 1973 1974
	L. 24/05/1977 n. 227 - (legge Ossola) Disposizioni sull'assicurazione e sul finanziamento dei crediti inerenti all'esportazione di merci e servizi, all'esecuzione di lavori all'estero nonché alla cooperazione economica e finanziaria in campo internazionale	1975 1976 1977 1978
IV fase	L. 08/02/1979 n. 38 - Cooperazione dell'Italia con i paesi in via di sviluppo	1979 1980 1981 1982 1983
	L. 08/03/1985 n.73 - Realizzazione di programmi integrati pluri-settoriali in una o più aree sottosviluppate caratterizzate da emergenza endemica e da alti tassi di mortalità (Istituzione del FAI)	1984 1985 1986
V fase	L. 26/02/1987 n.49 - Nuova disciplina della Cooperazione dell'Italia con i paesi in via di sviluppo	1987 1988 1989 1990 1991 1992 1993 1994 1995 1996 1997 1998

Fonte: OCDE

BIBLIOGRAFIA

- MEDICI G., *Lezioni di Politica Economica*, Bologna, 1967.
- MINISTERO DEGLI AFFARI ESTERI, DIREZIONE GENERALE PER LA COOPERAZIONE ALLO SVILUPPO, *Relazione annuale sull'attuazione della politica di cooperazione allo sviluppo*, vari anni.
- MISSONI E., BUSSI M.I., *Nunca aceptes carabelas de desconosidos*, Santafé de Bogota, D.C. Colombia, 1993.
- OCDE, *DAC Peer Review of Italy*, 2000.
- OCDE, *Rapport 1985. Vingt-cinq ans de coopération pour le développement: un examen*, 1985.
- SEN A., *Il tenore di vita. Tra benessere e libertà*, Venezia, 1993.
- VANGI C., *Cooperazione con i paesi in via di sviluppo*, Milano, 1984.
- VOLPI F., *Introduzione all'economia dello sviluppo*, Milano, 1994.

RICCARDO MARGHERITI

CREDITO AGRARIO

LE FINALITÀ DEL CREDITO AGRARIO

Una delle tante «rivoluzioni» economico-sociali che hanno investito l'Europa del ventesimo secolo ha riguardato certamente il settore agricolo, che in poco più di trent'anni è inesorabilmente passato da settore economico trainante e maggior bacino occupazionale ad un ruolo quasi secondario, contribuendo in misura inferiore al 2% sul prodotto interno lordo dei 15 paesi della Comunità europea e fornendo una occupazione pari al solo 5% dei posti lavoro.

In questo quadro, nel quale l'intera agricoltura europea si sta interrogando sul proprio futuro e quella italiana cerca di trovare uno spazio di affermazione specifico, il credito agrario per oltre quarant'anni ha svolto un ruolo non secondario.

Strutturalmente il settore agricolo italiano, come quello comunitario e degli altri paesi industrializzati, presenta, sia pure con modalità e gradi diversi, una elevata dipendenza dall'intervento pubblico e dal credito, nei cui connessi trasferimenti di risorse finanziarie trova un elemento integrante del proprio equilibrio finanziario.

L'imprenditore agricolo ha quindi per lunghi periodi fruito di mezzi finanziari in misura adeguata e a costi contenuti: il calo in atto delle risorse pubbliche associate alle politiche agricole, ha fatto sì che, nell'ultimo decennio, gli investimenti nel settore siano calati del 7% riducendo in tal modo *lo stoc* di capitale accumulato e rendendo estremamente difficoltoso il recupero di competitività da parte delle imprese del settore.

Inoltre anche il settore agricolo non è stato del tutto immune dal deterioramento della qualità del credito erogato: alla fine del 1999 il livello delle sofferenze sugli impieghi bancari al settore primario, ammontava a circa 4000 miliardi, pari al 17,5% del totale dei prestiti erogati al settore in parola (25.000 miliardi al 1999), a fronte di una media relativa al complesso delle branche produttive, pari al 9,6%.

D'altronde sono ben conosciute a tutti le enormi difficoltà che il settore da sempre incontra allorchè si presenta di fronte alle istituzioni creditizie, a differenza di altri comparti produttivi.

E tutto ciò non per strani complessi di inferiorità, ma per connaturati motivi strutturali, che possono essere brevemente riepilogati:

- la produzione agricola e, spesso, anche le sue stesse strutture, sono condizionate dagli andamenti stagionali o da particolari negativi eventi meteorologici;
- gli investimenti nel settore divengono generalmente produttivi solo dopo periodi di talora notevole lunghezza;
- gli ordinamenti produttivi sono caratterizzati da una estrema rigidità e, quindi presentano un'impossibilità o, comunque, gravi ed onerose difficoltà di adattamento alle variabili condizioni di mercato;
- i prodotti agricoli sono prevalentemente da considerare «merce povera» in relazione al loro prezzo in funzione del peso o del volume, con conseguenti influenze negative sui trasporti e sugli stoccaggi;
- i prodotti agricoli presentano un estremo grado di deperibilità fisica ed economica;
- i cicli produttivi in agricoltura sono normalmente lunghi e tali da non consentire il frazionamento degli oneri finanziari sia sui prodotti che sugli ammortamenti.

In sostanza il piccolo e medio operatore agricolo ma in genere anche quello che dispone di una buona patrimonialità di impresa, non è mai stato il miglior cliente del settore creditizio, sia per i lunghi tempi di immobilizzazione dei capitali in relazione alla reperibilità e ai costi della provvista, sia per l'onerosità della gestione di finanziamenti di relativamente piccolo importo, sia per l'elevata quota di rischio.

Sotto l'aspetto strategico, va sottolineato come la «specializzazione» creditizia nell'ambito dei paesi aderenti alla Comunità Europea, abbia in questi anni notevolmente coadiuvato, pur con sostanziali differenziazioni all'interno dei diversi sistemi, l'enfasi produttivistica imposta dalla politica comunitaria. Ciò ha di fatto contribuito a far assumere all'agricoltura europea crescente rilievo economico a livello internazionale.

Non vi è dubbio che il conseguimento delle posizioni di preminenza, acquisite dall'agricoltura europea nei mercati internazionali, si è resa possibile anche grazie al determinante apporto tecnico fornito dai sistemi finanziari fondati sulla specializzazione e su una profonda conoscenza delle problematiche del mondo rurale.

In Italia l'esigenza di assicurare al settore agricolo e soprattutto ai piccoli imprenditori crescenti ed adeguati flussi creditizi è stata assolta fino al 1993, prevalentemente attraverso l'impulso dei sistemi specialistici di credito agrario alla cui base operativa si poneva pur sempre una specifica professionalità e competenza per i problemi e le esigenze finanziarie settoriali.

LA LEGGE N. 1760 DEL 5.7.1928

Nell'ordinamento creditizio del nostro Paese, il credito agrario costituisce una delle forme più antiche di credito speciale e alla fine degli anni venti con il R.D.L. 29 luglio 1927, n. 1509 successivamente convertito, con modificazioni, nella legge 5.7.1928 n. 1760, nasce il primo strumento organicamente finalizzato e specializzato a fornire volumi creditizi al settore primario.

La legge del 1928, oltre che fornire una impostazione razionale e coordinata dell'attività creditizia nel settore agrario, per la prima volta suddivide l'intervento creditizio in due fattispecie fondamentali: il credito di esercizio e il credito di miglioramento.

Il credito agrario riguarda quindi i prestiti ed i mutui per l'esercizio ed il miglioramento dell'agricoltura e rappresenta una particolare forma di credito essenzialmente di destinazione, cioè di credito destinato esclusivamente allo scopo per il quale è stato concesso.

Tutte le erogazioni a valere sul credito agrario sono disciplinate da precise disposizioni di legge, alle quali non è consentito derogare, pena la decadenza dei benefici che lo assistono (fiscali, di garanzia, eventualmente di tasso ecc) e, nel caso limite, la revoca dell'autorizzazione ad esercitarlo.

Tali disposizioni sono vincolanti per gli enti erogatori, che risultano suddivisi in Istituti operanti per legge e Istituti operanti su autorizzazione ministeriale.

Alla prima categoria appartengono gli Istituti Speciali di Credito Agrario a base regionale o interregionale, operanti nei compartimenti loro assegnati e che hanno anche il compito di coordinare, indirizzare ed integrare l'azione creditizia degli enti locali a favore dell'agricoltura, nonché di tenere gli Schedari Regionali del credito agrario, nei quali deve essere presa nota di tutte le operazioni agrarie erogate a favore di aziende comprese nel territori di competenza di ciascun Istituto di credito speciale.

Alla seconda categoria appartengono gli Istituti di credito ordinario, le Casse di Risparmio, i Consorzi Agrari, le Associazioni Agrarie legalmente

costituite, Istituti ed Enti che possono operare esclusivamente nelle provincie e nei comuni indicati nel decreto ministeriale autorizzativo.

Il credito agrario di esercizio viene definito credito essenzialmente fiduciario, causale e formalistico: *fiduciario* in quanto in prima istanza, ancorchè assistito da garanzie particolari – privilegio legale o convenzionale di cui tratteremo più avanti – si basa preminentemente sulla fiducia che ispira il prestatario; *causale* perché deve essere commisurato alle reali necessità del fondo cui si riferisce e deve essere destinato esclusivamente allo scopo richiesto, e *formalistico* in quanto la legge dispone la forma tecnica nella quale deve trovare attuazione.

I prestiti agrari di esercizio sono così classificati dall'art. 2 della legge 5 luglio 1928, n. 1760:

- prestiti per la conduzione delle aziende agrarie e per la utilizzazione, manipolazione e trasformazione dei prodotti; la durata di questa tipologia di prestiti è fino a 12 mesi
- prestiti per l'acquisto di bestiame, macchine ed attrezzi agricoli; la durata di questa tipologia di finanziamenti è fino a 5 anni.
- anticipazioni su pegno di prodotti agricoli depositati in luogo pubblico o privato deposito
- prestiti a favore di enti e associazioni agrarie per acquisto di cose utili alla gestione delle aziende agrarie dei soci nonchè per anticipazioni ai soci in caso di utilizzazione, trasformazione e vendita collettiva dei loro prodotti. La durata di detti finanziamenti è di sei mesi.

La legge 1760/28 stabilisce che i prestiti sopraindicati debbano essere erogati utilizzando la forma tecnica dello sconto di cambiale agraria.

L'art. 7 sempre della legge 1760/28 equipara ad ogni effetto la cambiale agraria a quella ordinaria, il che significa che per quanto non dispone la legge speciale, si applicano alla cambiale agraria le norme della legge cambiaria.

La cambiale agraria si differenzia però da quella ordinaria essendo un titolo puramente causale (e quindi non astratto) per le indicazioni che deve contenere relativamente alla destinazione e alle garanzie e all'ubicazione del fondo al quale il prestito si riferisce.

Le garanzie caratteristiche del credito agrario di esercizio sono:

- privilegio legale
- privilegio convenzionale
- pegno sui prodotti
- avalli e fideiussioni

L'unica operazione di credito agrario di esercizio per la quale la legge non prevede possibilità di acquisire garanzie reali (cioè né privilegio legale né con-

venzionale) è quella concernente i prestiti a favore di enti e associazioni agrarie per acquisto di cose utili alla gestione delle aziende agrarie dei soci.

Il privilegio legale è così chiamato perché è accordato in forza di legge agli Istituti che esercitano il credito agrario; quello convenzionale invece può essere costituito solo mediante apposita convenzione fra le parti. Entrambi i privilegi appartengono alla categoria dei privilegi reali in quanto possono farsi valere anche nei confronti di terzi proprietari: il creditore è cioè assistito dal diritto di seguito.

Il privilegio legale colpisce i frutti pendenti e quelli raccolti nell'anno di scadenza del prestito e le derrate che si trovano nelle abitazioni e fabbriche annesse ai fondi rustici ed annesse ai medesimi; nel caso di acquisto bestiame, macchine e attrezzi agricoli acquistati con il represso dei finanziamenti il privilegio legale si esercita sui beni acquistati dalla parte prestataria e non sugli animali, macchine ed attrezzi che costituiscono già scorte del fondo.

Il privilegio convenzionale si può costituire sui frutti pendenti e su quelli raccolti nell'anno, sopra le derrate che si trovano nei fondi rustici a vario titolo condotti dal prestatario, e su tutto ciò che serve a coltivare ed a fornire i fondi stessi (scorte vive e morte ecc.) per la parte eccedente il valore dei crediti assistiti dal privilegio legale.

In altri termini il privilegio convenzionale è sempre postergato ai privilegi legali, per prestiti concessi precedentemente o susseguenti, ricadenti sulle medesime cose.

Il privilegio convenzionale è valido se:

- risulta da atto scritto
- abbia acquisito data certa mediante registrazione presso l'Ufficio del Registro competente
- sia iscritto sul registro speciale tenuto dalla Conservatoria delle ipoteche

Il credito agrario di miglioramento previsto dall'art. 3 della legge 1760/28 ha lo scopo di fornire i mezzi necessari al rinnovamento, al potenziamento ed all'acquisto del capitale fondiario. Tale credito è nato come naturale derivazione del credito fondiario dal quale ha mutuato: la lunga durata, il sistema di ammortamento a rate costanti, le modalità di perfezionamento mediante la stipula di due contratti, i privilegi di procedura e la garanzia ipotecaria.

Dalle caratteristiche sopra riportate appare in maniera evidente come il credito all'impresa agricola, impostato dalla legge del 1928, renda il sistema creditizio estremamente rigido rispetto alle reali e variabili esigenze di una impresa produttiva.

La banca infatti, dovendo muoversi nell'angusto *habitat* della legge 1760, è portata a riconoscere, nei confronti delle imprese agricole, generiche capacità di credito, in quanto determinate esclusivamente dalla valutazione delle garanzie reali che le aziende stesse sono in grado di offrire al banchiere al momento della contrattazione del finanziamento, e non da specifiche capacità di accesso al credito come vuole una moderna impostazione dell'approccio creditizio.

La valutazione delle garanzie svincolata da una visione prospettica del divenire aziendale, ha comportato, nei primi cinquanta anni di applicazione della legge 1760, una grossa limitazione allo sviluppo di una agricoltura «imprenditoriale» a tutto vantaggio di quella latifondista, anche se come vedremo in seguito la legislazione speciale che ha affiancato nel corso degli anni la legge del 1928, ha in molti casi attenuato con l'intervento delle garanzie pubbliche questo fenomeno, permettendo anche a categorie agricole che non disponevano di beni materiali l'accesso al credito agevolato.

IL CREDITO AGRARIO AGEVOLATO QUALE PRINCIPALE STRUMENTO DI POLITICA AGRARIA DAL 1952 AL 1970

Il «credito agevolato» è costituito da finanziamenti previsti da leggi statali o regionali, che fruiscono di una sovvenzione pubblica, rappresentata normalmente da un contributo in conto interessi o, a volte, di un contributo in conto capitale.

Nel contributo in conto interessi il meccanismo di agevolazione è basato sui tassi di riferimento che rappresentano il tasso massimo al quale le banche possono concedere i finanziamenti agevolati; esso è stabilito in funzione di parametri rappresentativi del costo della raccolta e comprende anche una commissione onnicomprensiva a fronte del servizio svolto dalla banca.

Le leggi di incentivazione generalmente quantificano il tasso agevolato a carico delle imprese in una percentuale del tasso di riferimento, sicché la differenza tra la misura di quest'ultimo ed il tasso agevolato rappresenta la sovvenzione a carico delle Amministrazioni pubbliche.

Il sistema del credito agevolato ha col tempo sempre più evidenziato vincoli operativi e strutturali che si sono manifestati con maggior evidenza nei periodi di instabilità dei tassi di interesse.

In particolare uno dei principali difetti di questo sistema è costituito dalla non variabilità del tasso di riferimento e quindi dell'incentivo in occasione del variare del costo della provvista da parte delle banche.

Negli anni '80, anni di elevata inflazione, la realizzazione di un progetto di investimento da parte di una impresa agricola si accompagna di solito alla domanda di un mutuo a lungo termine intesa a beneficiare di un contributo in conto interessi. Va da sé che, nell'allora ricordato contesto inflazionistico, i *lags* temporali tra l'inoltro della pratica per il contributo pubblico e la concessione del relativo nulla osta, facevano lievitare i costi degli investimenti effettuati.

Sono gli anni in cui la domanda di capitali nel settore agricolo si concentra per molta parte sul credito agevolato che, posti i limiti menzionati, non ha potuto svolgere interamente un ruolo propulsivo all'interno delle varie combinazioni produttive.

Tra gli interventi legislativi più significativi degli anni 60 sembra opportuno ricordare, in estrema sintesi, la legge n. 991 del 1952 che prevede particolari forme di intervento a favore dell'economia agricola montana e la legge n. 464 del 1961, detta anche primo Piano Verde, con la quale fu costituito il Fondo Interbancario di Garanzia.

Successivamente, con la legge 27.10.1966 n. 910 detta anche secondo Piano Verde, le cui finalità hanno, come ulteriore obiettivo, l'inserimento dell'agricoltura nazionale nel Mercato Comune Europeo, il credito agrario agevolato assume nelle provvidenze previste dalla normativa un ruolo fondamentale per lo sviluppo ed il miglioramento del patrimonio zootecnico, delle coltivazioni arboree, delle strutture aziendali ecc.

Nel 1962 la Comunità Europea istituì un mercato agricolo unico dando così vita alla politica agricola comune, la cosiddetta «pac», con l'obiettivo di incrementare la produzione agricola per raggiungere l'autosufficienza alimentare.

In quegli anni i sei Paesi, fra i quali l'Italia, che facevano parte della Comunità Europea producevano appena l'80% del fabbisogno alimentare dei nuovi cittadini europei.

Fu così perseguita la cosiddetta politica dei prezzi: in pratica, attraverso meccanismi volti a scoraggiare le importazioni ed incentivare le esportazioni, si cercò di mantenere elevati i prezzi interni dei prodotti agricoli, stimolando così l'aumento della produzione.

DIRETTIVE COMUNITARIE ED EVOLUZIONE DEL CONCETTO DI IMPRESA
AGRARIA

In questa situazione già dai primi anni '70 si inizia a parlare di riforma del credito agrario.

Dei numerosi progetti elaborati in un periodo così lungo, nessuno ha riscosso il consenso necessario per produrre una revisione sostanziale della legge del '28 e si è continuato a intervenire tramite una legislazione incentivante anche innovativa sotto certi aspetti (la programmazione degli investimenti diventa un obbligo da parte degli imprenditori e la redditività degli stessi viene sottoposta al vaglio preliminare del sistema bancario), ma pur sempre estremamente frammentata e poco risolutiva.

Di questo basta citare pochi esempi:

- la legge 9.5.1973 n. 153, emanata per l'attuazione delle direttive del Consiglio delle Comunità Europee per la riforma dell'agricoltura, prevede interventi creditizi consistenti nel concorso nel pagamento degli interessi sui mutui di miglioramento concessi in base a piani di sviluppo presentati dagli imprenditori agricoli a titolo principale;
- l'utilizzo del conto corrente agrario, consentito con legge del 1977 n. 403, rappresenta una contenuta innovazione delle forme di prestito nel campo del credito agrario di esercizio;
- la concessione del rischio di cambio a carico dello Stato, nel caso di mutui coperti da raccolta in valuta, porta di riflesso una diversificazione delle forme di provvista da parte degli Istituti di credito speciale e delle Banche autorizzate ad esercitare il credito di miglioramento;
- la cauta diversificazione dell'attività di prestito verso l'agroindustria pone le basi per un approccio innovativo nell'ambito delle politiche di impiego.
- la legge 8.11.1986 n. 752 che, per il conseguimento degli obiettivi indicati nel programma quadro, individua le articolazioni dell'iniziativa pubblica in azioni comunitarie, orizzontali e verticali. Le prime definiscono la strategia italiana di partecipazione alla politica comunitaria e le ultime assolvono al compito di fornire un orientamento ai produttori agricoli delineando un quadro delle tendenze del mercato per i singoli prodotti. Quanto poi a quelle orizzontali, esse sono destinate a conformare i fattori che compongono il sistema organizzativo dell'agricoltura nel suo complesso.

Dai provvedimenti sopraindicati comincia ad emergere l'immagine di una agricoltura che punta, con l'apporto di una ricerca avanzata e qualificata, a fornire una produzione adatta, per quantità e qualità, ai mercati interni ed inter-

nazionali. Una agricoltura collegata con l'attività di trasformazione senza subordinazioni in virtù di una amministrazione disciplinata da accordi inter-professionali e gestita senza sprechi da un imprenditore cui non viene negato il credito né la possibilità di accedere ad informazioni di mercato e tecnologiche né di giovare di una rete completa di servizi di assistenza.

Anche da parte del sistema bancario, i cui dirigenti erano ancora convinti che l'entità del fido dovesse essere stabilita in relazione al patrimonio netto del cliente, si iniziano ad usare tecniche di analisi finanziaria più avanzate che contribuiscono a svincolare la concessione del credito dai rigidi confini rappresentati dall'equivalenza tra garanzie reali e capacità di credito: l'indagine sulle risorse e sugli impieghi dei fondi, compiuta oltre che sull'aspetto finanziario anche in connessione con quelli economici e patrimoniali permette l'approntamento di efficaci schemi interpretativi del divenire aziendale.

Intanto, negli anni 80, prende avvio una seconda fase della politica agricola Comunitaria, caratterizzata dall'attivazione di una serie di meccanismi volti al contenimento delle produzioni eccedentarie, con l'introduzione del *set-aside*. Tali meccanismi non risolsero comunque il problema delle eccedenze produttive il cui smaltimento venne a costituire un costo sempre più elevato per la Comunità Europea.

Sono gli anni che mettono allo scoperto ancora di più i fattori di debolezza della struttura di finanziamento delle imprese dei diversi settori produttivi e, in particolare, di quelle di medie e piccole dimensioni.

La prima di queste debolezze riguarda l'insufficienza dei fondi propri, condizione che rende le imprese particolarmente vulnerabili alle variazioni del ciclo e dei tassi. Sovente nell'impresa vengono immessi più mezzi finanziari dal sistema creditizio che dall'imprenditore.

Il secondo fattore di debolezza, riguarda la limitata ampiezza degli strumenti di finanziamento delle piccole e medie imprese, di fatto circoscritti ai rapporti a breve termine, anzi in conto corrente, cioè a revoca. I finanziamenti bancari a breve coprono buona parte del debito finanziario. Specularmente, la fragilità spesso lamentata dalle imprese nei loro rapporti con la banca è, in realtà, legata ad un rischio controparte per le imprese di minori dimensioni, divenuto assai importante per la banca, stante la bassa diversificazione dell'indebitamento.

Il terzo fattore è rappresentato dalla scarsa disponibilità di garanzie da parte delle imprese, necessarie ad accendere nuove linee di credito a prorata scadenza.

Manca quindi la possibilità da parte del credito agrario di fornire adeguate risposte ad un mercato che richiede:

- rafforzamento dei fondi propri
- valorizzazione di strumenti di garanzia
- dinamizzazione dei finanziamenti a lunga scadenza

IL NUOVO TESTO UNICO DELLE LEGGI IN MATERIA BANCARIA E CREDITIZIA

Nel 1992 la Comunità Europea (composta da 12 Paesi) varò una radicale riforma della politica agricola comunitaria, ponendo come obiettivi prioritari: l'eliminazione delle eccedenze produttive, la garanzia di un reddito adeguato agli agricoltori, equiparabile a quello degli altri settori economici, e la difesa dell'ambiente.

Per raggiungere questi obiettivi la Comunità adottò meccanismi di intervento nuovi, non più basati sul sostegno dei prezzi, ma su aiuti diretti agli agricoltori.

Parallelamente vennero istituiti premi per incentivare gli agricoltori che si impegnavano in programmi volti alla protezione e cura dell'ambiente.

Il decreto legislativo n. 481 del 14.12.1992, di recepimento della II° direttiva comunitaria di coordinamento bancario, ha introdotto nel nostro ordinamento i principi comunitari del mutuo riconoscimento delle normative nazionali e del controllo degli enti creditizi da parte del proprio paese.

Tutto ciò ha posto le premesse per la radicale riforma del sistema bancario italiano, culminata con l'entrata in vigore il 1 gennaio 1994 del nuovo Testo Unico delle leggi in materia bancaria e creditizia, che introducendo nel nostro ordinamento il modello di «Banca Universale», cioè di un organismo creditizio che può operare sia nel versante della raccolta che degli investimenti senza limiti di destinazione settoriale, di temporalità e di forme tecniche, ha esteso a tutte le banche la possibilità di esercitare il credito agrario.

Le essenziali disposizioni che agli artt. 43, 44 e 45, il Decreto Legislativo 1.9.1993 n. 385 riserva al credito agrario, decretano la sostanziale eliminazione di tutti i profili istituzionali dell'ordinamento del '28 esauendo la normativa di base del credito speciale nella sola regolamentazione di alcuni aspetti di rilevanza privatistica e togliendo alla specializzazione creditizia quella funzione strategica che è stata ampiamente utilizzata dalla politica agricola del nostro Paese prima e della Comunità Europea dopo.

Con il Decreto Legislativo n. 385, l'operatività a breve perde la sua specialità; viene infatti a cadere il regime dell'autorizzazione all'esercizio.

Inoltre vengono meno:

- la distinzione temporale delle operazioni
- la distinzione per finalità dei finanziamenti, ivi compresa ogni differenziazione riferita al credito di esercizio e a quello di miglioramento
- il privilegio convenzionale agrario, sostituito, per le sole operazioni a medio termine, dal privilegio speciale ex art 46
- gli Schedari Regionali di credito agrario

In base all'art. 44, modificato con Legge 17.2.1994 n. 135, i soli finanziamenti effettuati mediante cambiale agraria possono essere assistiti da privilegio legale sui beni mobili dell'impresa finanziata.

Tutti gli enti creditizi sono inoltre ammessi all'esercizio del credito fondiario, che viene individuato con la caratteristica oggettiva di finanziamento a medio e lungo termine con garanzia ipotecaria di primo grado sugli immobili, fermo restando la possibilità per gli stessi enti di erogare finanziamenti che, pur non presentando le caratteristiche di quelli fondiari, siano garantiti da ipoteca.

Il Testo Unico conferma l'allargamento della sfera operativa del credito agrario, che viene ad interessare una filiera di attività riconducibili all'agroindustria e più estesamente al settore agro-industriale-alimentare; fra i beneficiari del credito agrario vengono aggiunti soggetti impegnati in altre attività primarie o integrate con l'agricoltura a valle oppure orizzontalmente.

L'articolato introduce un elemento di elasticità, laddove si delega al Comitato Interministeriale per il credito ed il risparmio (CICR) l'individuazione di eventuali ulteriori settori di intervento, in relazione all'evoluzione tecnologica e scientifica e in funzione delle esigenze di mercato.

Con l'entrata in funzione del nuovo Testo Unico i finanziamenti a medio e lungo termine che le banche erogano alle imprese agricole e agroindustriali subiscono una profonda trasformazione, sia nell'ambito della struttura dell'offerta sia nella struttura della domanda.

Per quanto riguarda l'offerta non vi sono più limiti per i finanziamenti a soggetti diversi dalle imprese e, nel caso delle imprese, per le banche con un patrimonio superiore a 2000 miliardi. Lo stesso vale naturalmente per le banche ex Istituti di Credito Speciale, per le quali vi è un limite di operatività nel finanziamento a medio e lungo termine pari al 20% della raccolta complessiva.

Per gli ex ICS, tradizionali dominatori dell'offerta di un mercato protetto dalla specializzazione normativa, nascono seri problemi di posizionamento

competitivo, in un'area di attività che diviene troppo affollata. Per le banche, si profila l'opportunità di una estensione operativa: importante di per sé come area strategica di affari e più importante in una prospettiva di offerta *full service*.

Quindi, in posizioni diverse, banche e ex ICS affrontano la ristrutturazione del mercato nella quale la carta vincente appare essere la dotazione di risorse organizzative, di capacità tecnico professionali e di sistemi operativi a sostegno della nuova attività.

Per quanto riguarda invece la struttura della domanda, il mercato imprese sembra prendere coscienza della «vetustà» dei modelli sino ad allora percorsi nei confronti della finanza.

Si iniziano ad intravedere i primi segnali di una crescita di sensibilità delle imprese verso la modernizzazione della loro gestione finanziaria e dei loro assetti proprietari attraverso la ricerca di forme di finanziamento innovative.

La globalizzazione sempre più spinta di molti settori di attività, l'allargamento dei mercati, la velocità del cambiamento tecnologico comportano rapide modificazioni dei vantaggi competitivi acquisiti e le imprese vedono continuamente messe in discussione le posizioni raggiunte.

In particolare, per quanto riguarda le imprese agricole e agroalimentari, il Testo Unico in materia bancaria e creditizia ha accresciuto la liberalizzazione del settore e determinato il progressivo superamento del rapporto tra agricoltori e finanza, basato fino ai tempi più recenti, sul credito specializzato.

La despecializzazione del credito non comporta, come naturale conseguenza la despecializzazione delle istituzioni che esercitano il credito all'agricoltura. I prodotti debbono essere calibrati alle esigenze delle imprese agricole che manifestano esigenze assai diverse tra loro. Si sta assistendo, infatti, ad una nuova conferma della presenza di nuovi intermediari specializzati capaci di inserirsi con successo nelle relative aree di mercato.

In tutti i paesi sviluppati esistono banche specializzate che esercitano il credito all'agricoltura.

IL CREDITO AGRARIO NEGLI ANNI 2000

In questo contesto, va tenuto presente che l'Unione Europea ha elaborato una nuova riforma della politica agricola, i cui indirizzi sono contenuti nel documento noto come Agenda 2000.

Gli obiettivi della nuova politica agricola sono sostanzialmente i seguenti:

- migliorare la competitività dei produttori europei sul mercato internazionale, attraverso l'adeguamento (riduzione) dei prezzi;
- garantire un reddito adeguato agli agricoltori;
- favorire uno sviluppo equilibrato nelle zone rurali;
- sostenere le funzioni ambientali e sociali dell'agricoltura
- garantire la sicurezza e la qualità degli alimenti;
- garantire una distribuzione più equa delle risorse finanziarie destinate al sostegno dell'agricoltura.

Il futuro che si prospetta è quello di una sempre più netta differenziazione tra due agricolture.

Da un lato l'agricoltura delle aziende che, dotate di caratteristiche strutturali e tecnologiche adeguate, riusciranno a produrre a costi competitivi, pur nel rispetto delle norme ambientali e sanitarie, e quindi ad essere concorrenziali sul mercato internazionale.

Dall'altro le aziende che, non avendo caratteristiche tali da poter essere competitive, dovranno trovare una via alternativa nella diversificazione e qualificazione delle proprie produzioni, nelle attività rivolte alla conservazione e alla cura dell'ambiente, nell'integrazione con attività turistiche e ricreative, in un contesto politico comunitario in cui l'obiettivo fondamentale deve essere quello di uno sviluppo equilibrato nelle zone rurali, in risposta alle nuove esigenze economiche, sociali, ambientali e culturali della collettività.

L'impresa e l'attività agricola si collocano quindi al centro di interessi e funzioni distintive, accompagnate da una Politica Agricola Comune che cambia decisamente ruolo: da «unica» politica comune, con un peso politico di grande rilievo in sede europea, ad «una» delle politiche comuni, per di più in un settore la cui importanza produttiva è, come si è già accennato, in costante declino.

Il quadro che ne emerge impone un ripensamento degli strumenti finanziari anche a livello creditizio: potranno essere ipotizzati prodotti specifici quali i finanziamenti a lungo termine finalizzati al recupero ambientale, paesaggistico, territoriale e del patrimonio edilizio delle aziende agricole, sia per fini abitativi che agrituristici, oppure al sostegno dell'occupazione giovanile, consentendo a chi si insedia oggi in agricoltura di avere il tempo utile per fronteggiare la nuova situazione e gli investimenti fondiari necessari.

La diffusione delle sovvenzioni globali introdotte dalle politiche strutturali dell'Unione Europea e dalle procedure di programmazione negoziata pon-

gono altresì la necessità da parte delle banche di mettere a disposizione delle imprese più sofisticati prodotti finanziari.

Il moderno ruolo del credito all'agricoltura potrà essere svolto solo da strutture altamente qualificate, in grado di reggere con successo il dialogo con gli imprenditori agricoli.

Ma questo fa nascere due tipi di problematiche. La prima è connessa ad una domanda radicale: è possibile, se si punta sull'impresa competitiva, mantenere una specificità nel comparto agrario? In altre parole, in futuro, se si accetta la tesi che nel quadro comunitario soltanto l'impresa agraria che riuscirà a fare un salto di qualità produttiva sarà quella che rimarrà sul mercato, si potrà mantenere un credito riferito esclusivamente all'impresa agraria escludendo le imprese funzionalmente interconnesse con i settori commerciale o industriale?

La connessione con la distribuzione, cioè con il settore commerciale, e la connessione con l'industria sotto il profilo della trasformazione sembra una caratteristica inevitabile dell'azienda agraria che voglia essere competitiva sul mercato comunitario ed internazionale.

Il credito agrario previsto dal nuovo Testo Unico potrà fornire strumenti e mezzi finanziari adatti a questi tipi di imprese agrarie?

Se si vorrà perseguire una politica dell'integrazione verticale ed orizzontale in agricoltura sul modello di quanto sta accadendo in altri paesi, è probabile che si possa trovare un efficace strumento nel Comitato Interministeriale per il Credito e il Risparmio previsto nel Testo Unico che potrebbe definire forme organizzative e giuridiche del credito agrario in maniera più avanzata rispetto a quelle attuali.

Ma proprio pensando di rendere più attuale il credito agrario, nasce spontanea la seconda domanda: per una impresa agricola competitiva e che si conforma a determinati standards di tipo ambientale è sufficiente l'esistenza di un sistema incentivante quale quello attualmente in vigore, o va anche questo aggiornato per renderlo più adatto agli obiettivi che la politica agraria comunitaria si prefigge?

E qui viene fuori un problema che il Testo Unico non affronta: quello della disciplina delle agevolazioni al credito agrario e più in generale all'agricoltura.

Alcuni recenti provvedimenti legislativi riguardanti un primo passo verso la «riforma del Credito Agrario e Peschereccio agevolato e di sostegno alle forme collettive di garanzia al settore agricolo» hanno previsto alcuni aggiustamenti per ridare attualità e vigore ad uno dei più importanti strumenti di realizzazione di politica agraria.

Alcuni criteri riguardano, infatti, le forme di agevolazione e di accesso al credito da parte degli imprenditori agricoli, semplificando e riducendo l'onerosità delle procedure di concessione del credito, utilizzando allo scopo anche il sistema bancario.

Inoltre si è introdotto nell'ordinamento del credito agevolato il principio della separazione tra credito ed incentivo, sia per quanto riguarda le leggi in vigore sia programmaticamente per quelle future.

Parte dei provvedimenti hanno riguardato l'estensione al settore agricolo dei «Consorzi di Garanzia collettiva Fidi», già operanti in favore delle piccole e medie imprese e dell'artigianato, ma dotati di mezzi finanziari assai scarsi rispetto alle effettive necessità.

A questa istituzione si affianca il Fondo Interbancario di Garanzia, oggi ricapitalizzato.

A nostro parere il provvedimento di cui sopra non ha affrontato il tema cruciale del finanziamento del sostegno pubblico in agricoltura.

Come è noto anche nel nostro paese nell'ambito dei rischi puri, prendono sempre più spazio le considerazioni relative ai rischi ambientali, ai rischi di responsabilità civile verso i consumatori, ai rischi di interruzione dell'attività aziendale.

Occorre quindi che l'intervento pubblico in agricoltura prenda in considerazione aspetti quali:

- una innovazione delle forme tecniche di credito agevolato;
- il ricorso a strumenti di finanza mobiliare;
- una gamma di strumenti per la gestione dei rischi ambientali;
- una offerta di strumenti alternativi quali le assicurazioni, il leasing e i mercati a termine.

Per poter ambire a questi traguardi occorre che l'agricoltura sia affiancata da una ponderata e lungimirante scelta di politica agricola nazionale che possa utilizzare uno strumento creditizio moderno e specializzato a sostenere imprese agricole vitali e in grado di competere sul mercato e, per converso, le imprese collocate in zone svantaggiate di collina e di montagna, ma essenziali per la difesa dell'assetto dei suoli, del paesaggio e dell'ambiente.

BIBLIOGRAFIA

- COLOMBINI F., *Banche e Istituti speciali nel finanziamento delle aziende agrarie*, Milano, 1985.
- GIACINTI R., *L'amministrazione economica dell'azienda agraria*, Milano, 1993.
- GUERRIERI G., *L'ordinamento del credito agrario in Italia e sua probabile evoluzione*, «Atti della Accademia dei Georgofili», Firenze, 1980, suppl. 1, pp. 102-126.
- IMPERATORI G., *Il project financing*, Milano, 1995.
- MAZZANTI P., *La capacità di credito dell'impresa agricola valutabile nell'ambito dell'attuale ordinamento sul credito agrario*, «Atti della Accademia dei Georgofili», Firenze, 1980, suppl. 1, pp. 237-251.
- MAZZANTI P., *L'indebitamento dell'azienda agricola (con particolare riferimento a quella toscana)*, «Atti della Accademia dei Georgofili», Firenze, 1986, suppl. 1, pp. 135-145.
- MAZZANTI P., *Sostegno all'agricoltura: una scelta imprenditoriale*, «Agricoltura e Ambiente», 27, 1993, pp. 40-41.
- MAZZANTI P., *Contributi in conto capitale o in conto interessi?*, «Terra e Vita», 440, 1996, p. 96.
- MAZZANTI P., *L'Istituto Nazionale di Credito Agrario: la banca al servizio dell'agricoltura*, «LE-notecnico», 6, 1996, pp. 86-91.
- MAZZANTI P., *La sottocapitalizzazione della cooperazione*, «L'Informatore Agrario», 36, 1996, p. 17.
- MAZZANTI P., *L'impresa vitivinicola può costituire una valida alternativa al risparmio tradizionale?*, «Il Classico», 7, 1997, pp. 32-33.

GIOVANNI GALIZZI

IL MERCATO DEI PRODOTTI AGRICOLI E ALIMENTARI

Il mercato dei prodotti agricoli e alimentari delle economie sviluppate è oggetto, specie a partire dagli ultimi decenni del secolo che si è appena concluso, di un accavallarsi di cambiamenti sempre più numerosi, rapidi ed incisivi che riflettono le trasformazioni in atto nella nostra società e conducono ad una radicale ristrutturazione dell'intera catena dell'offerta alimentare ed a profonde trasformazioni nell'organizzazione e nel funzionamento dello stesso mercato.

A fondamento di questi cambiamenti vi sono alcune delle megatendenze che dominano oggi l'economia e la società civile. In particolare, giocano un ruolo determinante il crescente potere del consumatore di indirizzare la produzione, la progressiva globalizzazione dell'economia, le nuove tecnologie. L'azione congiunta di queste tre grandi tendenze determina lo sviluppo di un ampio complesso di relazioni d'interdipendenza tra i settori che producono fattori di produzione per uso agricolo, l'agricoltura, l'industria alimentare, il commercio e la distribuzione dei prodotti agricoli e alimentari, tanto da fare di questi settori e delle loro imprese le parti di un insieme organico e funzionale di organismi differenti, ma strettamente complementari, ossia di un sistema: il sistema agroalimentare. Ma in questo modo esse modificano profondamente la natura dell'agricoltura, poiché la portano ad adottare modelli di produzione, di approvvigionamento, di distribuzione e di coordinamento che sono propri della moderna attività manifatturiera. Queste tendenze introducono un nuovo determinante fattore di vantaggio competitivo e ampliano la serie di funzioni e di modi di organizzazione che le imprese devono attuare per rispondere alla condotta delle imprese rivali. Esse conferiscono poi una nuova e più ampia dimensione alle idee di qualità e di prodotto. Infine, esse portano a ridurre il ricorso ai meccanismi di scambio del mercato spot ed a sviluppare, all'opposto, relazioni di mercato basate su forme di coordinamento verticale quali, ad esempio, i contratti di produzione.

Un rapido cenno alle tre tendenze ed al loro impatto sull'ambiente competitivo, sulle attività delle imprese e sull'organizzazione del mercato dei

prodotti agricoli e alimentari può consentire di tratteggiare con un accettabile grado di approssimazione, nonostante la complessità dei cambiamenti da esse indotti, i problemi con i quali questo mercato si deve oggi confrontare ed il senso dell'evoluzione della sua struttura e del suo modo di funzionare nel prossimo futuro.

UNA PRODUZIONE GUIDATA DAL CONSUMATORE

Le trasformazioni in atto nel mercato dei prodotti agricoli e alimentari hanno un primo fattore fondamentale nel radicale capovolgimento del ruolo svolto dalla domanda. A differenza del passato, quest'ultima non dipende più dalla produzione. È il consumatore che oggi determina cosa deve essere prodotto, come deve essere prodotto, in quale forma, in quale luogo ed in quale tempo il prodotto deve essere disponibile.

Data l'abbondanza dell'offerta, il consumatore ha cessato di porsi il problema della sicurezza della propria alimentazione. Ciò che egli chiede al prodotto alimentare è di consentirgli di soddisfare altri bisogni. In particolare, i bisogni di corrispondere ai suoi gusti ed alle sue preferenze, di conservargli la salute, di assicurargli un aspetto fisico piacevole, di fargli provare nuove sensazioni, di permettergli di stare tranquillo, di facilitare le occasioni di incontro sociale, di accrescere il tempo disponibile per le attività preferite. La pubblicità ha ben chiaro tutto questo. L'impegno di questo strumento della promozione è essenzialmente volto a dimostrare come il prodotto risponda alle attese del consumatore, migliori il suo modo di vivere e ne accresca il grado di soddisfazione, piuttosto che ad illustrare le proprietà intrinseche dello stesso prodotto.

Una tipica testimonianza di questa evoluzione della domanda del consumatore finale è offerta dal crescente sviluppo degli acquisti di alimenti già convenientemente preparati. La distribuzione moderna riserva uno spazio scaffale sempre più ampio ai cibi con gradi di manipolazione diversi, ma che possono anche giungere anche alla cottura tanto da essere pronti per il consumo. Sta inoltre rapidamente crescendo, specie nelle economie più sviluppate, il numero delle strutture – punti di vendita, chioschi, ristoranti – che offrono pasti completamente preparati e confezionati da asportare e consumare a casa.

Un altro esempio è offerto dalla crescente attenzione che il consumatore presta ai rapporti esistenti tra i metodi di produzione degli alimenti che si

accinge ad acquistare e i fenomeni dello sfruttamento del lavoro, della distruzione di risorse naturali, dell'inquinamento dell'ambiente e del maltrattamento agli animali.

È poi non meno significativa, come indice dei nuovi bisogni che il prodotto alimentare deve soddisfare, la crescente inquietudine del consumatore circa i rischi che la propria salute può correre a seguito della progressiva industrializzazione dei processi di produzione della catena alimentare. Sta cambiando profondamente la percezione che il consumatore ha del rischio alimentare. Questo rischio non è più visto come un problema isolato, occasionale, bensì tende ad essere percepito come un fenomeno che è vieppiù associato a dei sistemi o a delle prassi di produzione che sono considerati come una minaccia potenziale, capace di produrre conseguenze che possono essere gravi e irreversibili. Il consumatore, che vive ormai in una realtà dominata dall'abbondanza, è passato da una inquietudine quantitativa ad una inquietudine qualitativa.

In ultima analisi, il consumatore esige oggi dal prodotto alimentare l'idoneità a soddisfare un'ampia gamma di bisogni che si inseriscono in determinati sistemi di valori sociali e culturali, e che sono definiti dalla progressiva individualizzazione degli stili di vita. Questo fatto conferisce una nuova dimensione all'idea di qualità del prodotto alimentare. Nel linguaggio corrente l'espressione «qualità» viene abitualmente usata per attestare il livello superiore, l'eccellenza, di un prodotto. Il termine qualità viene poi usato, specie nel linguaggio tecnico, per definire le proprietà intrinseche e misurabili di un prodotto che sono atte ad identificarlo e a distinguerlo dagli altri. Nella nuova realtà del mercato dei prodotti agricoli e alimentari dominata dall'esigenza di adeguare l'offerta alla domanda, il concetto di qualità è più ampio e tende ad assumere una dimensione essenzialmente soggettiva perché serve a definire un prodotto in rapporto ai bisogni che è chiamato a soddisfare. La qualità può pertanto essere definita come l'attitudine dell'insieme delle caratteristiche di un prodotto alimentare a soddisfare i bisogni espressi o potenziali del consumatore.

LA CRESCENTE GLOBALIZZAZIONE DELL'ECONOMIA

La progressiva globalizzazione dell'economia è una seconda determinante dei cambiamenti che modificano la struttura ed il funzionamento del mercato dei prodotti agricoli e alimentari. Anno dopo anno stiamo assistendo alla progressiva crescita a livello internazionale delle diverse aree di

mercato dei singoli prodotti ed alla successiva fusione dell'una con l'altra sino a dare origine per gran parte dei prodotti ad un unico mercato di ampiezza mondiale.

Per la sua origine questa mondializzazione dei mercati è in larga misura un fenomeno ineluttabile. Alla sua base vi è innanzitutto il progresso tecnico. Gli eccezionali progressi nelle tecnologie dei trasporti (sono grandemente aumentate la capacità e la velocità dei diversi mezzi di trasporto e la loro idoneità alla conservazione delle derrate deperibili), dell'informazione (telecomunicazioni e informatica) e della comunicazione (in particolare la televisione) stanno grandemente riducendo i costi del trasporto di merci e persone, e dell'informazione e le barriere culturali che separano i vari paesi. Per usare altre parole, il progresso tecnologico ha fortemente ridotto, ed è destinato a ridurre ulteriormente, la distanza economica e quella culturale che separano tra di loro i mercati di produzione dai mercati di consumo.

Un secondo importante fattore è costituito dai cambiamenti intervenuti nel sistema monetario internazionale e dal conseguente sviluppo dell'interdipendenza monetaria a livello mondiale. Le politiche di deregolamentazione delle attività finanziarie che si sono andate generalizzando il secolo scorso a partire dagli anni ottanta, e la parallela esplosione della liquidità a livello mondiale hanno portato ad un enorme aumento del movimento internazionale dei capitali. Si sono andate così ulteriormente sviluppando le condizioni favorevoli all'espansione degli scambi non soltanto di merci, ma anche di capitali, di tecnologie, di know-how e all'internazionalizzazione delle imprese.

Ma soprattutto determinante per lo sviluppo di questo processo di integrazione dei mercati su scala mondiale è il ruolo giocato dalla costituzione di nuovi raggruppamenti economici – da Mercosur a Nafta, ad Asean, per ricordare i più noti – e dagli accordi bilaterali e multilaterali di liberalizzazione degli scambi. Il progresso tecnologico rende la globalizzazione fattibile. La liberalizzazione degli scambi e degli investimenti consente ad essa di manifestarsi.

In particolar modo è importante la svolta che è stata compiuta in sede GATT con l'Uruguay Round e che è destinata ad un ulteriore sviluppo con il Millennium Round del WTO. Con questa svolta le politiche agricole nazionali e le inerenti politiche commerciali che sino ad allora erano state escluse dalle negoziazioni multilaterali, sono state portate all'interno della disciplina del commercio internazionale. Si sono così poste le condizioni per una progressiva, sensibile riduzione delle politiche di protezione dell'agricoltura

e di sostegno dei redditi agricoli attuate dalle economie sviluppate. La riforma Mc Sharry della politica agricola comune e gli indirizzi, sempre di politica agraria, indicati dalla Commissione Europea in Agenda 2000 sono una evidente testimonianza di questo impatto.

Le frontiere politiche tendono dunque a condizionare sempre meno l'agricoltura, l'industria alimentare, la commercializzazione e la distribuzione dei prodotti agricoli e alimentari. L'affermazione di sistemi di comunicazione e di trasporto migliori, più rapidi e affidabili apre nuovi e più ampi mercati ai prodotti dall'agricoltura e dell'industria alimentare, ed accresce la capacità delle loro imprese e di quelle degli altri settori del sistema agroalimentare di approvvigionarsi delle materie prime agricole, dei semilavorati, dei prodotti alimentari finiti nei paesi che offrono i maggiori vantaggi in termini di qualità e di prezzo. Aumenta in tal modo grandemente la competitività internazionale. Non si può pertanto pensare alla nostra agricoltura e, più in generale, al nostro sistema agroalimentare come a qualcosa di circoscritto dai nostri confini o da quelli dell'Unione Europea; essi sono progressivamente condotti a far parte di un sistema assai più ampio, interconnesso a livello mondiale.

LE NUOVE TECNOLOGIE

Il progresso tecnologico non si limita a facilitare il processo di globalizzazione con la riduzione della distanza economica. In questi ultimi anni si stanno sviluppando delle innovazioni tecnologiche che favoriscono in misura particolarmente sensibile l'adottamento della produzione agricola ed alimentare alla domanda del consumatore finale ed alla progressiva mondializzazione dei mercati. Per tradizione l'innovazione tecnologica in agricoltura e nell'industria alimentare si è concentrata sull'obiettivo dell'aumento dell'efficienza produttiva e della conseguente riduzione dei costi. Oggi, una serie sempre più ampia di nuove tecnologie dell'informazione e di nuove tecnologie di natura biologica assicura una comunicazione ognora migliore tra i consumatori e le imprese produttrici, agevola il miglioramento del prodotto alimentare e il suo adattamento ai bisogni ed alle preferenze del consumatore, apre nuovi mercati alla produzione agricola e dell'industria alimentare.

L'uso congiunto delle tecnologie dell'informazione, delle telecomunicazione e del trattamento numerico dei dati, dei suoni e delle immagini, di cui

Internet è una tipica espressione, sta dimostrando d'essere un potente strumento di accelerazione delle operazioni di raccolta, di trattamento e di trasmissione delle informazioni che sono di interesse per le imprese di vari settori del sistema agro-alimentare, tanto da diventare per esse un fattore determinante del loro successo e della loro stessa sopravvivenza. Quest'uso consente un più ampio e facile accesso ai mercati, una più rapida e accurata conoscenza della domanda del consumatore e dell'offerta delle imprese concorrenti, un flusso più celere e completo delle informazioni e dei prodotti lungo l'intera catena dell'offerta alimentare, una conservazione e gestione all'interno dell'impresa di queste informazioni che fa di esse un elemento patrimoniale di grande valore nonostante la loro natura immateriale.

L'effetto combinato di queste nuove tecnologie biologiche e dell'informazione può essere pertanto particolarmente grande. Nello stesso tempo in cui le tecnologie dell'informazione consentono di acquisire in modo rapido e completo le informazioni riguardanti l'evoluzione delle domanda del consumatore e le opportunità che tale evoluzione offre ai produttori, i progressi nelle biotecnologie offrono la possibilità di trasformare queste informazioni in nuovi prodotti in tempi assai più brevi ed in modo più facile di quanto non fosse prima consentito.

UN NUOVO FONDAMENTALE FATTORE DI VANTAGGIO COMPETITIVO: LA DIFFERENZIAZIONE DEL PRODOTTO

Le tre grandi tendenze dell'economia ora considerate hanno evidentemente un enorme impatto sulla condotta e la struttura delle imprese dell'agricoltura, dell'industria alimentare, della commercializzazione e della distribuzione dei prodotti agricoli e alimentari. L'insieme di operazioni, comportamenti e decisioni di queste imprese va incontro ad una radicale trasformazione e di riflesso cambia grandemente l'organizzazione del mercato dei loro prodotti.

Un primo principale effetto è lo sviluppo di una competizione sempre più intensa e complessa provocato dall'emergere di un nuovo, determinante fattore di vantaggio competitivo, la differenziazione del prodotto, e dal suo interagire con il progresso tecnico, il tradizionale fattore della concorrenza.

L'impegno a mantenere la tecnologia produttiva costantemente al passo con il progresso tecnico e ad adeguare in modo coerente la propria organizzazione è stato sino ad ieri per le imprese della catena dell'offerta alimentare la condizione necessaria e sufficiente per competere con successo.

Un simile impegno consente di produrre e vendere a costi totali medi unitari più bassi prodotti che sono comparabili a quelli delle imprese rivali. Questo fattore di vantaggio competitivo continua pertanto ad essere un elemento essenziale per battersi con successo nell'arena della competizione. Ma da solo, nel lungo periodo, esso non basta più. La concorrenza basata esclusivamente sulla strategia del basso costo conduce a ridurre progressivamente il prezzo medio di mercato. L'erosione dei margini di profitto che ne deriva può anzi giungere ad impedire nuovi investimenti e portare al conseguente blocco di ogni innovazione tecnologica. Si determinano così le condizioni per una perdita di competitività delle imprese che può portare, specie in un'epoca di competizione globale, ad una loro esclusione dal mercato e comunque, come è normale in agricoltura, ad una importante diminuzione della remunerazione dei fattori che l'imprenditore apporta direttamente al processo produttivo.

Oggi si è decisamente affermata come altro fondamentale fattore di vantaggio competitivo la differenziazione del prodotto, la capacità cioè delle imprese di offrire prodotti – beni e/o servizi – che per le loro caratteristiche differenti o per la loro migliore qualità sono percepiti dal mercato come qualcosa di unico, di modo che essi sono di valore superiore per i consumatori e/o per i clienti. Questo nuovo fattore consente di ridurre la sensibilità al prezzo del compratore e di ottenere per il proprio prodotto una prezzo maggiore e tale da compensare l'eventuale incremento dei costi di produzione. Esso permette inoltre di accrescere la lealtà alla marca. La differenziazione del prodotto non è quindi una opzione, ma una necessità se si vuole realizzare un profitto superiore e assicurare lo sviluppo dell'impresa.

Questi due fattori di vantaggio competitivo sono dunque essenziali e strettamente complementari anche nel caso del mercato dei prodotti agricoli e alimentari. Se la sola innovazione tecnologica e organizzativa conduce a determinare una situazione finanziaria che a lungo andare può bloccare la stessa innovazione, in modo analogo una differenziazione del prodotto che non presti costantemente la necessaria attenzione al controllo dei costi è condannata all'insuccesso. L'aumento del prezzo oltre un certo livello conduce in verità ad una crescita più che proporzionale della sensibilità ad esso e ad una analoga riduzione della fedeltà alla marca.

Il peso del vantaggio competitivo indotto dalla differenziazione del prodotto tende tuttavia a superare quello dell'innovazione tecnologica. Quest'ultima è relativamente sempre meno importante nell'assicurare un vantaggio competitivo che sia duraturo. Le nuove tecniche possono essere facil-

mente copiate e migliorate perché, in genere, sono caratterizzate da una struttura fisica e sono prodotte da terzi che sono interessati ad assicurare il loro impiego più rapido e diffuso. All'opposto, è normalmente più agevole proteggere la superiorità competitiva che deriva dalle conoscenze di base, dalle alte competenze professionali e dalle capacità manageriali che sono alla base della differenziazione del prodotto agricolo e alimentare. Queste conoscenze, competenze e capacità sono intrinsecamente legate alle persone e sono pertanto riproducibili più difficilmente dai concorrenti. La differenziazione del prodotto diventa così una componente normale della vita delle imprese.

CAMBIANO LE ATTIVITÀ E L'ORGANIZZAZIONE DELLE IMPRESE

Ad un primo esame la differenziazione del prodotto agricolo e alimentare può sembrare una strategia relativamente semplice. Essa non esige la produzione di una novità assoluta, di un prodotto cioè che dia vita ad un mercato interamente nuovo. I consumatori, pur manifestando spesso un elevato interesse per la varietà e la novità, rivelano con le loro scelte una indubbia forma di avversione al rischio. Essi non posseggono le conoscenze di natura scientifica e/o tecnica che sono necessarie per valutare le nuove caratteristiche dei prodotti alimentari. I gusti personali e le consuetudini alimentari giocano poi un ruolo particolarmente importante nel condizionare gli acquisti. I consumatori preferiscono pertanto indirizzare la loro domanda verso quei prodotti che presentano le nuove caratteristiche utili per soddisfare i nuovi bisogni e/o i nuovi desideri, ma che differiscono solo in misura secondaria da quelli già noti. L'esperienza di ogni giorno ci dice che per il consumatore comune, in fatto di alimentazione, i piccoli cambiamenti sono meno rischiosi e sono di maggior valore dei grandi.

Nella sua espressione concreta, ad esempio nel caso dell'industria alimentare, la differenziazione del prodotto è legata nella stragrande maggioranza delle situazioni a dei cambiamenti nella natura del prodotto alimentare che sono di importanza relativamente limitata, a delle vere e proprie microinnovazioni, quali: a) la modificazione di caratteristiche minori (ingredienti secondari, sapori, formati, confezioni, ecc.) di prodotti che sono già immessi sul mercato, b) il miglioramento di prodotti già commercializzati, c) l'imitazione di prodotti di altre imprese, d) l'impiego di nuove tecniche di manipolazione o conservazione della materia prima agricola. Nel caso invece dell'agricoltura la differenziazione del prodotto può essere realizzata

ricorrendo a: a) l'adozione di tecniche di produzione differenti, quali quelle che non lasciano spazio a «trattamenti artificiali», b) la valorizzazione della pregevolezza delle caratteristiche intrinseche di un prodotto che derivano dalle peculiarità dell'ambiente fisico o culturale di un territorio, c) l'introduzione di specie o razze animali e di specie o varietà vegetali provenienti da altri paesi, d) la costituzione di nuove varietà. I prodotti biologici, i prodotti a denominazione di origine controllata, i prodotti tipici, il kiwi, l'insalata iceberg sono tipici esempi di queste modalità di differenziazione del prodotto in agricoltura.

Ma in verità, contrariamente ad ogni apparenza, la differenziazione del prodotto è nella sua essenza una strategia particolarmente ardua e complessa. Essa conduce a modificare radicalmente l'attività e l'organizzazione delle imprese.

Le imprese, se non vogliono affidare al caso la loro capacità di offrire prodotti con le caratteristiche atte a soddisfare i nuovi bisogni e le nuove preferenze del consumatore, prodotti dunque che per esse sono nuovi, devono istituzionalizzare all'interno della loro struttura la funzione di ricerca e sviluppo. In altri termini, esse devono organizzare in modo sistematico e duraturo la complessa serie di indagini, analisi, selezioni, esperimenti e controlli che consentono di generare l'idea del prodotto nuovo, ossia di immaginare e definire le caratteristiche che lo devono contraddistinguere, di metterne a punto il prototipo e di correggerne i difetti che possono emergere dai test di mercato.

Una volta che il prodotto nuovo è stato messo a punto le imprese devono poi superare le difficoltà che si incontrano per ottenere una sua efficace introduzione nel mercato. A causa della parziale novità delle sue caratteristiche specifiche questo prodotto si deve scontrare nelle prime fasi della sua commercializzazione con la concorrenza dei prodotti già presenti sul mercato e che il consumatore considera equivalenti. È necessario pertanto attuare un organico insieme di attività di comunicazione e di promozione tese a diffondere tra i consumatori un'ampia consapevolezza dei benefici derivanti dalle caratteristiche peculiari del prodotto nuovo e a consolidare la propensione a continuarne l'acquisto da parte dei primi acquirenti. Occorre inoltre saper vincere la resistenza dei distributori a porre in vendita il prodotto ed a continuarne la commercializzazione.

In seguito, se il prodotto ha superato con successo la fase dell'introduzione nel mercato, le imprese devono sviluppare l'insieme delle funzioni proprie delle attività del marketing-mix per poter fronteggiare con successo l'ininterrotta successione di ondate concorrenziali che il prodotto incon-

tra nel corso del suo ciclo di vita a seguito della comparsa sul mercato di imitazioni, dell'introduzione di nuovi prodotti con caratteristiche che il consumatore giudica di egual valore o migliori, dello sviluppo della marca del distributore.

Occorre pertanto saper compiere le opportune scelte strategiche nell'ambito dell'ampia gamma delle politiche di prodotto, delle politiche di promozione e di marca, delle politiche di prezzo e infine delle politiche verso i distributori. Solo una corretta pianificazione delle attività del marketing-mix può consentire alle imprese di conservare il vantaggio competitivo assicurato dal prodotto nuovo.

In ultima analisi, la differenziazione del prodotto accresce grandemente il numero delle funzioni che le imprese devono saper gestire. Le funzioni riguardanti la produzione agricola e la trasformazione dei suoi prodotti sono sempre una componente peculiare dell'attività delle imprese. Ma, oltre ad esse, la differenziazione del prodotto esige la gestione delle funzioni proprie delle attività della moderna commercializzazione, ossia la ricerca e sviluppo e le attività del marketing-mix. Queste funzioni, è vero, non servono a produrre il prodotto. Ciononostante esse sono attività indispensabili perché rendono possibile ed efficace la vendita di quanto le imprese producono.

Nell'industria alimentare la gestione in forma più o meno strutturata di questo insieme di funzioni connesse alle attività di produzione ed a quelle della moderna commercializzazione è ormai la norma per le sue imprese. Può anzi accadere, a conferma dell'importanza strategica della ricerca e sviluppo e delle attività del marketing-mix, che talune imprese, in genere grandi gruppi, deleghino a terzi le attività di prima trasformazione del prodotto agricolo o addirittura la produzione del prodotto alimentare finito, mentre riservano a sé il pieno controllo delle funzioni derivanti dalla differenziazione del prodotto.

Ben diverso è invece il caso dell'agricoltura. In genere la singola impresa agricola non ha la concreta possibilità di gestire in modo autonomo le funzioni riguardanti la moderna commercializzazione. La ricerca e sviluppo e le attività del marketing-mix sono estremamente sensibili alle economie di scala ed esigono investimenti assai elevati. Queste funzioni per poter mantenere i costi della loro gestione entro limiti competitivi esigono volumi di prodotto che sono di gran lunga superiori a quelli che una singola impresa agricola può offrire. Per le imprese agricole la sola alternativa possibile, nella gran maggioranza dei casi, è quella di gestirle attraverso organizzazioni di tipo associativo di livello superiore o che comunque controllino una quota significativa dell'offerta.

UN INTENSO PROCESSO DI CONCENTRAZIONE DI IMPRESE

La verità è che le nuove funzioni richieste dalla differenziazione del prodotto conducono nei settori della catena dell'offerta alimentare a valle della produzione agricola allo sviluppo di un intenso fenomeno di concentrazione delle unità di produzione ed alla conseguente progressiva affermazione delle imprese di grande dimensione. Lo dimostra il crescente numero dei gruppi dell'industria alimentare e delle catene della grande distribuzione che nei vari paesi ed a livello mondiale si collocano ai primi posti della graduatoria delle imprese in base alla cifra d'affari.

Non tutte queste funzioni sono tuttavia rilevanti nel determinare un tale fenomeno e ciò lascia importanti spazi all'azione delle imprese minori. È emblematico a questo proposito il caso dell'industria alimentare. In genere, i suoi prodotti nuovi sono la risultante della modificazione di caratteristiche secondarie di prodotti che sono già commercializzati e, non raramente, sono frutto di semplici intuizioni. Questa industria è pertanto caratterizzata da una relativamente bassa intensità della spesa per la ricerca e sviluppo. Simile funzione può così essere svolta in modo efficace anche da imprese di piccola e media dimensione.

Ben diverso è invece il caso dei costi che devono essere sostenuti per introdurre i prodotti nuovi sul mercato, per conquistare ad essi un numero crescente di consumatori, per difenderli dalla competizione che devono sostenere nel corso delle successive fasi del loro ciclo di vita. Le attività del marketing-mix da sviluppare a questo fine richiedono un impegno di risorse intenso ed ininterrotto che si traduce in un forte aumento degli investimenti. Queste attività tendono dunque ad essere gestite in modo efficace ed efficiente soprattutto da imprese di grande dimensione.

Una simile circostanza spiega perché, per quanto le forze in atto giochino in larga misura a favore della grande impresa, l'industria alimentare continui ad essere un settore dove le piccole e le medie imprese possono svolgere un ruolo di grande rilievo. Queste imprese presentano delle caratteristiche – minore burocratizzazione, maggiore abilità nel percepire i cambiamenti della domanda, più alta flessibilità nei metodi di produzione – che sono particolarmente importanti in un periodo, come l'attuale, caratterizzato da una crescente segmentazione del mercato. Ma tutto questo sta anche a significare che il futuro delle piccole e medie imprese dipende fortemente dalla loro capacità di differenziare il prodotto, di produrre cioè prodotti altamente specializzati e servizi personalizzati.

LA CRESCENTE IMPORTANZA DEI SERVIZI

La attività di servizio sono in vero di crescente e determinate valore nella moderna commercializzazione dei prodotti agricoli e alimentari. La posizione predominante che le catene della grande distribuzione sono andate occupando nel commercio al dettaglio dei prodotti alimentari è dovuta in larga misura, oltre che alla politica dei prezzi bassi, all'ampia gamma di servizi che l'organizzazione dei loro punti di vendita consente di offrire al consumatore.

Ma l'offerta di servizi è di crescente importanza strategica anche nel caso dei rapporti tra le imprese di stadi diversi della catena dell'offerta.

Alla base di questo fenomeno è la domanda sempre più alta di servizi che origina dalla progressiva tendenza delle imprese dell'industria alimentare e della grande distribuzione a concentrare il loro interesse su quanto costituisce l'elemento centrale della propria attività, il *core business*, ed a delegare a terzi tutta una serie di funzioni. Come risultato, la competizione tende a spostarsi sul piano dei servizi. La capacità di prestarli in modo efficiente e, più ancora, l'abilità nel saperli differenziare per sempre meglio adeguarli alle diverse esigenze dei clienti diventa allora una strategia largamente complementare a quella della differenziazione del prodotto. La natura e la qualità dei servizi che sono forniti congiuntamente al prodotto può accrescere fortemente l'abilità delle imprese di competere con successo nonostante il prezzo più alto del loro prodotto.

I servizi che accompagnano il prodotto venduto possono permettere ai clienti di ridurre alcune importanti voci di costo come i costi di formulazione dell'ordine, di stoccaggio, di amministrazione. Altri servizi possono invece offrire ai clienti una serie di vantaggi; ad esempio, una più agevole ricerca del prodotto, una più facile pianificazione degli acquisti, una più rapida consegna. In ambedue i casi i benefici che i clienti possono trarre sono tali da consentire alle imprese di indurre questi clienti all'acquisto del loro prodotto, e di conquistare la loro lealtà.

Le trasformazioni che le catene della grande distribuzione hanno indotto nella commercializzazione dei prodotti ortofrutticoli destinati al consumo allo stato fresco offrono una significativa testimonianza dell'importanza che i servizi tendono ad assumere. Queste catene devono poter contare su un flusso di approvvigionamento continuo e conforme alla domanda del consumatore. A tal fine esse tendono a ridurre al minimo il numero dei propri fornitori. Ma in cambio esse esigono dagli stessi l'impegno a pianificare la con-

segna dei prodotti alle proprie centrali distributive secondo le quantità e qualità da esse richieste, nei tempi da esse indicati e mediante l'impiego di metodi di condizionamento che consentono il successivo immediato trasporto ai singoli punti di vendita. Esse pretendono quindi che i propri fornitori posseggano non solo la capacità di offrire un'ampia gamma di prodotti, in grandi quantità, ripartite secondo precise classi di qualità, ma anche la capacità di confezionare il prodotto seguendo specifiche modalità e, fatto soprattutto importante, l'abilità di organizzare, mediante l'adozione dei mezzi, delle tecniche e delle procedure necessarie, l'intero sistema di trasporto in modo che i prodotti raggiungano le centrali distributive ed i singoli punti di vendita nelle condizioni di massima freschezza e nel pieno rispetto di ben definiti tempi di consegna. Oltre a ciò la grande distribuzione chiede spesso ai fornitori di partecipare con un proprio contributo alle azioni promozionali. I servizi, in particolare quelli di natura logistica, occupano dunque una posizione di importanza cruciale nel quadro competitivo che caratterizza oggi il mercato dei prodotti ortofrutticoli freschi.

IL CASO DEI PRODOTTI TIPICI

Disponiamo a questo punto di alcune conoscenze che consentono di meglio comprendere i principali problemi di mercato dei prodotti, come quelli tipici, che sono tanto importanti per una larga parte della nostra agricoltura e della nostra industria alimentare.

Le alte caratteristiche qualitative di questi prodotti e la considerazione di cui essi godono presso i consumatori costituiscono certamente un importante fattore di vantaggio competitivo per quanti li producono. La normativa dell'Unione Europea sui prodotti a denominazione d'origine protetta ed a indicazione geografica protetta ha poi rafforzato grandemente questo vantaggio poiché pone severi vincoli all'uso della loro denominazione. Tutto questo non è tuttavia sufficiente per garantire nel lungo periodo non solo l'espansione del mercato di questi prodotti, ma neppure la conservazione dell'attuale livello della loro domanda.

Questo livello è tutt'altro che stabile per una serie di fattori. Eccone alcuni. Anche nel caso dei prodotti tipici i gusti dei consumatori, specie delle giovani generazioni, tendono a mutare continuamente seppure in misura che è percettibile solo nel medio-lungo periodo. Cambiano quindi progressivamente le preferenze e le attitudini all'acquisto. Il progresso tecnologico con-

sente di offrire prodotti che rappresentano delle imitazioni pressochè perfette del prodotto tipico. Le imprese dotate di una grande capacità di gestione delle strategie competitive non di prezzo sono sempre più impegnate a sviluppare politiche di nicchia. La protezione legale della denominazione di origine e dell'indicazione geografica che è assicurata dalle norme dell'Unione Europea non vale per i mercati esterni al mercato unico.

In queste condizioni il futuro delle produzioni tipiche appare strettamente legato non solo alla capacità di garantire l'alto e specifico livello qualitativo dei prodotti ad ogni stadio del processo di produzione e di commercializzazione. Esso è anche condizionato in misura determinante dall'abilità delle imprese di produrre in maniera individuale e/o associata i servizi che sono richiesti dalle imprese clienti e di gestire in maniera efficace ed efficiente le attività del marketing-mix. E tra queste ultime risulta particolarmente importante l'attuazione sia di politiche di prodotto particolarmente attente all'evoluzione dei gusti e delle abitudini d'acquisto, sia di politiche promozionali i cui messaggi siano capaci di consentire un'effettiva percezione delle caratteristiche del prodotto da parte del consumatore, sia di politiche di marchio e/o di marca fondate sulla continuità dell'azione promozionale.

LO SVILUPPO DEI CONTRATTI DI PRODUZIONE COME FATTORE DI COORDINAMENTO VERTICALE

Dalla differenziazione del prodotto deriva poi un importante stimolo al cambiamento delle tradizionali relazioni di mercato tra le imprese agricole, le imprese che forniscono ad esse i fattori di produzione, le imprese dell'industria alimentare e le imprese che commercializzano e distribuiscono i prodotti alimentari.

Alla base di un simile cambiamento vi sono due categorie di fenomeni. Da un lato, la maggiore tempestività ed analiticità delle informazioni di mercato che le imprese richiedono e lo stimolo alla specializzazione produttiva indotto dal progresso tecnico. Dall'altro lato, la crescente incapacità del prezzo del mercato spot di assicurare nella misura necessaria il coordinamento della loro attività tra le imprese di diversi stadi della catena dell'offerta.

Come si è già accennato, l'abilità nel rispondere in modo rapido e preciso alle variazioni nei bisogni e nelle preferenze dei consumatori ed alle nuove esigenze dei clienti costituisce per le imprese che producono e commercia-

lizzano i prodotti agricoli ed alimentari una condizione necessaria di successo. E ciò è tanto più vero se si considera che la qualità del prodotto alimentare finito dipende sempre più dalla qualità della materia prima agricola. La differenziazione del prodotto conduce pertanto ad accrescere sensibilmente il numero e la complessità degli elementi delle operazioni di compravendita che sono oggetto di trattativa. Il prezzo è sempre un elemento centrale della contrattazione. Ma accanto ad esso tendono ormai ad assumere un ruolo di non minore importanza le questioni riguardanti le qualità e le quantità che devono essere offerte, le modalità di produzione, i tempi in cui il prodotto deve essere consegnato.

Da parte sua, il progresso tecnico accresce grandemente la possibilità di differenziare i prodotti agricoli e alimentari. A questo fine esso conduce ad aumentare la varietà dei fattori produttivi impiegati e il numero delle operazioni da compiere. Ma queste operazioni sono spesso caratterizzate da funzioni di costo differenti. Pertanto esse possono essere svolte in maniera efficiente solo se, anziché continuare ad essere compiute nell'ambito di una sola impresa, sono ripartite tra più unità di produzione specializzate e che sono caratterizzate da un'altrettanto forte specializzazione del capitale umano. In altri termini, il progresso tecnico conduce ad accrescere la specializzazione produttiva delle imprese e conseguentemente ad aumentare sia il numero degli stadi della catena dell'offerta o delle imprese che operano lungo di essa, sia la complementarità tecnica che lega tra di loro i processi produttivi delle imprese di uno stadio con quelli delle imprese dello stadio successivo e dello stadio precedente. È quindi essenziale per assicurare il necessario coordinamento tra le attività delle imprese dei diversi stadi, per garantire cioè che il flusso dei prodotti tra i differenti stadi avvenga con l'efficienza, la precisione e la certezza necessarie, che il flusso delle informazioni lungo la catena dell'offerta sia il più tempestivo e completo possibile.

Ora, tutto questo pone seri limiti alla validità del tradizionale mercato dei prodotti agricoli e alimentari. Questo mercato appare sempre meno capace di assicurare un simile flusso.

Nel passato, con un mercato caratterizzato da una dimensione limitata, da una struttura assai semplice, e da una grande omogeneità della domanda, il meccanismo del prezzo era sufficiente ad assicurare il necessario coordinamento tra i pochi stadi della catena dell'offerta. Oggi, a causa anche delle imperfezioni di questo mercato, specie degli squilibri nella distribuzione del potere e nella circolazione delle informazioni che lo caratterizza, i segnali lanciati dal suo prezzo sono troppo incompleti e comun-

que troppo poco analitici per trasmettere con la necessaria precisione le informazioni sempre più numerose e dettagliate che sono richieste da una differenziazione del prodotto agricolo che sia funzionale a quella del prodotto alimentare finito. I costi dell'uso dei meccanismi del mercato spot possono allora essere molto alti. Per usare altre parole e per fare un esempio, la capacità di adattare, con la necessaria celerità ed accuratezza, la qualità, intesa nella sua eccezione più ampia, del prodotto agricolo alla domanda di un prodotto alimentare con caratteristiche sempre più specifiche, richiede molta più precisione di quella che può essere offerta dalla struttura del mercato tradizionale.

Da ciò la progressiva tendenza delle relazioni di mercato delle imprese della moderna catena alimentare, – specie delle relazioni delle imprese agricole con i loro fornitori e con gli acquirenti dei loro prodotti – a coincidere sempre meno con la tradizionale contrattazione del mercato spot, con la contrattazione cioè del prezzo del prodotto disponibile al momento. All'opposto, queste relazioni tendono sempre più frequentemente a fare ricorso a forme di contrattazione che riservano particolare attenzione, oltre che al prezzo, ad altri elementi quali le quantità, le qualità, le tecniche di produzione, le modalità di confezionamento e di condizionamento, i tempi ed i luoghi di consegna. Contrattazioni quindi che normalmente si svolgono e si concludono prima dell'inizio del processo di produzione del prodotto oggetto della trattativa. In altri termini, si ha il progressivo passaggio dalla tradizionale strategia «produci prima e vendi poi», alla strategia «vendi prima e produci poi».

La continua diffusione dei contratti di produzione tra i produttori agricoli e le imprese che acquistano i loro prodotti sono una testimonianza inequivocabile di questa tendenza ad abbandonare il prezzo del mercato spot come fattore di coordinamento tra le imprese dei differenti stadi della catena dell'offerta per sostituirlo con meccanismi di coordinamento interni alle imprese, ossia con le varie forme di coordinamento verticale. I contratti di produzione si prestano assai meglio del mercato spot a trasmettere le informazioni analitiche necessarie ed a tutelare le imprese dai costi derivanti dall'incertezza, dall'insufficiente utilizzazione degli impianti, da possibili comportamenti opportunistici dell'altra parte. È però anche vero che questi contratti pongono il problema dell'efficienza e dell'equità, del fatto cioè che essi siano strutturati in modo tale da assicurare un corretto equilibrio tra i costi che ognuna delle parti deve sostenere ed i benefici che ne può trarre.

L'IMPATTO DEL COMMERCIO ELETTRONICO

Lo stesso commercio elettronico dei prodotti agricoli e alimentari, nonostante il diretto rapporto che consente di instaurare tra il produttore o il venditore e il consumatore o il cliente, non permette alle imprese di sottrarsi alla necessità di sviluppare le nuove attività prima considerate e di adeguarsi alla nuova organizzazione del mercato. A onor del vero va sottolineato che il commercio elettronico è un fenomeno ancor troppo recente per poter trarre delle conclusioni definitive. Non si può tuttavia negare che le vicende degli ultimi anni riguardanti tale commercio consentano di trarre dei giudizi sufficientemente attendibili.

Questi avvenimenti permettono anzitutto di sfatare l'idea che il commercio in linea conduca ad escludere ogni intermediario di modo che, come nel caso del commercio B2C, il rapporto sia solo tra produttore e consumatore. Questo commercio, è vero, permette di fare a meno degli intermediari tradizionali. Ma è anche non meno vero che esso determina la comparsa di nuovi intermediari. Il commercio elettronico non è possibile senza la collaborazione degli operatori Internet che accettano di ospitare il sito Web del produttore, dei gestori dei portali, degli infomediari, delle agenzie pubblicitarie, delle imprese che forniscono il servizio logistico sino alla consegna finale del prodotto. Questo commercio ha inoltre condotto alla comparsa di nuovi soggetti della distribuzione, di imprese cioè che vendono esclusivamente in linea le stesse categorie di prodotti della grande distribuzione alimentare. In secondo luogo, il commercio elettronico risulta essere un'attività commerciale particolarmente costosa e complessa. Il sito Web di un venditore è, sempre nel caso del commercio B2C, uno spazio di mercato anonimo che deve competere con migliaia di siti analoghi. È necessario pertanto sviluppare un'intensa attività di informazione che sia facilmente accessibile dal consumatore e sia tale da suscitare il suo interesse sino ad indurlo a compiere l'atto d'acquisto ed a continuare in seguito ad acquistare il prodotto e, allo stesso tempo, è non meno necessario un ininterrotto e forte impegno in campo pubblicitario e promozionale per costruire una marca apprezzata. Oltre ai costi inerenti a queste attività l'impresa che vende in linea deve poi sostenere tutta una serie di altri costi tra i quali assumono particolare rilievo quelli legati alla consegna al domicilio del consumatore ed alla riorganizzazione dell'azienda.

Il commercio elettronico richiede, in altri termini, forti investimenti anche nel caso dei prodotti agricoli e alimentari. Lo testimoniano i numerosi

fallimenti di supermercati virtuali, l'ingresso massivo in questo commercio delle maggiori catene della grande distribuzione alimentare per e quali costituisce un canale di vendita complementare e, nel caso del commercio B2B, ossia del commercio elettronico tra imprese, la circostanza che i suoi marketplace siano opera prevalentemente di grandi gruppi dell'industria alimentare e della grande distribuzione.

In ultima analisi, il commercio elettronico esige dalle imprese un costante ed intenso impegno per differenziare il proprio prodotto, per organizzare un flusso di informazioni personalizzate e interattive idonee a costruire ed a sostenere una propria marca, per disporre di un servizio logistico efficace. Lo stesso commercio tende poi a promuovere un ulteriore rafforzamento del processo di concentrazione di imprese. Per le piccole e medie imprese, è infatti difficile giustificare gli investimenti di cui esso abbisogna. Le sole importanti eccezioni possono essere rappresentate dalle imprese che producono alcuni prodotti quali possono essere certi vini e formaggi, e dalle imprese che possono contare sui servizi di un portale ben gestito.

CONCLUSIONI

I cambiamenti in atto nell'organizzazione e nel funzionamento del mercato dei prodotti agricoli e alimentari hanno fatto della qualità, intesa nella sua eccezione più ampia, un fattore di vantaggio competitivo fondamentale.

Per la produzione agroalimentare italiana questa circostanza rappresenta un'opportunità particolarmente preziosa. L'eccellenza delle caratteristiche di tanti suoi prodotti e la ricchezza del patrimonio gastronomico del Paese costituiscono, unitamente alla spiccata disposizione all'innovazione di tante sue imprese, una fonte di differenziazione del prodotto di eccezionale valore. Ma tutto questo non è sufficiente se le imprese non si impegnano a sviluppare in modo efficace ed efficiente, oltre alle attività di produzione, le attività che sono proprie della moderna commercializzazione. Altrimenti, quanto costituisce una opportunità si trasforma in una grave minaccia.

Oltre a ciò le imprese di ogni stadio della catena dell'offerta alimentare devono prestare una sempre maggiore attenzione all'intera catena del valore. Il controllo dei costi a livello di ogni singolo stadio (produzione agricola, trasformazione industriale dei prodotti agricoli, ecc.) è sempre di importanza cruciale. Ma è anche vero che l'importanza del controllo dei costi totali dell'intera catena o dell'intero sistema è ancor più rilevante di quella dei costi dei singoli stadi.

Per il mondo agricolo è infine essenziale acquisire la piena consapevolezza del valore prezioso ed insostituibile del contributo che le varie forme di associazionismo – dalla cooperazione, alle associazioni dei produttori, alla semplice società per azioni – possono dare per rispondere efficacemente alla sfida imposta dai cambiamenti in atto nel mercato. La concentrazione dell'offerta non è importante solo perché è un fattore di riequilibrio tra le varie posizioni di potere di mercato. In una realtà come l'attuale, caratterizzata da una crescente concentrazione della domanda, il poter riunire l'offerta in una sola mano è ormai una condizione necessaria anche per poter essere considerati dei fornitori interessanti e per poter offrire i servizi richiesti dai clienti e dal consumatore finale.

Oltre a ciò le imprese di ogni stadio della catena dell'offerta alimentare devono prestare una sempre maggiore attenzione all'intera catena del valore. Il controllo dei costi a livello di ogni singolo stadio (produzione agricola, trasformazione industriale dei prodotti agricoli, ecc.) è sempre di importanza cruciale. Ma è anche vero che l'importanza del controllo dei costi totali dell'intera catena o dell'intero sistema è ancor più rilevante di quella dei costi dei singoli stadi.

Per il mondo agricolo è infine essenziale acquisire la piena consapevolezza del valore prezioso ed insostituibile del contributo che le varie forme di associazionismo – dalla cooperazione, alle associazioni dei produttori, alla semplice società per azioni – possono dare per rispondere efficacemente alla sfida imposta dai cambiamenti in atto nel mercato. La concentrazione dell'offerta non è importante solo perché è un fattore di riequilibrio tra le varie posizioni di potere di mercato. In una realtà come l'attuale, caratterizzata da una crescente concentrazione della domanda, il poter concentrare l'offerta in una sola mano è ormai una condizione necessaria anche per poter essere considerati dei fornitori interessanti e per poter offrire i servizi richiesti dai clienti e dal consumatore finale.

BIBLIOGRAFIA

- BUZZELL R.D., NOURSE R.E.M., *Product innovation in food processing*, Boston, 1987.
- CONNOR J.M., ROGERS R.T., MARION B.W., MUELLER W.F., *The food manufacturing industries*, Lexington, 1985.
- GALIZZI G., *L'emergente sistema agricolo alimentare*, «Agricoltura», n. 1 (1975), pp. 36-52.
- GALIZZI G., *I sistemi agro-alimentari europei: conflitti e convergenze*, in *L'agricoltura italiana tra prospettiva mediterranea e continentale*, Atti del XXXIII Convegno di Studi della SI-DEA, Firenze, 1998, pp. 23-50.
- GALIZZI G., VENTURINI L., *Towards a theory of successful vertical cooperation in the food system*, in *Vertical Relationships and Coordination in the Food System*, G. Galizzi, L. Venturini (eds.), Heidelberg, (1999), pp. 61-92.
- GALIZZI G., *Commerce électronique et système agroalimentaire*, in *Prospective Agroalimentaire*, 5^{ème} Congrès Mondial de l'Association Internationale d'Economie Alimentaire & Agro-industrielle (Bologna, 5-7 septembre 2001), in corso di stampa.
- MOREHOUSE J., BOWERSOX D., *Supply chain management: logistics for the future*, Washington D.C., 1995, p. 16.
- PADBERG D.I., WESTGREN R.E., *Product competition and consumer behaviour in the food industries*, «American Journal of Agricultural Economics», 61, n. 5 (1979), p. 621.
- PORTER M.E., *Competition in global industries: a conceptual framework*, in *Competition in Global Industries*, M.E. Porter (ed.), Boston, 1986, pp. 15-60.

INDICI

a cura di

Paolo Nanni

NOMI E AUTORI

LUOGHI

ANIMALI, PIANTE E PRODOTTI

ATTREZZI, STRUMENTI E MACCHINE AGRICOLE

INDICE

DEI NOMI E DEGLI AUTORI

- Agostini R., 143
Agrimi M., 142
Alinari E., 17, 24
Allegretti, 130, 131
Allen H.P., 26
Alpi A., 37
Amantea G., 74
Amorini E., 142, 143, 144
Arber W., 270
Armsby H.P., 69
Arnon D.L., 32
Arrighetti A., 143
Avery O., 268, 283
Avolio S., 142
Bagnaresi U., 144
Baldoni R., 26
Balfour Lady E., 45
Ballatore G.P., 34
Baltimore D., 270
Bateson W., 264
Beadle G.W., 267
Beijerink M.W., 19
Berg P., 271
Berthelot M., 19
Bianchi M., 142
Biolley H., 116, 117
Bittante G., 77
Blanck E., 34
Blaxter K.L., 69, 714
Bolley H.L., 39
Bonadonna T., 74
Bonciarelli F., 26
Bonnet E., 39
Bonvicini M., 27
Borghetti M., 127, 143
Borgioli E., 66
Borlaug E.N., 28, 266
Borneman F., 37
Bosi P., 250
Bottini O., 20
Boussingault J.-B., 68
Boveri T., 264
Boyer H., 271
Bozzini A., 27
Breviglieri N., 24
Briggs L.J., 36
Brown P.O., 272
Bucha H.C., 40
Call L.E., 18
Candura G., 26
Cappugi A., 370n
Carson R.L., 46
Casale L., 19
Cattaneo C., 17
Ceresa Costa P., 23
Chandles T., 35
Chargaff E., 268
Chase M., 269
Chilton M.D., 271
Chow V.T., 24
Ciampelli F., 142
Ciancio O., 114n, 121n, 142
Clark K.G., 34
Clarke A.E., 29
Clements F. E., 119
Cohen S., 271
Colbert J.B., 113
Colby W.G., 32

- Corey R.B., 268
 Cornell, 71
 Correns C., 264
 Cotta A., 117
 Cotta Von J.H., 113, 114
 Covarelli G., 34
 Crick F.H.C., 269
 Cutini A., 144
 D'Alverny A., 116
 D'Amato F., 262, 267, 288
 Daniel H., 293
 Darwin C., 262, 263, 265
 Davy Sir H., 35
 De Cillis U., 17
 De Dominicis A., 20
 De Liocourt F., 116
 De Philippis A., 115 e n, 117, 118, 130, 138
 Devoto G., 338
 Di Bérenger A., 117
 Dionigi A., 27
 Dönhoff, 18
 Drake M., 32
 Duca di Richmond, 35
 Dulbecco R., 270
 East E.M., 265
 Eggelsmann R., 25
 Einhoff F., 68
 Elderton W.P., 20
 Ellis Carleton E., 34
 Emerson R.A., 268
 Ereky K., 262
 Ernst L.F., formula di, 25
 Fabbio G., 142, 144
 Fanfani A., legge, 199
 Fauser G., 19
 Favilli R., 37
 Ferdinando II dei Medici, granduca di Toscana, 361
 Feulgen R., 265
 Fijord N.J., 69
 Filippov G., 266
 Fisher R.A., 20, 265, 279, 280
 Flatt W.P., 70
 Flemming W., 264
 Forlani R., 27
 Forte F., 389
 Frank di Charlottemborg, 19
 Franklin R., 268
 Fratello G., 142, 144
 Fray W.H., 20
 Friedman G., 35
 Galton F., 264
 Gambi L., 130, 143, 144
 Garret W.N., 70
 Garrod A., 265
 Gasparini M., 17, 20, 24
 Gayer K., 114, 115, 116
 Gazin A., 116
 Gedroiz K.K., 20
 Gentili E., 74
 Geri G., 66, 72, 89
 Gericke W.F., 37
 Giannini R., 142, 143
 Giesecke F., 34
 Giglioli L., 18
 Gilbertini D., 20
 Giordano E., 143
 Giuliani R., 74
 Goldberg F.L., 41
 Goring C.A.I., 34
 Gosset W.S., 20
 Grace J., 126n
 Green R.B., 26
 Griffith F., 267, 283
 Guidi G., 142
 Guidoboni G., 25
 Gumbel E.J., 24
 Gundelach, rapporto, 208
 Gurnaud A., 116, 117
 Gustafsson Å., 267
 Haberlandt G., 287
 Haeckel E.H., 119
 Hamaker J.W., 40
 Hammond Sir J., 75
 Hannan, miscela, 35
 Hanson C.L., 69
 Hardy G.H., 76
 Harrison R.G., 265
 Hartig G.L., 113, 114

- Hayes H.K., 268
Hellriegel H., 19
Hendricks S.B., 20
Hénin S., 17
Henneberg W., 68
Hershey A.D., 269
Hitchoch A.E., 40
Hodges T.K., 32
Hoffman A., 40, 143
Homès M.V.L., 32
Hooghoudt S.B., formula di, 25
Huffel G., 116
Ivanov I.I., 74
Jacob F., 270
Jacometti G., 27, 138
Jenner E., 261
Johannsen W., 265
Jones H.A., 29
Karpechenko G.D., 266
Kellner O., 69, 70, 72
Keynes J.M., 380
Khorana H.G., 270
Kirpick P.Z., 24
Knop J.L.W., soluzione di, 37
Koch R., 261
Kornberg A., 269
Kostov D., 266
Krause M., 18
La Marca O., 142
Lambruschini R., 230
Langridge J., 267
Larson W.E., 29
Lavoisier A., 68
Leder P., 270
Lehmann C., 68
Leibach F., 267
Leibundgut H., 117
Leone V., 105
Leroy A.M., 70
Levine Ph., 265
Liebig J., 19, 32, 37, 68, 261
Lindschau M., 266
Lofgreen G.P., 70
Lorena, Granduchi di Toscana, 68
Lorentz B., 114
Love K.S., 34
Lubchenco J., 120n
Lucifero M., 88
Luigi XIV, re di Francia, 113
Lush J.L., 74
Lwoff A., 270
Macuz A., 144
Magendie F., 68
Magnani F., 127
Maliani C., 27
Maliga P., 293
Maltoni A., 142
Manetti M.C., 142
Manguy P., 323
Mannini P., 25
Mannozi Torini S., 17
Mansholt, piano, 161, 203
Manson, miscela, 35
Manzoni A., 36
Marth P.L., 39
Massantini G., 37
Matteucci G., 124
Matthaei H., 270
Mayr H., 115, 118
McCarty M., 268
McClintock D., 268
McCulloch A., 26
McLeod C., 268
McSharry R., riforma, 169, 215, 216, 419
Medici G., 198, 382n
Meissen M.N., 266
Melillo J.M., 120n
Mencuccini M., 126n
Mendel G., 73, 74, 75, 262, 263, 264, 266
Merendi A., 130
Merli, legge, 41
Meselson M., 270
Michaëlle M., 27
Miescher J.F., 263
Mitchell J.W., 39, 70
Mitcherlich E.A., 19
Möller A., 117
Monod J., 270
Montanari M., 131
Mooney H.A., 120n

- Morelli G., 130, 304n
 Morgan T.H., 265
 Müller H., 45
 Muller H.J., 266
 Mullis K., 271
 Murray Sir J., 35
 Nadson G.A., 266
 Napoleone Bonaparte, imperatore di Francia, 114
 Nathans D., 270
 Nehring K., 70
 Neubauer H., metodo di analisi, 19
 Nilsson-Ehle H., 265
 Nirenberg M.W., 270
 Nocentini S., 114n, 121n
 Ochoa S., 270
 Odone P., 37
 Odum E.P., 119
 Oehler E., 266
 Oli G.C., 338
 Oliva A., 17, 20, 23
 Ollier C., 25
 Omeliansky W., 19
 Ossola, legge, 385
 Osterout W.J.V., 32
 Owen F.V., 29
 Paci M., 142, 143
 Pandolfi F.M., 214, 207
 Papi R., 142
 Parade A., 114
 Paris P., 34, 37
 Parkes A.S., 74
 Pasquinucci G., 20
 Pastac I., 39
 Pasteur L., 261, 269
 Patrone G., 118
 Pauling L.C., 268
 Pavari A., 115, 118, 133, 138
 Pearson K., 20, 264
 Pedini M., legge, 384
 Periccioli M., 24, 30
 Perona V., 117
 Piccioli F., 117, 138
 Pini P.L., 24
 Pirocchi A., 74
 Piussi P., 143
 Plank M., 228
 Plinio Gaio Secondo, il Vecchio, 112
 Poirée M., 25
 Polge C., 74
 Polstroff, coltivazione, 37
 Potrykus I., 300
 Pratt P.F., 41
 Preuschen G., 228
 Puppo A., 36
 Ravenna C., 37
 Ridolfi C., 16, 17, 230
 Riedel, concimazione, 37
 Rimpau W., 266
 Rockefeller, Foundation, 28
 Rogai F., 37
 Romoli G., 143
 Roslin, Institute, 273
 Roventini A.G., 18
 Ruberti I., 304n
 Rusmini B., 27
 Russel J., 17
 Sachs I. von, soluzione di, 37
 Sala F., 312
 Samarani F., 18
 Sanger F., 271
 Saunders Sir C., 28
 Savitsky V.F., 29
 Sax K., 265
 Scarascia Mugnozza G.T., 267
 Schaeffer A., 116
 Schantz H.L., 36
 Schiemann R., 70
 Schultz F.G.J. von, 39
 Screm E., 142
 Sen A., 380, 388 e n
 Serpieri A., 16, 43, 117, 222
 Sewell M.C., 18
 Shädelin W., 117
 Shull G.H., 265
 Sila, legge, 199
 Smith D.D., 24
 Smith H., 270
 Smith A.U., 74
 Spallanzani L., 74, 261

- Stefanelli G., 26, 130, 250
Steiner R., 45
Stephens J.C., 29
Stevens N., 264
Stockdale, 46
Stohmann F., 68
Strampelli N., 17, 28, 262, 266
Sturm, 37
Sturtevant A.H., 265
Sukachev V., 119
Susmel L., 117, 118, 143
Tansley A.G., 119
Tatum E.L., 267
Temin H., 270
Terry R.A., 72
Thaer A., 68
Thomas S.G., scorie, 19, 70
Thorn, rapporto, 208
Tilley J.M.A., 72
Todd C.W., 40
Tofani M., 24
Tonini A., 18
Totini O.T., 20
Truffaut G., 39
Truman H., 381, 395
Tschermak Von E., 264
Van Es A.J.H., 69, 70
Vavilov N.I., 266
Vengris J., 32
Virtanen A.I., 18
Vitousek P.M., 120n
Volpi F., 380n
Vries H. de, 264
Watson J.D., 269
Weinberg W., 76
Weiss S.B., 269
Weldon W. F. R., 264
Went F.A.F.C., 39
Wilfart H., 19
Wilkins M., 268
Wilmut I., 273
Wilson E. B., 264
Winogradsky S., 19
Wishmeier W.H., 24
Wolff E., 68
Yee J.Y., 34
Yuann R., 270
Zanetti, 130
Zanini E., 34
Zimmerman P.W., 40

INDICE

DEI LUOGHI

- Abruzzo, 124, 132
Africa, 107, 109, 260, 290, 306, 310, 332, 388, 389
Agrate, 19
Alpi, 118, 127, 140
America, 66, 71, 94, 362
 Centrale, 109
 Latina, 107, 290, 306, 389
 Meridionale, 260, 332
 Settentrionale, 106, 107, 108, 134, 139
Appennini, 124, 140, 143, 163, 383
 Abruzzese, 142
 Centrale, 131
 Centro-Settentrionale, 142
 Meridionale, 131
 Settentrionale, 137
 Tosco-Romagnolo, 144
Arezzo, 117, 144
Argentina, 304
Asia, 107, 290, 306, 332
Assia, 113
Australia, 41, 94, 267, 272, 304
Austria, 132, 264
Bad Kreuznach, 228
Belgio, 37, 383
Berlino, 22
Bolzano, 124, 215
Borneo, 136
Brescia, 20
Bretton Woods, 382
Brno, 262
Bulgaria, 265, 304
Calabria, 132
California, 35, 41
Cambridge, 75
Canada, 28, 94, 107, 304, 307
Caraibi, 389
Castelporziano, 124
Charlottenborg, 19
Chiaravalle, 41
Cina, 109, 134, , 206, 260, 304, 308
Collelongo, 124
Colorado, 36
Como, 19
Conegliano, 36
Connecticut, 28
Cork, 217, 218
Crema, 18
Danimarca, 265
Emilia, 124
Eurasia, 260
Europa, 19, 21, 27, 30, 31, 35, 38, 46, 47, 65, 71, 83, 90, 91, 105, 107, 108, 116, 118, 139, 160, 161, 162, 163, 165, 168, 169, 170, 173, 174, 197, 199, 200, 201, 203, 204, 205, 207, 208, 213, 216, 217, 219, 301, 304, 305, 306, 315, 316, 319, 320, 335, 361, 364, 383, 385, 386, 389, 399, 400, 405, 406, 407, 408, 411, 419
 Meridionale, 126
 Settentrionale, 66, 74, 205, 206
 Unione Europea, 78, 97, 98, 100, 171, 202, 214, 215, 220, 221, 304, 410, 411, 419, 427, 428
Filippine, 28, 304
Firenze, 113, 117, 336, 392, 393
Francia, 35, 37, 39, 111, 113, 114, 116,

- 202, 212, 304, 307, 319, 383
 Friuli-Venezia Giulia, 143
 Germania, 19, 29, 39, 113, 115, 202, 264-
 267, 287, 304, 307, 319, 383
 Repubblica Democratica Tedesca, 70
 Giappone, 307
 Ginevra, 382
 Gloucester, 35
 Gran Bretagna, 71, 72, 112, 383
 Grignon, 19
 Heinzendorf, 263
 India, 304
 Indiana, 35
 Inghilterra, 37, 175, 263, 264, 265, 268,
 269, 319
 Innsbruck, 361
 Iowa, 28, 74
 Israele, 37
 Italia, 11, 13, 15, 19, 20, 22, 23, 27-30,
 35, 37, 38, 40, 65-68, 71-75, 77, 79,
 83, 86-90, 92-96, 107, 108, 111, 115,
 118, 121, 124, 125, 128, 130-134, 138,
 139, 140, 142-145, 155, 156, 158-165,
 170, 171, 173, 174, 175, 197, 204-207,
 210, 212, 220, 221, 222, 237, 267, 270,
 288, 303, 306, 307, 314, 315, 316, 319,
 355, 361, 364, 381-386, 389, 391, 393,
 394, 395, 399, 401, 405, 413, 432
 Centrale, 80, 88, 131, 137, 140, 155,
 156, 158, 159, 160, 163, 164, 165, 168
 Centro-Meridionale, 80, 88, 143, 164,
 167, 212
 Centro-Settentrionale, 88, 144, 163,
 167
 Meridionale, 29, 80, 88, 140, 144, 163,
 167, 166
 Mezzogiorno, 155, 156, 199, 212, 383
 Settentrionale, 29, 80, 155, 156, 157,
 158, 159, 160, 163, 165, 166, 168
 Jugoslavia, 383
 Kyoto, 128
 L'Aquila, 124
 Lavarone, 124
 Lazio, 92
 Libia, 383
 Liguria, 37, 164, 212
 Lombardia, 68, 124, 249
 Lomé, 389
 Londra, 19
 Los Baños, 28
 Luntun, 47
 Maastricht, 215
 Malesia, 304
 Marche, 29, 212
 Maremma, 156
 Mediterraneo, 126, 127, 130, 131, 136,
 139, 209, 211, 212
 Messico, 28, 304
 Milano, 19, 74, 92, 332
 Mississippi, 35
 Modena, 124
 Moravia, 263
 Mozambico, 394
 Münden, 113
 Nancy, 114
 Napoli, 37
 Nonantola, 124
 Novara, 19
 Oakland, 35
 Olanda, 37, 383
 Oriente, 261
 Padania, 163, 164, 167
 Padova, 143
 Parigi, 269, 361
 Pavia, 74, 124
 Piacenza, 23
 Pian d'Orte, 19
 Piemonte, 68, 143
 Pisa, 37, 124, 288
 Portogallo, 212
 Prussia, 114
 Puglia, 143
 Renon, 124
 Roccaespanpani, 124
 Roma, 11, 21, 124, 160, 199, 200, 202,
 205, 214, 383, 387
 Romania, 304
 Rostock, 70
 Rothamsted, 19
 Russia, 107, 206, 266, 383

- Sahel, 388
San Marcel, 19
San Rossore, 124
Sardegna, 131
Sassonia, 113
Scandinavia, 71
Scozia, 273
Siberia, 106
Sicilia, 37, 133
Somalia, 383, 384, 394
Spagna, 212, 304
Stati Uniti d'America, 39, 40, 45, 74, 94,
205, 216, 264, 265, 266, 267, 268, 269,
270, 271, 272, 304, 307, 338, 381, 382,
383, 395
Sud-Africa, 304
Svezia, 29, 267
Svizzera, 113, 116, 117, 237, 263
Terni, 19
Tharandt, 113
Torino, 30, 68
Toscana, 38, 68, 92, 143, 212, 361, 364, 376
Trentino, 124, 143
Trento, 113, 124, 215
Tunisia, 383
Umbria, 88, 212, 331
Uruguay, 216, 304, 418
Val di Fiemme, 113
Vallombrosa, 113, 117, 361
Valmandina, 19
Varsavia, 361
Veneto, 68, 143
Venezia, Repubblica, 113
Vettabbia, 41
Vienna, 268
Villetta Barrea, 132
Viterbo, 26, 124
Weende, 71
Yaoundé, 389
Zerbolò, 124

INDICE

DEGLI ANIMALI, DELLE PIANTE E DEI PRODOTTI*

- abete, 107, 113
 - bianco (*Albies alba*), 132, 138, 142, 143
 - rosso (*Picea abies*), 113, 115, 132, 140, 142, 143
 - transgenico, 305
- acero, 18, 107
 - montano (*Acer pseudoplatanus*), 134
 - riccio (*Acer platanoides*), 134
- aceto, 260, 265
- actinidia transgenica, 305, 307
- aglio (*Alium sativum*), 238, 239
- agrumi, 35, 37, 241
 - transgenici, 307
- ailanto (*Ailanthus altissima*), 134
- allevamento, 12, 13, 24, 43, 65, 66, 74, 77, 78, 80-83, 86, 88-91, 93, 95, 96, 98, 99, 100, 160, 165, 171, 241, 243, 251, 261, 296, 338
 - animali transgenici, 272, 317
 - biologico, 93
 - mare, 89
- anguilla, 89
- ape, 261
- arachide transgenica, 305, 308, 309
- ariete, 83
- aromi, 313
- asparago, 37
- avifauna, avicolo, 73, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86
- baco da seta, 260, 261
- banano transgenico, 305
- barbabietola, 16, 29, 236, 238
 - da zucchero, 29, 213, 262
 - transgenico, 305, 307, 312
- basilico transgenico, 310
- bestiame, 43, 69, 90, 94, 98, 160, 171, 402
- betulla, 107
 - transgenica, 305
- bevanda, 260
- bietola, 238
- birra, 260, 261
- bosco, 12, 18, 25, 88, 105, 106, 108-113, 115-127, 130, 131, 132, 135, 136, 137, 139, 141-145, 160, 163, 167, *vedi* foresta, selva
- bovino, 12, 19, 25, 65, 70, 74, 78, 80-87, 92, 94, 97, 98, 100, 160, 168, 171, 217, 241, 242, 243, 249, 250, 261, 273, 295, 301, *vedi* carne
 - Chianina, 81, 90, 74, 96, 98, 99
 - Frisona, 81
 - Marchigiana, 81, 90, 94, 98
 - Maremmana, 90, 98
 - Modicana, 95
 - Piemontese, 81, 90, 94, 98
 - Podolica, 90, 95, 98
 - Reggiana, 95
 - Rendena, 95

* In questo *Indice* sono inserite anche voci concernenti spazi agrari, forestali e incolti (*orto, bosco, foresta, pascolo, incolti, paludi* ecc.), sistemi di allevamento (*allevamento, pastorizia, transumanza*, ecc.), cibi (*minestra, zuppa* ecc.).

- Romagnola, 81, 90, 94, 98
 bue, *vedi* bovino
 bufalo, 81
 cacao, 260
 caffè, 260
 canapa, 16
 cane, 74
 canna da zucchero transgenica, 312
 capra, caprino, 92, 273, 301
 capriolo, 88
 carne, 65, 70, 72, 76, 77, 78, 80, 81, 85, 87, 89, 90, 91, 95, 96, 97, 98, 99, 168, 280, 335, 355
 bovina, 65, 70, 86, 91, 98
 cunicola, 90
 di capriolo, 88
 di cervi, 88
 di Chianina, 96, 98
 di cinghiale, 88
 di daini, 88
 di pollo, 85
 di toro, 81
 di vitello, 86
 suina, 90
 transgenica, 332
 carota, 36, 238, 239
 carpa, 89
 carpino nero (*Ostrya carpinifolia*), 109
 carta, 302
 caseario, 90, 168
 cassava transgenica, 310
 castagna, 18
 castagno (*Castanea sativa*), 18, 109, 111, 112, 127, 142
 cavolo (*Brassica oleracea*), 40, 266
 transgenico, 308
 cece transgenico, 307
 cedro dell'Atlante (*Cedrus atlantica*), 133
 cellulosa, 141, 298, 302
 cereale, 18, 20, 27, 39, 84, 158, 203, 204, 216, 237, 238, 260, 290, 291, 319
 Ardito, 28
 Funò, 27
 Mara, 27
 Marquis, 28
 S. Pastore, 27
 Strampelli, 28
 cerro (*Quercus cerris*), 124, 142, 144
 cervo, 88, *vedi* carne
 cetriolo, 37
 chiocciola, 88
 cicoria transgenica, 305, 307
 ciliegio, 134
 Prunus padus (ciliegio a grappoli), 134
 Prunus serotina (ciliegio tardivo), 134
 transgenico, 305, 307
 cinghiale, 88
 cipero (*Cyperus esculentus*), 41
 cipolla, 29, 238, 239
 Italian Red (violetta di Tropea), 29
 transgenica, 312
 cipresso di Lawson (*Chamaecyparis lawsoniana*), 133
 coleottero, 304
 colza (*Brassica napus*), 31, 286, 308
 transgenico, 303, 304, 305, 308, 316
 concime, 19, 20, 32, 33, 34, 48, 252, 291, 332
 azotato, 19, 27, 33
 calciocianamide, 19
 chimico, 161
 complessi, composti, 32, 34
 di sintesi, 34
 fluidi, 34, 35, 233
 organo-minerali, 33
 perfosfato, 19
 coniglio, 83, 90, *vedi* carne
 conserva, 299
 cotone, 286
 transgenico, 303, 304, 308
 cozza, 89
 crostaceo, 89, 296
Cunninghamia lanceolata (Hook della Cina), 109
 daino, 88, *vedi* carne
 dentice, 89
 douglasia (*Pseudotsuga menziesii*), 133, 134, 138
Drosophila melanogaster (moscerino dell'aceto), 265, 266

- equino, 69, 80
 erba
 medica transgenica, 307
 infestanti, 12
 eucalipto (*Eucalyptus*), 133
 transgenico, 305
 faggio (*Fagus sylvatica*), 107, 109, 113, 114,
 115, 118, 124, 140, 142, 144
 fagiolino, 29
 fagiolo, 265
 transgenico, 307, 310
 farina, 260
 transgenica, 309
 farnetto (*Quercus frainetto*), 142
 farnia (*Quercus robur*), 134
 fava transgenica, 310
 fibre, 45
 fico (pianta), 261
 fieno, 68, 84, 234
 fiori, 34, 36, 38, 143
 foraggio, 18, 29, 71, 72, 83, 84, 85, 86,
 236, 243, 319
 foresta, 81, 105-110, 113-129, 136-145,
 159, 160, 163, 167, 210, 214, 215, 297,
 393, *vedi* bosco, selva
 formaggio, 69, 87, 95, 96, 260, 261, 299,
 432, *vedi* caseario
 Parmigiano Reggiano, 95
 fragola, 36, 37
 transgenica, 305, 307
 frassino, 107
 maggiore (*Fraxinus excelsior*), 134
 frumento, 17, 18, 20, 26, 27, 28, 216, 265,
 267, 290, 291, 319
 Creso, 27
 transgenico, 305, 307, 308, 310
 Triticale, 27, 266
 Triticum aestivum x *Secale cereale*, 266
 frutta, 30, 34, 37, 164, 168, 204, 207, 239,
 240, 249, 300, 319, 426
 transgenica, 308
 tropicale, 306
 fungo, 300
 gatto, 273
 giovenca, 95
 girasole, 31, 42
 transgenico, 305, 307
 granella transgenica, 304
 grano, *vedi* frumento
 incolto, 21, 24, 25, 130, 143, 160, 198,
 290
 insalata iceberg, 423
 insetto, 46, 127, 135, 261, 286, 294, 295,
 311
 iperico, 41
 kiwi, 31, 423
 transgenico, 309
 lana, 76
 larice, 107, 138
 latte, 65, 69, 72, 76, 77, 78, 80, 81, 87,
 90, 95, 96, 99, 165, 168, 213, 217, 249,
 250, 260, 280, 288, 301
 transgenico, 309
 lattosio, 78
 lattuga, 36
 transgenica, 305
 leccio (*Quercus ilex*), 124, 127
 legname, 18, 105, 106, 107, 111, 112, 113,
 116, 117, 119, 120, 129, 130, 133, 134,
 141, 298
 leguminose, 39
 letame, 19, 26, 39, 233
 lettiera, 123, 243
 lombrico, 88
 luccio, 89
 maiale, 18, 94, *vedi* suino
 transgenico, 272
 mais, 25, 26, 29, 33, 42, 216, 238, 243,
 265, 267, 268, 286, 290, 291
 Agrevo, 316
 Burr, 28
 Copper cross, 28
 Monsanto, 316
 Novartis, 316
 Pioneer, 316
 transgenico, 303, 304, 307, 308, 316
 mangimi, 83, 84, 295, 332
 transgenici, 317
 manioca, 260
 manza, 95

- melo transgenico, 305, 307
- melone, 37
 - Cantalupo*, 286
 - transgenico, 307, 308
- melanzana, 37
 - transgenica, 305, 307
- miele, 261
- mollusco (cozza, vongola), 89, 296
- mostarda, 260
- mucca, «pazza», 331, 335, 353, 354, 355
- muggine, 89
- nocciolo transgenico, 307
- noce (*Juglans regia*), 106
- noci transgeniche, 309
- olio, 16, 331
 - di oliva extravergine, 331
 - transgenico per l'alimentazione, 305
- oliva, 239, 331
- olivo, 18, 30, 164, 165, 240
 - transgenico, 305, 307
- olmo
 - campestre (*Ulmus campestris*), 134
 - montano (*Ulmus glabra*), 134
 - transgenico, 305
- ontano
 - napoletano (*Alnus cordata*), 132, 138
- opuntia, 41
- orata, 89
- ortaggio, 29, 204, 300
- orto, 17, 29, 37, 164, 204, 207, 239, 319, 426
- orzo, 267, 291
 - transgenico, 305, 307
- ovino, 18, 72, 80, 81, 82, 84, 85, 87, 92, 217, 301
 - razza merinizzata, 81
 - razza Sarda, 81
- paglia, 243
- palma da dattero, 261
- palude, 155
- papaia transgenica, 305, 308
- pascolo, 18, 130, 143
- pastorizia, 12, 87, 163, 260
- patata, 17, 238
 - transgenica, 304, 307, 308, 310
- peccio, 124
- pecora, *vedi* ovino
 - Dolly, 273, 288
- peperone, 37
 - transgenico, 305, 308
- pesce, 89, 296, 301
- petunia transgenica, 308
- piante
 - arboree, 18, 24, 37, 127, 134, 135, 233, 252, 267
 - arbustive, 127
 - da frutto, 106, 233, 235, 236, 250, 305
 - da legno, 105, 124, 129, 133, 134, 141, 170
 - da olio transgeniche, 303
 - erbacee, 24, 37, 134, 226, 238, 252, 267
 - esotiche, 31, 118, 133, 134
 - foraggere, 305
 - forestali, 305
 - industriali, 17
 - infestanti, 18, 26, 27, 39, 294, 312
 - legnose, 164, 168, 171
 - medicinali, 301
 - officinali, 301
 - poliploidi
 - Hillesog K Poly, 29
 - Kleinwanzleben Polybeta, 29
 - Maribo P, 29
 - Raphanobrassica*, 266
 - selvatiche, 313
 - spontanee, 134
 - transgeniche, 272, 289, 292, 299, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 314, 316, 319
 - agrarie, 307
 - Arabidopsis thaliana*, 267, 272, 287, 307
 - curcurbitacee, 305, 307
 - da fiore, 307
 - foraggere, 305, 306, 307
 - forestali, 308
 - leguminose, 306, 308, 310
 - Medicago truncatula*, 305
 - Nicotiana plumbaginifolia*, 271

- oleaginose, 305
- orticole, 305, 306, 308
- resistenti a erbicidi, 314
- resistenti ai parassiti, 318
- tropicali, 306
- pino, 107, 124
 - Canariensis*, 109
 - d'Aleppo (*Pinus hyalapensis*), 127, 132, 133, 143
 - insigne (*Pinus radiata*), 133
 - laricio (*Pinus nigra subsp. Laricio*), 131
 - marittimo (*Pinus pinaster aiton*), 124, 132
 - mediterraneo, 138
 - nero (*Pinus nigra*), 132, 143
 - Oocarpa* (Schiele dell'America centrale), 109
 - silvestre (*Pinus sylvestris*), 113, 115, 132, 138
 - strobo (*Pinus strobus*), 133
- pioppo (*Populus*), 106, 109, 124, 127, 134, 135, 138, 139, 312
 - transgenico, 305, 307, 312
 - tremulo, 142
- pisello, 29, 238
 - transgenico, 305
- pollame, 295
- pollo, 84, 85, *vedi* carne
- pomodoro, 29, 37, 286
 - Flavr-Savr* (pomodoro americano), 286
 - transgenico, 286, 304, 305, 307, 308
- prateria, 297
- prato, 20, 39
- prezzemolo, 36
- prodotti
 - biologici, 346
 - certificazione, 342, 346, 347, 349, 350
 - di qualità, tipici, 13, 30, 31, 66, 78, 90, 91, 92, 96, 98, 100, 173, 174, 254, 316, 319, 323-331, 337, 340, 341, 342, 346, 350, 353-357, 406, 411, 417, 423, 427-430, 432
 - sicurezza alimentare, 331, 333, 337, 339, 340
 - transgenici, 332, 335, 353
 - prugna transgenica, 316
 - pulcino, 85
 - quercia (*Quercus*), 107, 109, 112, 113, 114, 115, 142, 144
 - rossa (*Quercus borealis*), 133, 134
 - rana, 265
 - ravanello (*Raphanus sativus*), 36, 266
 - riso, 28, 232, 290, 291
 - IR-8, 28
 - transgenico, 304, 307, 308
 - robinia (*Robinia pseudoacacia*), 133, 134
 - rosa, 37
 - rovere (*Quercus petraea*), 134
 - salume, 90, 91, 299
 - scrofa, 84
 - sedano transgenico, 310
 - segale, 29
 - selva, 12, 105, 106, 107, 109, 112, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 125, 129, 134, 135, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 163, *vedi* bosco, foresta
 - Sequoia sempervirens* (Endl), 109
 - serra, 242
 - seta, 260, 261
 - sogliola, 89
 - soia, 31, 216, 286
 - transgenica, 303, 304, 305, 307, 308, 310
 - sorgo, 29, 42
 - transgenico, 310
 - sparidi (dentice, orata), 89
 - spigola, 89
 - stoppia, 39
 - storione, 89
 - succo
 - vegetale, 260
 - zuccherino, 261
 - suino, 43, 69, 73, 79-86, 92, 262, 273, 295, 301, *vedi* carne
 - Cinta Senese, 94
 - Duroc, 81
 - Landrace, 81
 - Large White, 81
 - tabacco, 16, 217, 260, 265, 266
 - transgenico, 307, 308

- tè, 260
Tertraclinis articulata (Mast del nord-Africa),
 109
- tiglio
 a foglia larga (*Tilia platyphyllos*), 134
 cordato (*Tilia cordata*), 134
- topo, 273
- toro, 83, *vedi* carne
- trota, 89
- tulipano, 37
- uccello, 83, 88, 92, 142, 295, *vedi* avifauna
- uova, 76, 85
 transgeniche, 309
- urina, 265
- uva, 30
- vacca, 70, 213
- verro, 83, 94
- vino, 260, 261, 299, 432
- vite, 12, 18, 19, 24, 164, 165, 213, 235,
 239, 375, 376
- Berlandieri, 19
- Paulsen, 19
- Pirovano, 19
- Riparia, 19
- Ruggeri, 19
- Rupestris*, 19
- transgenica, 305, 307
- vitella, 95
- vitello, 81, 82, 86, *vedi* carne
- vivaio, 34, 249
- vongola, 89
- zebù, 94
- zootecnia, 12, 43, 65, 66, 67, 68, 72, 73,
 74, 76, 78-91, 93, 94, 95, 97, 98, 100,
 106, 160, 165, 168, 171, 202, 207, 226,
 238, 241, 242, 251, 261, 280, 289, 295,
 300, 316, 335, 393
- zucchero, 165, 265

INDICE

DEGLI ATTREZZI, DEGLI STRUMENTI E DELLE MACCHINE AGRICOLE

- aratro, 230
- canna, 29
- caricatori a nastro, 236
- carro, 243
 - agevolatori, 240
 - autocaricante, 236
 - forraggero, 247
 - miscelatore, 84
 - raccolta, 227
 - raggruppatore, 236
 - spandiliquame, 233
 - unifeed*, 243
- cassone di raccolta, 249
- defogliatori, 238
- erpice, 230, 231
- evacuatori, 243
- falce, 18
 - fienaja, 18
- falciatrice, 18, 236
 - falcia-andanatrici, 238
 - falcia-arieggiatrici, 236
 - falcia-caricatrici, 236
 - falcia-condizionatrici, 236
 - falcia-trinciatrici, 238
- fasciatrice, 236
- filo, 29
- filo di ferro, 18
- forca, 18
- gocciolatore, 36
- impianto
 - conservazione del latte, 242
 - depurazione, 42, 43
 - governo e pulizia delle stalle, 241
 - irrigazione, 30, 36, 234, 247
 - mungitura, 242, 248, 250
 - refrigerazione, 242
- laser, 25
- locomobile, 23
- macchine, 12, 13, 24, 25, 26, 27, 29, 44, 84, 158, 161, 199, 202, 225, 231, 239, 252, 254, 255, 402, 403
 - automatizzate, 241, 244
 - diradamento, 235
 - dispositivi elettronici, 244, 245, 246
 - dispositivo radar, 231, 245
 - distribuzione dei fitofarmaci, 234
 - drenaggio, 25
 - fertilizzazione, 232, 233
 - idrauliche, 243
 - impolveratrici, 234, 235
 - irrigazione, 234
 - irroratrici, 234, 235, 246
 - motrici, 225, 255
 - mungitura, 87
 - operatrice, 23, 248, 253, 254
 - pettinatrici, 240
 - postazione fissa, 18
 - potatura, 235
 - preparazione e distribuzione degli alimenti, 243
 - raccogli imballatrici, 236, 247
 - raccolta del foraggio, 236
 - raccolta delle drupe, 240
 - raccolta delle piante da granella, 237
 - raccolta delle produzioni erboree, 239
 - raccolta di produzioni erbacee, 238
 - robot, 248
 - scuotitrici, 240

- selezionatrici, 241
- semina, 232
- seminatrici, 27, 28, 29, 30, 27, 35, 231, 232, 246
- trapianto, 232
- universale, 230
- vendemmia, 30, 239
- materiale plastico, 36, 37
- microaspiratore rotante, 36
- mietilegatrice, 18, 237
- mietitrebbiatrice, 23, 28, 225, 237, 238, 241, 247
- motocoltivatore, 225, 229
- motofalciatrice, 237
- motozappatrice, 23, 226
- mulinello gigante (boma), 36
- mulino frangitutto, 243
- palo, 18
 - di castagno (paleria), 111
 - di sostegno per viti, 112
 - per miniera, 112
- raccogliispighe-sgranatrici 238
- raccogliatrice, 30
- ranghinatore, 18, 236
- rete
 - antigrandine, 37
 - drenante, 25
 - ombreggiante, 37
- sarchiatrice, 23
- scavafossi, 23
- scavatuberi, 23
- scollettatori, 238
- scuoti-raccogliatrice, 30
- silo, 243
- sistemi
 - elettronici, 248, 250, 251
 - gestione e elaborazione dati, 359-377
 - idraulico, 254
 - intercettatori, 240
 - posizionamento geografico, 251, 253
 - scuoti-intercettatori, 240
- sollevatore, 245
- trapiantatrice, 30, 232
- trattore, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 232, 233, 237, 245, 248, 250, 251, 254
- trattrice, 23, 160
- trebbiatrice, 241
- trinciaforaggio, 243
- tubo in pvc, 25
- vanga, 17, 131
- vangatrice, 230
- versoio, 230
- vomere, 238
- zappa, 17, 28
- zappatrici, 231

Finito di stampare in Firenze
presso la tipografia editrice Polistampa
Dicembre 2002

