

ENZO MANFREDI

## AGRICOLTURA: DALLA MANUALITÀ ALLA MECCANIZZAZIONE

### *Premessa*

Le ricerche svolte nel primo decennio del 2000 in fatto di meccanizzazione agricola hanno fatto intravedere che la gestione delle attività produttive nelle aziende agricole – sui campi coltivati con i nuovi mezzi meccanici –, nei centri di preparazione e conservazione dei prodotti, e, infine, nelle industrie di trasformazione, sarà, in futuro, sempre più ingegnerizzata con tecnologie molto sofisticate. Cioè tecnologie che dovranno risolvere, oltre alle esigenze operative delle macchine sul campo, anche a quelle inerenti la salute degli operatori, la salvaguardia dell'ambiente, il risparmio energetico e le energie rinnovabili. Si può quindi prevedere un futuro dell'“automazione” – vedi per la guida e il controllo operativo delle macchine –, e della “robotica” – vedi per la manipolazione dei prodotti agricoli –.

Ma la meccanizzazione agricola in Italia ha avuto un graduale e continuo sviluppo e fa parte della “storia” dell'evoluzione della nostra agricoltura.

Infatti nell'agricoltura italiana già nel secolo scorso si era verificata una vera e propria rivoluzione, con l'introduzione di mezzi meccanici nelle attività aziendali per le varie coltivazioni. In sostanza si era concretamente avviato il processo di meccanizzazione delle operazioni colturali e di raccolta dei prodotti agricoli, portando a una drastica riduzione della manodopera e, al contempo, a un notevole avanzamento tecnologico. Ciò, peraltro, aveva richiesto nuove specializzate professionalità sia nella gestione delle macchine che nell'organizzazione logistica ed economica delle produzioni agricole.

Orbene se le documentate ricerche e le avanzate invenzioni tecnologiche, realizzate nel primo decennio dell'attuale secolo, fanno intravedere

nuove future applicazioni nella direzione della “precision farming” e della possibile estensione della “robotica” nella filiera agricola, tuttavia appare utile soffermarsi sulla documentazione storica delle tappe più significative del percorso fatto in Italia per la meccanizzazione agricola.

Pertanto, dal punto di vista storico, è interessante porre l'attenzione sulle macchine che, a catena, sono state introdotte nel secolo scorso per la motorizzazione e per le molteplici operazioni sul terreno e sulle colture. Infatti tali mezzi hanno caratterizzato i progressi nei vari comparti produttivi, e, in definitiva, hanno rappresentato un concreto ammodernamento tecnico del nostro settore primario.

Ciò per far comprendere non solo il complesso cambiamento avvenuto nelle attività agricole, ma anche, di conseguenza, per evidenziare i grossi impegni economici sostenuti dalle aziende e le profonde modifiche verificatesi nel tessuto sociale del mondo rurale.

### *Introduzione*

La storia dell'agricoltura documenta che si comincia a parlare di meccanizzazione nelle aziende agricole, più specificamente di motorizzazione, quando, all'inizio del '900, si rendono disponibili nuove macchine motrici, i motori a combustione interna alimentati da combustibile liquido derivato dal petrolio, in sostituzione dei diffusi motori a vapore (locomobili, motoaratri) e anche di quelli elettrici, per lo più utilizzati a punto fisso (trebbiatura, aratura funicolare). Se le prime motrici a vapore, si può dire, hanno consentito, nei grandi lavori di bonifica e dissodamento del suolo, di “creare nuova terra coltivabile”, con le nuove motrici, i “trattori”, a cingoli e a ruote, prima metalliche e poi gommate, si è determinata una profonda rivoluzione nelle tecniche di attuazione delle varie fasi operative della “coltivazione della terra”.

D'altra parte, che si sia trattato di una vera e propria rivoluzione, basterebbe ricordare i seguenti dati: gli attivi in agricoltura negli anni '50 erano circa 9 milioni e, alla fine del '900, erano dell'ordine di 1,3 milioni, con una consistenza del parco trattoristico attorno a 1,5 milioni, quando negli anni '50 metà dell'energia motrice era ancora fornita da animali.

Il fenomeno va inquadrato con i complessi cambiamenti della società, dopo due conflitti mondiali: continuo avanzamento delle tecnologie industriali e progressivo spostamento di manodopera dalle campagne verso le città, le fabbriche, il commercio, i servizi, ecc.

E, specialmente nella seconda metà del '900, il diffondersi della mec-

canizzazione nelle aziende agricole ha consentito, da una parte, l'attenuazione del depauperamento di forze attive in agricoltura, e, dall'altra, ha consolidato la sua importanza quale mezzo decisivo per la "riduzione dei costi di produzione", ormai obiettivo fondamentale per poter fare agricoltura in un mercato più vasto ed esigente, dove domina la "competitività".

Infatti tale processo ha "obbligato" gli agricoltori a una nuova "logica imprenditoriale": più attento esame degli aspetti economici connessi all'impiego di macchine e all'organizzazione delle operazioni colturali, nel quadro di nuove scelte negli ordinamenti produttivi delle aziende.

A queste sempre più pressanti esigenze dell'agricoltura l'industria delle macchine agricole, spesso costituita da ingegnose imprese artigianali, si è adeguata impegnandosi nello studio e, poi, nella realizzazione di nuovi mezzi tecnici adatti alla nuova agricoltura segnata da significative innovazioni. Infatti le innovazioni introdotte dalla genetica vegetale e dalla chimica – vedi fertilizzanti, fitofarmaci, diserbanti, ecc. – hanno portato le aziende agricole a modificare gli ordinamenti produttivi, sulla base di nuove scelte varietali delle colture, e, di conseguenza, delle tecniche agronomiche, richiedendo al mondo industriale adeguati mezzi tecnici in grado di soddisfare le corrispondenti esigenze di aumento della produttività del lavoro e di tempestività degli interventi, in funzione fundamentalmente della riduzione dei costi di produzione. Nel contempo è maturata negli agricoltori la consapevolezza che i nuovi mezzi tecnici – macchine motrici e operatrici – realizzino migliori condizioni ergonomiche e ambientali degli operatori, sensibilità al controllo dell'inquinamento dell'ambiente di lavoro, pronto intervento nella regolazione degli organi operatori delle macchine al fine di ridurre danni e perdite ai prodotti raccolti.

Ma la necessità di progredire tecnicamente nella meccanizzazione, richiedeva sempre più gravosi impegni finanziari che, nella gran parte delle nostre piccole e medie aziende, non erano economicamente sostenibili, nel bilancio costi/ricavi; inoltre le nuove macchine operatrici, specialmente quelle per la raccolta dei prodotti, richiedevano: elevata preparazione, attente cure per le manutenzioni, sempre più complesse, e per le eventuali riparazioni.

Da qui, nello stesso periodo, si è assistito allo sviluppo di nuove categorie professionali di servizio alle aziende agricole: gli "Agromeccanici", vere e proprie imprese per la meccanizzazione agricola.

A proposito di questa categoria di servizio alle aziende agricole, lo sviluppo della meccanizzazione nella coltivazione e nella raccolta dei prodotti ha determinato, nella seconda metà del '900, la trasformazione dei singoli agromeccanici in imprese sempre più professionali, dovendo operare con

mezzi nuovi e tecnologicamente avanzati: mietitrebbiatrici, raccogliemoltratrici, raccogli pomodoro, vendemmiatrici, ecc. Inoltre tali imprese sono diventate molto attive nei processi di coltivazione a “meccanizzazione integrale”.

D'altra parte, dal punto di vista storico, va ricordato che, dopo il primo conflitto mondiale, si ebbe la dismissione dei trattori americani dai Centri di motoaratura, organizzati nel Paese per realizzare l'allora detta “aratura di stato”, mezzi che favorirono l'avanzamento tecnico di molti trebbiatori-motoaratori, ben noti per il servizio alle aziende fin dal tempo dei motori a vapore (locomobili per la trebbiatura) e, poi, per l'aratura e il pompaggio acqua dai canali per l'irrigazione, con i primi trattori nazionali azionati da motori a testa calda (Landini, Bubba, Orsi).

Un fenomeno analogo si ebbe dopo il secondo conflitto con la dismissione di mezzi meccanici lasciati nei Centri ARAR dai corpi militari alleati: trattori cingolati e a ruote, ruspe, buldozer, veicoli da trasporto, ecc.; tali mezzi costituirono la base materiale per la formazione di molti nuovi imprenditori “agromeccanici”, e l'occasione per la trasformazione di aziende meccaniche artigianali in vere e proprie industrie.

Comunque, dopo il secondo conflitto mondiale, la meccanizzazione agricola in Italia è stata caratterizzata non solo dalle innovazioni costruttive dei trattori, sempre più “centrale mobile di energia” nelle aziende, con la combinazione di attrezzi e macchine (portate o trainate), ma anche, soprattutto, dall'introduzione di nuove macchine specializzate nella raccolta di prodotti di colture erbacee e arboree.

E, alla fine del '900, il progresso tecnico in agricoltura ha iniziato a sentire gli effetti dell'“era dell'automazione” e, grazie alla diffusione di sistemi informatici, si è cominciato a parlare di agricoltura “robotizzata”, prima negli allevamenti zootecnici (alimentazione, mungitura, ecc.) e poi anche nelle coltivazioni, da quelle in serra a quelle di pieno campo (orticole e arboree).

Di tutto questo avanzamento tecnologico, sono da rimarcare gli incentivi pubblici, come pure importante è stata l'attivazione, da parte dello Stato e degli Enti locali, di finanziamenti alle Istituzioni della ricerca e sperimentazione per programmi finalizzati a specifici obiettivi; ad esempio: per la meccanizzazione in aree collinari e in quelle marginali, per la meccanizzazione di comparti produttivi, quali: la bieticoltura, la foraggicoltura, la frutticoltura, la viticoltura, l'orticoltura da consumo fresco e quella industriale, la selvicoltura.

Inoltre, nelle varie tematiche di ricerca, si sono affrontati anche nuovi modelli organizzativi nei diversi comparti produttivi, con riferimento sia

all'utilizzazione annua e alla produttività delle macchine, sia alla manodopera e al consumo energetico.

Tale impegno, come documentano i vari lavori della ricerca, è di utile orientamento sia per le aziende agricole che per i costruttori di macchine e impianti agroindustriali.

Dopo le considerazioni introduttive, di carattere generale, sulle motivazioni socio-economiche e tecniche del progressivo sviluppo in Italia della meccanizzazione agricola nel secolo scorso, più marcatamente nella seconda metà dello stesso, è interessante esaminare con maggiori dettagli i particolari tecnici più significativi delle macchine introdotte nelle aziende, comparto operativo per comparto: dalla motorizzazione, e, via via, dai lavori nel terreno e dalla semina fino alla raccolta dei prodotti.

### *Dall'energia animale alla motorizzazione*

La motorizzazione in agricoltura, ma in particolare la motoaratura – uno dei lavori più impegnativi dal punto di vista energetico –, dopo le storiche motoaratrici a vapore, si è avviata agli inizi del '900 con la messa a punto di motori a combustione interna, a petrolio, benzina, gasolio e la costruzione di veicoli a ruote, prima metalliche poi gommate, e a cingoli, “i trattori agricoli”, anche chiamati comunemente “trattrici”, aventi i citati propulsori.

Nel periodo fra i due conflitti mondiali in Italia si è avuta una larga diffusione di trattrici azionate da motori semidiesel, i cosiddetti “a testa calda”, alimentati a petrolio, utilizzate nei pesanti lavori di aratura e anche, a punto fisso mediante la classica trasmissione a cinghia, nella trebbiatura del grano e nella pressatura della paglia.

Dopo il secondo conflitto mondiale i motori “diesel-veloci”, grazie ai continui perfezionamenti funzionali nell'alimentazione del gasolio e nella combustione dello stesso, sono diventati i propulsori più impiegati sulle trattrici, e, poi, a partire dagli anni '60, anche su macchine operatrici “semoventi”, fra le prime le “mietitrebbiatrici”.

In particolare, ricordato che all'inizio del '900 si partì dalle versioni “lente”, dall'originaria idea di Diesel del 1893, i moderni motori diesel “veloci”, che sono spesso proposti anche in versioni “turbo” per le gamme di alta potenza, presentano notevolissimi progressi di cui ha potuto beneficiare l'esercizio della meccanizzazione in agricoltura, ad esempio: marcata elasticità funzionale e maggiore prontezza di risposta ai sovraccarichi

accidentali, riduzione dei consumi di gasolio e delle emissioni nocive con l'alimentazione regolata elettronicamente, ecc.

Parallelamente la trattrice agricola, da mezzo costituzionalmente destinato alla trazione in sostituzione del traino animale, si è trasformata in "portattrezzi", con attacco a tre punti e sollevatore idraulico. Tale orientamento costruttivo ebbe inizio con la diffusa versione Ferguson TE20 del '36, dotata di motore "a scoppio" e, anche, di ruote gommate (l'idea dei pneumatici di Mc Cuen è del '32).

In quel periodo ebbero inizio, non solo le prime applicazioni di "Oleodinamica" per il controllo operativo degli attrezzi portati, ma anche importanti trasformazioni strutturali. Ad esempio: la doppia trazione per ottenere l'aderenza totale della trattrice a ruote (Cassani), la presa di potenza per l'azionamento di attrezzi, quali barre falcianti o frese.

Dopo il secondo conflitto mondiale, oltre ai perfezionamenti motoristici, nella prospettiva sia della meccanizzazione integrale delle coltivazioni sia del miglioramento nel comfort e sicurezza dei conduttori, si sono avuti ulteriori progressi tecnologici: attacco anteriore degli attrezzi, estensione delle applicazioni di oleodinamica, poi anche di elettronica, per il controllo e il cambio istantaneo delle marce nella trasmissione, prese di potenza idraulica per trasmissioni idrostatiche, idroguida, posto di guida antivibrazioni, cabine climatizzate con telai di sicurezza in caso di ribaltamento.

Inoltre con l'elettronica sulla trattrice è entrata anche l'informatica, non solo per rispondere nel modo migliore e tempestivo alle sue specifiche funzioni e a quelle delle macchine operatrici a essa collegate, ma anche per potersi inserire nell'interessante e nuovo filone operativo della cosiddetta "precision farming", avviato negli USA negli anni '80.

La trattorizzazione dell'agricoltura italiana è stata caratterizzata dalla diffusione delle trattrici "cingolate": i primi esempi furono i famosi Caterpillar americani dismessi dai già citati Centri dei Corpi Alleati. Tali macchine consentirono un più facile impiego nelle aree collinari, e anche, specie con le gamme di elevata potenza, lavorazioni profonde di terreni argillosi, scassi per impianti arborei, dissodamenti, ecc.

La necessità di avvicinare la struttura delle motrici alle particolari esigenze delle coltivazioni ha portato alla creazione di trattrici con mirata specializzazione per frutteto, vigneto, fino ai telai motorizzati per l'orticoltura.

In tale contesto non bisogna dimenticare che, in una prima fase, nella vasta maglia podereale della nostra agricoltura, nelle piccole aziende trovarono larga diffusione i ben noti "motocoltivatori".

*Dall'aratura tradizionale e profonda alla minima lavorazione  
e alla semina diretta su terreno sodo*

Le lavorazioni del terreno, in particolare l'aratura, per gran parte del paese, nella prima metà del '900 erano eseguite mediante la trazione animale. Nello stesso periodo, a parte i primi sporadici esempi di meccanizzazione con motoaratri a vapore o elettriche, cominciarono a essere impiegate le prime versioni di trattori a ruote metalliche.

Nella seconda metà del '900 si è avuta una diffusa introduzione di nuove motrici con diversificate caratteristiche tecniche, in funzione dell'accoppiamento con gli attrezzi deputati alle esecuzioni delle lavorazioni principali (arature e dissodamento), di quelle secondarie (frangizzollatura, erpicatura, livellamento).

Ciò ha portato gli agronomi e, poi, gli agricoltori a rivedere le varie procedure di esecuzione delle lavorazioni del terreno, ponendo maggiore attenzione, nell'ambito delle diverse coltivazioni, non solo agli aspetti ambientali, legati alla natura e giacitura dei terreni, ma anche a quelli dei consumi energetici, che sono sempre elevati per tale serie di lavori.

Infatti, sull'argomento delle pratiche agronomiche tradizionali si è poi verificata una vera e propria rivoluzione, guidata dalla consapevole necessità di mantenere un'attiva "difesa del suolo". E sotto questo aspetto non venivano trascurati gli effetti negativi del "compattamento" del terreno in seguito al traffico di mezzi meccanici, non solo nelle varie fasi colturali, ma, soprattutto, in quella della raccolta dei prodotti.

La trattorizzazione delle lavorazioni del terreno, grazie alle elevate potenze disponibili e all'aderenza totale nelle versioni a quattro ruote motrici, ha consentito una maggiore velocità nell'aratura, con una conseguente migliore frantumazione delle zolle e, quindi, notevoli vantaggi nella successiva preparazione del letto di semina.

Per quanto riguarda le lavorazioni profonde, dopo le esperienze di Giuseppe Stefanelli negli anni '50-'60, prima con i ripuntatori fenestrati associati agli aratri e, poi, con i discissori multipli seguiti da aratri polivomere, si è sviluppata, nei terreni argillosi, la lavorazione profonda a "due strati": discissori ad ancore fisse o vibranti (prof. 50-60 cm) e completamento del lavoro con l'aratura superficiale e contemporaneo interrimento dei residui vegetali, mediante aratri polivomeri, spesso "doppi-reversibili" a comando idraulico.

Inoltre la disponibilità sulle moderne trattrici di prese di potenza meccanica e idraulica ha sviluppato la combinazione di attrezzi (coltivatori, erpici, zappatrici rotative, rulli) rendendo più rapida e meno trafficata la

serie di operazioni della preparazione del letto di semina. In tale contesto le macchine “vangatrici a utensili rotanti” hanno trovato interessanti applicazioni per lavorazioni in terreni umidi e, soprattutto perché non lasciano la “suola di lavorazione” come invece avviene a seguito dell’aratro.

Altre possibilità innovative si sono realizzate nell’ambito delle lavorazioni del suolo nelle coltivazioni arboree: aratri e zappatrici rotative a comando automatico agiscono intracceppi mentre la trattrice, anche in versione a carreggiata “stretta”, procede nell’interfilare (vedi le trattrici per frutteto o vigneto).

La meccanizzazione delle lavorazioni del terreno nelle numerose piccole aziende, particolarmente di collina e montagna, a parte quella introdotta con l’ausilio dei contoterzisti, in un primo tempo è stata caratterizzata dalla diffusione di “motocoltivatori”, che sono state le prime “unità motrici” polivalenti più diffuse, assieme alle “motofalciatrici”. Tali mezzi sono stati trasformati in piccole macchine “portattrezzi” collegate a un carrello con sedile o anche a un pianale carrellato per carico (vedi serbatoio e pompa per le irrorazioni nei frutteti o vigneti) e trasporto. Le derivate motofrese o motozappatrici, dall’ideazione di Meyenburg del ’16, hanno poi trovata una vasta diffusione con particolari soluzioni adatte all’orticoltura e floricoltura e al giardinaggio.

Da ricordare che molti costruttori nazionali hanno sviluppato l’idea della piccola meccanizzazione, anche per aree collinari, passando dal motocoltivatore carrellato alla realizzazione di una nuova tipologia di trattrici “a quattro ruote motrici” isodiametriche, articolate e snodate, con ciò riprendendo, in piccolo, un’antica soluzione adottata nella trattrice Pavesi per gli usi militari nel primo conflitto mondiale.

L’industria italiana, ispirandosi ai grossi Caterpillar militari lasciati dopo il secondo conflitto, si è poi caratterizzata nella costruzione di trattrici cingolate, specialmente nelle classi di media potenza per soddisfare soprattutto le esigenze delle piccole aziende collinari; per aumentare la flessibilità operativa sia in campo che nei trasferimenti su strada, e per questo si sono sviluppate anche le “cingolature gommate”.

### *Nuove tecnologie per la semina, la concimazione e i trattamenti fito-sanitari e diserbanti*

La diffusa trattorizzazione delle aziende, ma particolarmente con gli ultimi modelli di trattrici tecnologicamente super-attrezzate (prese di potenza, attacchi posteriori e anteriori comandati idraulicamente, ecc.), non solo ha

consentito di eseguire operazioni di coltivazione sempre più tempestive e rapide nella preparazione del letto di semina, ma ha anche estesa la possibilità delle combinazioni, sulla stessa motrice, delle macchine per la semina, la concimazione e il diserbo chimico.

Per la semina del grano, dalla tradizionale distribuzione meccanica forzata su ogni fila, si è passati a una distribuzione centrale con il successivo convogliamento pneumatico dei semi verso gli assolcatori, ottenendo così notevoli vantaggi: maggiori larghezze di semina, quindi maggiore capacità di lavoro delle macchine, minore trafficabilità sul terreno.

Altro notevole miglioramento si è avuto nelle semine di precisione, o deposizione di semi singoli (mais, bietole), sulla base dell'evoluzione delle scelte agronomiche di queste importanti colture, per la zootecnia e per l'industria. Le moderne seminatrici di precisione possono contare sulla distribuzione assistita da flussi d'aria a doppia azione – compressione o aspirazione –. Con ciò si è potuto procedere a maggiori velocità, quindi operazioni di semina, e di altre combinate, più tempestive; con minore danni alla germinabilità dei semi; inoltre non vanno trascurati gli enormi vantaggi operativi dalla polivalenza della distribuzione, cioè lavoro con semi di forma e calibro diversi (mais).

Un progresso analogo si è avuto nell'operazione di trapianto, particolarmente importante per l'orticoltura di pieno campo, con macchine ad alimentazione automatica dei distributori delle piantine. Inoltre le stesse macchine, e anche le seminatrici di precisione, sono in grado di eseguire l'impianto delle coltivazioni su banda pacciamata con film di plastica sotto la quale può essere steso contemporaneamente il tubo per l'irrigazione a goccia.

Anche nelle moderne piantatuberi si è attuata l'alimentazione automatica dei distributori, previa calibratura dei tuberi, eliminando la manodopera disposta su ogni elemento seminatore; i distributori a cinghie montano cucchiari intercambiabili a seconda dei calibri e si autoalimentano direttamente dalla tramoggia di carico.

Tali innovative possibilità tecniche per la semina e l'impianto delle colture costituiscono ormai il primo anello della catena di operazioni che portano alla meccanizzazione integrale dei processi produttivi. Ciò evidentemente porta a nuovi problemi organizzativi e di gestione delle prestazioni dei mezzi forniti dall'industria, dalle imprese di meccanizzazione, ecc.

Per quanto riguarda la distribuzione dei fertilizzanti, avvalendosi della presa di potenza della trattrice, si sono diffusi gli spandiconcime centrifughi a dischi e palette rotanti; un miglioramento della distribuzione si è poi avuto con la soluzione pneumatica, in questo caso con l'ausilio di un ventilatore.

Ma in questo campo, grazie alle applicazioni informatiche e con la trattatrice dotata di apparato GPS, si è resa possibile una “concimazione mirata” in funzione della potenzialità produttiva del suolo; allo scopo sono fondamentali le mappe di produzione eseguite sullo stesso terreno all’atto della raccolta con mietitrebbia pure dotata di GPS; con dette mappe si realizza il sistema informatico della “georeferenziazione”, basata sull’ausilio di sistemi satellitari di posizionamento geografico, come previsto dalle procedure della “precision farming”, avviata negli USA alla fine del ’900.

I citati spandiconcime hanno consentito di meccanizzare anche la tradizionale semina a spaglio con notevoli vantaggi nei casi di: risaia sommersa, di cereali a paglia, di erbai, di rigenerazione di prati permanenti e di pascoli, avvalendosi anche della combinazione con speciali coltivatori vibranti a molla per facilitare l’interramento dei semi.

Infine la semina diretta su terreno sodo o con minima lavorazione può essere eseguita con seminatrici a righe o monosemi, associate a vangatrici, erpici rotativi, collocabili sia anteriormente che posteriormente alla trattatrice, o, più semplicemente, dotando le seminatrici di speciali assolcatori a utensili fissi, rotolanti o rotanti.

Lo sviluppo della meccanizzazione per la cura e la difesa delle piante dai parassiti, come pure per il diserbo chimico si è sempre adeguato al conseguimento di fondamentali obiettivi: erogazioni liquide di fitofarmaci e diserbanti sempre più mirate; riduzione delle perdite di miscele a terra; contrasto alla deriva delle emissioni polverizzate per la salvaguardia dell’ambiente; sicurezza nella formazione delle miscele; salvaguardia della salute degli operatori.

Per l’erogazione di miscele liquide polverizzate un grande passo avanti verso gli obiettivi detti si è avuto con i sistemi a erogazione assistita da un flusso d’aria, cioè la cosiddetta “aero-convezione” realizzata dai diffusi “atomizzatori” per i trattamenti alle colture arboree, sistemi aereoassistiti che, poi, si sono attuati anche per i trattamenti alle colture erbacee con le note “barre irroratrici”.

In particolare nei trattamenti agli impianti arborei si è arrivati a una “distribuzione sensibile”, cioè con erogazione automatica dei fitofarmaci solo in presenza delle piante. Inoltre, modificati i sistemi di allevamento delle piante, si è puntato sul recupero di fitofarmaci con soluzioni a “tunnel”, cioè avvolgenti le piante.

Nè sono da trascurare le tecnologie per il governo, in sicurezza, della formazione delle miscele all’atto del carico dei serbatoi, come quelle per il risciacquo di tutto l’impianto.

Nella costruzione delle macchine interessate ai trattamenti chimici vanno ricordati alcuni particolari molto interessanti: strumentazioni per il controllo della pressione e della portata liquida; erogazione proporzionale alla velocità di avanzamento – vedi la nota “scatola nera” delle irroratrici –; ugelli e impianto con sistemi antigocciolamento durante le manovre; grande cura nell’impiego di materiali speciali – acciaio inossidabile, ceramica, resine sintetiche –; facilità operativa con teste pluriugelli per getti di forma (cono o ventaglio) e portata desiderati a seconda del tipo di trattamento (piante o terreno).

Infine, oltre alle diffuse pompe centralizzate, per l’alimentazione dell’intero impianto della irroratrice, si sono proposte speciali pompe dosatrici che iniettano il principio attivo, con la dose voluta, nel condotto ove defluisce l’acqua verso l’ugello emittente; in tal caso le macchine montano, separatamente, i contenitori del fitofarmaco e il serbatoio dell’acqua.

*La raccolta dei prodotti: dal lavoro con macchine a traino animale e dal lavoro manuale con macchine agevolatrici, alla meccanizzazione integrale*

La meccanizzazione della raccolta dei prodotti nella seconda metà del '900 ha avuto un enorme sviluppo e perfezionamento nell’esecuzione operativa e nella qualità dei risultati, sia con macchine specifiche sia soprattutto con macchine semoventi specializzate per prodotto.

Tali nuove disponibilità, spesso con l’intervento di “contoterzisti”, nelle aziende agricole per molte colture si è sempre più estesa l’attuazione di processi a “meccanizzazione integrale” con appropriati “cantieri di lavoro”, a partire dall’impianto delle colture, al fine di conseguire l’obiettivo della “riduzione dei costi di produzione”, nel rispetto dei valori quantitativi e qualitativi delle produzioni stesse.

*Cerealicoltura e produzioni da seme: dalle mietitura e sgranatura separate alla combinazione nelle mietitrebbiatrici*

Nella prima metà del '900 le macchine impiegate in Italia per la raccolta del grano erano essenzialmente: mietitrici e mietilegatrici a traino animale; trebbiatrici, di solito accoppiate a pressa-imballatrice per la paglia, azionate tramite le classiche trasmissioni a cinghia, in coppia, da locomobili a vapore o, ma più raramente, dalle prime trattrici dotate di puleggia.

A proposito delle mietilegatrici, con la grande diffusione delle motofalciatrici si è fatta strada nei costruttori la trasformazione di queste piccole macchine (fronte di taglio 1-1,5 m) in “moto-mietilegatrici”, applicando frontalmente degli originali sistemi di accovonatura e legatura dei covoni, andando, in un primo tempo, a risolvere la raccolta del grano nelle aziende collinari, in alternativa delle mietilega trainate e azionate da trattrice – poi, per queste zone verranno le più moderne “mietitrebbiatrici autolivellanti”.

Le “combine ” o mietitrebbiatrici, già comunemente impiegate nella versione semovente negli USA, in Italia iniziano la loro diffusione solo dopo il secondo conflitto mondiale, prima nella versione trainata da trattrice e, poi, dagli anni '60 anche nella versione semovente, con macchine anche di produzione nazionale (Laverda, Arbos).

Tale progresso tecnico ha portato a un'incidenza del lavoro pari a circa 1/10 di quella riscontrabile negli anni '50 – circa 200 hop/ha (Toderi) – quando ancora operavano 36.000 trebbiatrici fisse e solo 750 mietitrebbiatrici. Alla fine del secolo, precisamente nel '97, il parco delle mietitrebbiatrici in Italia superava le 51.000 unità, con potenze in media di 88 kW.

In proposito è interessante notare che le 557 nuove mietitrebbie immesse nell'agricoltura italiana nel '97 avevano una potenza media di 160 kW, a dimostrare non solo l'aumentata capacità di lavoro ottenibile con le nuove versioni (dell'ordine di 0,5-1 h/ha), ma anche la molteplicità delle loro applicazioni: raccolta di frumento e leguminose da seme anche in zone collinari declivi con le versioni autolivellanti; raccolta di riso con cingolature flottanti e battitore a punte; raccolta di mais da granella con testata spannocchiatrice; raccolta di semi oleaginosi (girasole, soia, colza, ecc.) con apposite testate. Ciò ha determinato in queste macchine un ulteriore avanzamento tecnologico con un notevole miglioramento delle prestazioni sia sotto l'aspetto della produttività sia sotto quello della qualità del lavoro – riferito al prodotto e al conducente –.

Come le trebbiatrici fisse erano accoppiate a imballatrici della paglia, anche le mietitrebbie hanno iniziato a lavorare assieme a “raccolgi-imballatrici”, che già stavano affermandosi nella foraggicoltura per la raccolta del fieno. Queste macchine, trainate da trattrice, raccolgono la paglia scaricata in andana dalle mietitrebbie e, mediante azionamento dalla presa di potenza, formano le balle legandole automaticamente con spago o filo di ferro e, di seguito scaricandole a terra o caricandole direttamente su rimorchio.

Successivamente, per migliorare il trasporto e lo stivaggio della paglia, si è passati alle cosiddette “big baler” di forma parallelepipedica o cilindrica (caso delle “rotoballe”, che verranno poi utilizzate anche per la raccolta di sarmenti o residui delle potature).

La raccolta del mais da granella: tradizionalmente veniva raccolto a mano in pannocchie, scartocciate a mano, le quali, dopo essiccazione all'aria, venivano sgranate con trebbiatori a punto fisso azionati elettricamente. Così in un primo tempo, fino agli anni '60, vennero adottate macchine raccogli-spighe sul modello delle classiche "corn-pickers" americane per il distacco e il carico delle pannocchie; su queste macchine venne poi inserito anche l'apparato per la sfogliatura delle pannocchie. Ma, nello stesso tempo, la comparsa delle "combine" per il grano, ha portato i costruttori a risolvere l'adattamento delle stesse mietitrebbie per la raccolta del mais: nella versione normale le macchine lavoravano con difficoltà per lo sfalcio degli stocchi. La soluzione ottimale fu trovata montando al posto della normale barra falciante un nuova testata costituita da una serie (4-6) di punte spannocchiatrici – tipo corn pickers –; sulla stessa testata sono stati collocati anche apparati per la trinciatura e l'andanatura degli stocchi; inoltre vennero introdotte, a modifica del classico battitore a spranghe trasversale, nuove versioni di battitore-sgranatore, a mono- o bi-rotore a flusso assiale, al fine di facilitare il distacco della granella dai tutoli, con minori danni alla granella stessa ancora molto umida (25-30%). Dopodiché tali macchine, direttamente sul campo, potevano procedere, come per il frumento, allo scarico della granella su rimorchi dotati di appositi contenitori per il successivo scarico meccanico nei centri di essiccazione e magazzinaggio.

Anche in questo caso notevole è stato l'aumento della produttività del lavoro nell'intera coltura: 20 hop/ha contro le 450 hop/ha del '57-58 (Toderi).

È importante sottolineare che per la sopravvivenza della cerealicoltura nelle aree collinari decisiva è stata la costruzione, anche da parte dell'industria italiana (Laverda, Arbos), di mietitrebbie "autolivellanti" in versione "integrale", cioè in grado di operare sia secondo le linee di livello, come le originarie combine americane per le aree "sistematiche a onde", sia a rittochino come è prevalente nei campi di grano delle nostre colline.

Altrettanto importante è sottolineare come, per il raggiungimento dei citati livelli operativi delle predette macchine operatrici, sia stato decisivo l'avanzamento tecnologico dei componenti di dotazione: centrale oleodinamica per le varie trasmissioni idrauliche, da quella idrostatica per la variazione continua della velocità di avanzamento, a quelle per i motori idraulici al servizio sulla piattaforma frontale (barra di taglio, convogliatori al battitore, ecc.). Inoltre sulla piattaforma di guida, collocata per un'ampia visibilità del fronte di lavoro, è montata la cabina, climatizzata per un lavoro confortevole, dotata di varie strumentazioni per il controllo automatico – con l'ausilio anche dell'elettronica – e la regolazione delle va-

rie funzioni operative, ad esempio: altezza di taglio; velocità del battitore; posizione della griglia controbattitore; inversori per disingolfare la parte frontale; segnalatori di corpi estranei; segnalatori del livello delle eventuali perdite di granella allo scarico della paglia; ecc.

*Foraggicoltura: dallo sfalcio dell'erba alla fienagione in un giorno e al silo-mais*

I mezzi meccanici, introdotti nelle aziende zootecniche nella seconda metà del '900 per la raccolta dei foraggi, hanno consentito sia una decisiva diminuzione del faticoso lavoro di raccolta dei foraggi, da affienare o da insilare verdi, sia un importante miglioramento nella qualità intrinseca dei foraggi destinati all'alimentazione del bestiame bovino da latte e da carne.

Tuttavia, il processo di meccanizzazione in tale comparto produttivo è stato graduale. Infatti dalle note falciatrici a traino animale, subito dopo il secondo conflitto mondiale, si sono diffuse sia piccole "motofalciatrici" sia "falciatrici portate" e azionate da trattrice. Contemporaneamente seguirono i "rimorchi autocaricanti-scaricanti" trainati da trattrice, con l'inserimento, per la linea del fieno, dei noti attrezzi da fienagione (voltafieno, rastrelli) e dei moderni ranghinatori, collegati alle diffuse trattrici aziendali.

In questo contesto va ricordato che il grande successo avuto dai "rimorchi autocaricanti", anche nelle nostre piccole e medie aziende zootecniche per la raccolta di fieno o erba in andane, ha una sua storica collocazione socio-economica. Infatti tali macchine, sono nate in Germania subito dopo il secondo conflitto mondiale per consentire, in zone a tradizione agricola, ove erano stati trasferiti i nuovi insediamenti industriali, alla scarsa manodopera disponibile di accedere ai nuovi richiesti impieghi nell'industria, senza dover abbandonare le normali attività della propria azienda familiare, fra cui quella di poter eseguire in poco tempo la regolare alimentazione giornaliera del bestiame; infatti tali rimorchi erano anche "autoscaricanti" nella mangiatoia della stalla.

Dal punto di vista tecnico, per rendere più produttiva e tempestiva la fase di taglio dei foraggi, da prato o erbaio, dalla tradizionale falciatrice a lama oscillante si è passati a differenti tipologie (larghezze di taglio 1,5-2 m.): a doppia lama oscillante; a contemporanea paralama oscillante; a lame rotanti attorno ad assi verticali – note come "falciatrici rotative".

In combinazione con la fase di taglio si è inserita quella di "condizionamento" con rulli o flagelli rotanti. Così nella fienagione si inseriva una nuova tipologia di macchine: le "falci-condizionatrici". L'impiego di tali nuove macchine, introdotte negli USA negli anni '50 all'insegna del motto

“Hay in a day”, ha fatto migliorare anche in Italia la qualità del fieno di leguminose e graminacee, con soddisfazione delle aziende caratterizzate per la produzione di latte. Infatti tale prodotto foraggero deve sottostare alle prescrizioni dei Consorzi di formaggi tipici per quanto riguarda l'alimentazione del bestiame. Nel merito, il condizionamento, che determina la fessurazione degli steli della foraggera per schiacciamento con i rulli o per l'azione dei flagelli rotanti, ha consentito, dopo lo sfalcio, una più rapida e uniforme essiccazione della massa (steli e foglie) in andana sul campo; no a ripetuti spandifieno, causa di crescenti perdite non solo di sostanza secca ma anche delle parti più pregiate – le foglie delle leguminose –; alla fine della giornata si può intervenire con il ranghinatore per rivoltare l'andana. Così la fienagione può essere programmata in base alle previsioni meteorologiche; inoltre, grazie ai moderni mezzi, può essere compiuta con minori perdite sia fisiche che bromatologiche, condizione molto importante nel caso di leguminose (erba medica).

L'avanzata meccanizzazione delle operazioni di fienagione sul campo ha determinato, per assicurare la conservazione della qualità del fieno e per superare gli inconvenienti derivanti da variabili condizioni meteorologiche, la costruzione di “fienili attrezzati” con impianti di ventilazione, realizzando così una nuova impostazione delle modalità di magazzino del fieno.

Pure di derivazione americana sono state le grandi falcia-condizionatrici semoventi (fronte di taglio 2,5-3 m), che hanno trovato impiego nelle grandi aziende zootecniche e nella catena mangimistica –vedi disidratazione dell'erba medica –; macchine dello stesso tipo hanno poi trovato spazi di impiego nella raccolta di ortaggi da foglia (spinaci) per la surgelazione.

Per quanto riguarda la raccolta di foraggi da conservazione verde, “gli insilati”, la meccanizzazione ha consentito alla zootecnia di entrare nella “era del mais”. Infatti le macchine “falciatrinca-caricatrici”, prima trainate e azionate da trattore e, poi, semoventi, hanno permesso di realizzare nuovi indirizzi produttivi per tale coltura, passando dalle tradizionali coltivazioni fitte (erbai, da trinciare prima del consumo o dell'insilamento) a quelle a file, come per il mais da granella, con la raccolta integrale delle piante intere, ancora verdi e con granella prossima alla maturazione o, anche, allo stato ceroso, e la loro trinciatura e carico su rimorchi al seguito, del tutto pronte per l'insilamento.

Tali macchine per la foraggicoltura, comparse negli anni '50 nella versione trainata o portata da trattore, sono state proposte nella versione “semovente” azionate da motori con potenze elevate, fino a 400 kW e pos-

sono montare differenti testate: per lo sfalcio – fronte di taglio 3-4 m –, a lama oscillante o a coltelli rotanti; per la raccolta di erba in andana con il pick-up; per la raccolta di silo-mais con testata a punte plurifila (4-6 file). Dalla testata il prodotto viene convogliato all'apparato trinciatore, a coltelli rotanti attorno a un asse trasversale, seguito da quello schiaccia-granella nel caso del mais, e alla fine viene spinto, anche pneumaticamente da una ventola, su rimorchio a traino o su veicolo affiancato.

Vale la pena sottolineare che anche le falcia-trincia-caricatrici semoventi si avvalgono dei fondamentali componenti oleodinamici per le diverse funzioni operative, a partire della trasmissione idrostatica per l'avanzamento.

Esse hanno così assunto un ruolo decisivo nella foraggicoltura, trasformando, meccanizzandole a catena, le varie operazioni di preparazione e distribuzione degli alimenti al bestiame nella stalla o nei recinti (feed-lot).

Inoltre si sono rese indispensabili nel ciclo industriale della mangimistica: raccolta dell'erba medica da conferire al centro di disidratazione e di molitura per ottenere farine, che vengono poi utilizzate come integratore nei pellet destinati all'alimentazione nei vari allevamenti zootecnici; raccolta dell'erba con elevata tempestività, grazie alla capacità di lavoro delle macchine suddette, e conseguente, notevole riduzione dei tempi di raccolta e conferimento, con enormi vantaggi sulla qualità finale del mangime.

A questo punto si può già dire che le "falciatrici-caricatrici" semoventi, anche per la loro possibile trasformazione per l'impiego in altri campi, ad esempio energetico (raccolta di piante legnose sotto forma di cippato), per il loro livello tecnologico emergono nella foraggicoltura moderna come le "mietitrebbie" sono determinanti nella cerealicoltura e nelle colture da seme.

Questa prima osservazione sulle importanti e vaste prestazioni nelle macchine per la raccolta delle produzioni cerealicole e foraggere, fa riflettere sull'influenza che avrà anche in Italia la disponibilità di macchine ad alta specializzazione tecnologica per le operazioni di raccolta in altri importanti comparti produttivi.

Infatti, come si vedrà in seguito, le nuove macchine "vendemmiatrici" hanno determinato nuovi orientamenti nelle tecniche di coltivazione in viticoltura; le "raccoltrici di ortive industriali" sono diventate decisive nelle filiere della surgelazione (piselli, fagiolini, spinaci) e della trasformazione (pomodoro); le "raccoltrici" semoventi hanno modificato le tecniche agronomiche in bieticoltura. E pure altre tipologie di macchine hanno determinato nuove possibilità di impiego per la riduzione del carico di lavoro nelle operazioni di raccolta in importanti comparti produttivi, quali l'orticoltura, la frutticoltura, la viticoltura, l'olivicoltura, stimolando gli agricoltori ai necessari adeguamenti nell'impianto delle colture e nelle scelte varietali.

*Dalle procedure manuali alla meccanizzazione integrale nella raccolta dei prodotti dell'orticoltura, frutticoltura, viticoltura e olivicoltura*

La meccanizzazione che, a partire dagli anni '50, ha avuto diffusione per molte operazioni di coltivazione e cura delle piante – orticole, frutticole, viticole e olivicole – è stata contemporaneamente invocata dagli agricoltori per risolvere al meglio anche le operazioni di raccolta per risolvere i problemi del gravoso lavoro manuale e, al contempo, mantenere e salvaguardare la qualità finale delle produzioni. In particolare erano necessarie: una drastica riduzione della manodopera e una pronta risposta alle pressanti esigenze del mercato e delle industrie di conservazione e trasformazione dei prodotti.

*Orticoltura*

In questo comparto produttivo i ritrovati tecnologici, che nel tempo si sono resi disponibili, hanno stimolato l'ingegnosità di artigiani per la realizzazione di mezzi idonei alla delicata e gravosa operazione. Infatti da una prima fase di ricerca e sperimentazione si è passati a una vera e propria industrializzazione del settore, consentendo una decisiva riduzione della manodopera, quindi dei costi di produzione.

Lo sviluppo della meccanizzazione, seguendo i nuovi indirizzi agronomici di scelte varietali, si è avviata in due direzioni: “semimeccanica” con macchine “agevolatrici” del lavoro manuale, specialmente per prodotti destinati al consumo fresco; “meccanica” integrale con macchine complesse, spesso semoventi, per prodotti destinati ai centri di conservazione o alle industrie di lavorazione e trasformazione.

La raccolta delle patate, un tempo effettuata a mano dopo lo scavo con attrezzi a traino animale, ora può essere eseguita con macchine, trainate e azionate da trattore, dotate di nuove soluzioni tecniche: a cominciare dai vomeri di scavo, preceduti da trituratori della parte aerea, e, di seguito, dai convogliatori per l'eliminazione delle zolle e per l'invio alle tavole di cernita e selezione – anche automatica –, fino allo scarico dei tuberi nel cassone palettizzato o nella tramoggia.

Anche nella pataticoltura di collina e montagna, grazie alla disponibilità di trattori, la meccanizzazione si è sviluppata con attrezzi scava-setacciatori oscillanti-allineatori dei tuberi o con piccole macchine dotate anche di caricatori su tavolo di cernita e insaccamento.

Le moderne raccogli-patate sono di solito inserite, come per altri or-

taggi da consumo, o in organizzazioni cooperative di conservazione e distribuzione dotate di magazzini a climatizzazione controllata, oppure nella catena industriale della trasformazione.

Altre ingegnose macchine sono state costruite per la raccolta di orticole con prodotti interrati (carote, porri, finocchi, rape): in una sola passata oppure in due fasi, scavo e andatura e poi, dopo essiccazione in andana, raccolta in continuo (cipolle, aglio), ed eventuale inserimento di dispositivo per il taglio delle radici e la formazione dei mazzetti con legatura automatica. In tali macchine le soluzioni adottate hanno puntato sulla qualità del lavoro; ad esempio: scavo-sollevamento con rulli scanalati per eliminare la terra (cipolle), scavo-sollevamento con coppia di cinghie che afferrano le parti aeree del prodotto (carote) convogliandolo all'apparato di scoltamento per poi scaricarlo nel contenitore.

Per corrispondere alla diversificazione colturale si sono realizzate anche speciali "unità polivalenti", trasformabili mediante testate dedicate: per lo scavo-sollevamento di prodotti interrati, il taglio di prodotti fuori terra o da foglia, il sollevamento e trasporto con cinghie mobili, la legatura in mazzetti; inoltre tali "unità", portate da trattore o facenti parte di "telai motorizzati", sono dotate di diversificate piattaforme per gli operai addetti alla cernita, pulizia e preparazione del prodotto nelle cassette per il mercato.

Nel caso di prodotti da consumo fresco che all'atto della raccolta si trovano a livello del suolo – asparagi, fragole, ecc. – si sono realizzati ingegnosi carrelli semoventi a propulsione elettrica, con posto per un operaio che guida mediante sistema a pedale; in alcune versioni la propulsione elettrica è alimentata con l'energia prodotta attraverso pannelli solari collocati sulla copertura del posto di lavoro e guida.

Più avanzata tecnologicamente è stata la meccanizzazione della raccolta di produzioni ortive a destinazione industriale (surgelazione o appertizzazione), ciò strettamente correlato a specifiche scelte varietali.

Per la raccolta dei piselli si è passati da operazioni separate di sfalcio delle piante e di sbaccellamento-sgranatura a punto fisso, alla raccolta in un'unica passata, con distacco dei soli baccelli, la loro sgranatura sul campo e, dopo una prima pulitura dalle impurità, caricamento su veicoli attrezzati per il tempestivo conferimento alla fabbrica. Ai fini della tempestività della raccolta, quindi della qualità finale del prodotto lavorato, è importante rilevare come il tempo di raccolta con le nuove macchine complete è pari a quello richiesto dal solo primo sfalcio nella procedura a fasi separate con sgranatura a punto fisso presso la fabbrica.

Per la raccolta dei fagiolini verdi mangiatutto, la meccanizzazione si è sviluppata in due direzioni, a seconda del tipo di investimento colturale:

tradizionale a file separate oppure, grazie alle nuove varietà selezionate per l'industria conserviera, intensivo a tutto campo.

Nel primo caso la raccolta viene eseguita su file singole con macchine portate da trattrice e dotate di un rotore pettinatore per il distacco dei baccelli con asse parallele alle file – caso di prodotto per il consumo fresco – oppure con macchine semoventi dotate di 3-4 rotori.

Nel caso dei fagiolini in coltura intensiva si è arrivati all'operazione di raccolta mediante semoventi dotate di un unico rotore, pettinatore dei baccelli, disposto frontalmente e con asse trasversale.

Sulle moderne macchine industriali per la raccolta dei fagiolini, a parte la diffusa adozione della trasmissione idrostatica per l'avanzamento, sono state introdotte altre importanti innovazioni, grazie a sistemi elettro-idraulici, al fine di migliorare la qualità del lavoro sul prodotto: limitazione delle perdite e del non raccolto, riduzione al minimo dei danni ai baccelli; ad esempio: regolazione automatica della posizione del rotore frontale rispetto al suolo, mediante appositi sensori; automatica sgrappolatura-separazione dei fagiolini; eliminazione di foglie e impurità mediante ventilazione a stadi multipli in cascata.

La raccolta meccanica del pomodoro da industria ha avuto inizio con la diffusione delle varietà a maturazione contemporanea da coltivare secondo precisi standard agronomici: densità delle piante, distanza fra le file. Data la rilevanza in Italia del comparto produttivo, vari costruttori nazionali hanno affrontato con successo la realizzazione di macchine semoventi per la raccolta del pomodoro, ispirandosi alle prime versioni importate dagli USA.

Il lavoro di queste macchine, che consiste nel taglio delle piante, nel loro convogliamento ai telai oscillanti – tipo scuotipaglia delle mietitrebbie – per la separazione delle bacche che, di seguito, vengono convogliate sul nastro di cernita e selezione (operazioni manuali eseguite da personale a bordo delle macchine stesse).

Per tutte queste operazioni, sulle raccogli-pomodoro sono stati introdotti poi importanti perfezionamenti: apparato di taglio assistito da griglia vibrante per una prima separazione della terra; sistema di separazione delle bacche mediante catene convogliatrici oscillanti; apparato di cernita automatico a sensori ottici per l'eliminazione di bacche verdi o danneggiate e di corpi estranei. Con l'introduzione di quest'ultimo apparato bastano 1-2 operai a bordo, contro la squadra di 10-15 operai necessaria per eseguire la cernita manuale, permettendo così di ridurre i tempi di raccolta e, soprattutto, la manodopera a bordo che, fra l'altro, appesantirebbe la semovente con tutte le ovvie conseguenze negative sulla mobilità della stessa e sul compattamento del terreno.

In ogni caso, il prodotto selezionato sulla raccogliitrice viene scaricato su veicoli-rimorchio aventi speciali contenitori, costruiti a tenuta stagna con portello per lo scarico idraulico nelle vasche di accumulo-sosta, poste nell'ambito della fabbrica.

### *Frutticoltura*

Anche in questo comparto produttivo le procedure di raccolta con mezzi meccanici vanno distinte a seconda della destinazione commerciale dei frutti: consumo fresco o lavorazione e trasformazione industriale.

Nel primo caso la meccanizzazione è consistita essenzialmente nell'agevolare il lavoro della manodopera, passando dalla movimentazione di scale ai "carri raccolta", che nelle prime versioni erano trainati da trattrice, e, poi, "semoventi", tecnologicamente più avanzati essendo dotati di piattaforme fisse e mobili per gli operai, di nastri trasportatori convogliatori ai cassoni palettizzati, di sistemi di carico dei cassoni vuoti e di scarico di quelli pieni. Inoltre in tali più moderne soluzioni è stata introdotta la trasmissione idrostatica per l'avanzamento, grazie a una vera e propria "centrale oleodinamica" per effettuare tutti i movimenti delle piattaforme porta-operai. Importante è stata poi l'introduzione della propulsione elettrica durante il lavoro, mantenendo quella da motore endotermico per i trasferimenti. Con tali mezzi innovativi si è superata la necessità di avere trattrici con super riduttore nel caso dei carri trainati.

In ogni caso i cantieri di lavoro sono stati completati da trattrici dotate di elevatori a forche ("fork-lift"), volgarmente dette "muletti", per la movimentazione di palette caricate di cassette (raccolta palettizzata) o di cassoni palettizzati (raccolta superpalettizzata). Ciò ha consentito un consistente aumento della produttività del lavoro rispetto ai metodi tradizionali con movimento manuale di scale e cassette (Baldini).

Lo sviluppo di tali sistemi di raccolta semimeccanica, è stata accompagnata da un adeguamento strutturale dei sistemi di allevamento degli impianti frutticoli; ad esempio le forme obbligate, come le "palmette".

Il lavoro di raccolta nei vecchi impianti o, comunque, con piante sviluppate a vaso, ha trovato una valida agevolazione delle cosiddette "idroscale", derivate dalle americane "girette"; macchine autonome nei movimenti attorno alle piante e con un braccio porta-operaio mobile idraulicamente sul piano verticale.

Un'altra via per agevolare la raccolta è stata anche quella della scelta

varietale con allevamenti a piante basse, permettendo così agli operai la raccolta direttamente da terra.

Per la raccolta di frutti destinati all'industria e anche di quelli in guscio la meccanizzazione ha riguardato essenzialmente il distacco dei frutti mediante lo scuotimento-vibrazione dei tronchi o delle branche delle piante: il cantiere di lavoro comprende una trattrice che porta, e aziona nei movimenti di approccio alle piante, un braccio con pinze poste in vibrazione da un sistema a masse eccentriche rotanti. Successivamente possono essere impiegate macchine raccattatrici-pultrici dei frutti caduti a terra, come, ad esempio, il caso delle mandorle.

Nel caso invece di drupacee da industria, quali prugne e albicocche, sono state realizzate, sul modello americano, unità di raccolta semoventi dotate sia del dispositivo a pinze per lo scuotimento dei tronchi, sia dei teli di intercettazione di frutti che, di seguito, tramite nastri mobili, vengono inviati, dopo una prima pulizia da impurità leggere per aspirazione e da quelle solide per setacciamento, ai cassoni palettizzati.

### *Olivicoltura*

La raccolta delle olive da olio, per superare la dispendiosa procedura tradizionale (bacchiatura e raccolta da terra eseguite a mano), ha potuto, nel tempo, avvalersi di mezzi meccanici diversificati, caratterizzati per le modalità di intervento sulle piante e impiegabili nelle aziende in relazione sia alla disponibilità di manodopera sia, soprattutto, all'assetto degli impianti olivicoli, e, in particolare, al sistema di allevamento delle piante.

In sintesi, il notevole progresso tecnologico dei mezzi meccanici ha consentito di passare, a seconda delle situazioni dette, dalla tradizionale raccolta manuale, a quella "agevolata" meccanicamente, infine a quella "meccanica integrale".

Ciò ha potuto svilupparsi, come per altri comparti agricoli, grazie alla sempre più vasta disponibilità di componenti industriali, basati sulla "oleodinamica" e sulla "elettro-idraulica", che sono stati molto utili per rendere più affidabili i dispositivi di servizio nei nuovi mezzi deputati alla raccolta delle drupe.

A questo riguardo sono state realizzate, per agevolare la bacchiatura o la brucatura delle drupe, pinze o pettini vibranti posti alla sommità di aste manovrate manualmente da terra, oppure pannelli, posti su un braccio articolato collegato a trattrice, sui quali sono montate serie di barre vibranti, a mo' di spazzola, che, introdotte nella chioma della pianta, provocano la caduta delle drupe.

Dalla raccolta da terra delle drupe, peraltro facilitata dalla preventiva stesura di reti, si è arrivati alla realizzazione di un'unità di raccolta meccanica integrale (soluzione nata nell'ambito dell'olivicoltura toscana; G. Stefanelli).

Tale soluzione innovativa era data da una macchina, portata da trattrice cingolata, comprendente: un braccio articolato con pinza vibrante per lo scuotimento delle branche; intercettatore delle drupe distaccate a ombrello rovescio richiudibile alla base del tronco; convogliatore pneumatico (aspirazione) delle drupe, previa eliminazione di eventuali foglie o impurità leggere, nell'apposita tramoggia di accumulo.

Dalla raccolta delle olive pianta per pianta, agevolata o meccanica, negli oliveti tradizionali, con l'avvio, in alcune zone (Puglia), di impianti olivicoli "super-intensivi" (vedi le recenti ricerche), si è arrivati a realizzare la raccolta meccanica "in continuo", utilizzando macchine derivate da vendemmiatrici semoventi, appositamente adattate – vedi apparato scuotitore-vibratore – per operare a cavallo delle piante (alte 1,80-2 m) disposte a filari.

### *Viticultura*

La realizzazione della vendemmia meccanica ha avuto un primo avvio con i tentativi di tagliare, mediante apposita barra azionata da trattrice, i grappoli pendenti dalle pergole – in alcuni casi (francesi) pergolette ricavate dalla trasformazione delle viti allevate ad alberello –, oppure con sistemi per l'aspirazione degli acini mediante apposito impianto pneumatico sempre azionato da trattrice.

Nuove possibilità concrete si ebbero dalle realizzazioni americane, basate sul distacco di acini e grappoli per scuotimento-vibrazione dei fili di sostegno dei cordoni delle viti, allevate secondo un originale sistema, denominato GDC.

Successivamente si sono sviluppate nuove soluzioni (francesi) che si basavano su sistemi meccanici di battitura-scuotimento delle zone a frutto delle viti allevate a spalliera.

Questi procedimenti sono stati attuati per i primi tempi, del tutto sperimentali, con macchine portate da trattrice e, successivamente, con semoventi, sull'esempio americano. Così nella viticultura cominciarono ad avere rilevanza le macchine cosiddette "vendemmiatrici" sia per operare su vigneti allevati a contropalliera che secondo il GDC.

In ogni caso il funzionamento degli organi operatori di queste ultime ti-

pologie di “vendemmiatrici” è controllato attraverso apposite centrali oleodinamiche, in particolare: l'apparato di battitura diretta della zona a frutto con barre o telai sagomati in plastica, oscillanti trasversalmente; il braccio con stella metallica rotante in folle, oscillante verticalmente in modo da scuotere i fili di sostegno dei cordoni delle viti, da una parte o da ambedue le parti rispettivamente per macchine portate o semoventi, queste ultime a struttura scavallatrice del filare e con avanzamento idrostatico; i sottostanti intercettatori-convogliatori mobili dell'uva separata dagli scuotimenti; gli aspiratori per l'eliminazione delle eventuali foglie; il caricatore a tazze del prodotto raccolto su veicolo affiancato o nel contenitore di bordo.

Con tale tipo di meccanizzazione, e nelle situazioni di allevamento date, il carico di lavoro nella vendemmia si è potuto ridurre a 10-20 h.op/ha, contro valori attorno a 150 h.op/ha con i sistemi tradizionali.

Dato che nella vendemmia meccanica la maggiore preoccupazione sulla qualità finale è rappresentata dal grado di ammostamento dell'uva a causa della battitura diretta, si sono realizzati nuovi sistemi di allevamento delle viti in alternativa al sistema GDC, per consentire lo scuotimento indiretto delle zone a frutto (Intrieri).

Proseguendo su questa via innovativa si è passati anche alla costruzione di un telaio automotore – semovente con struttura a portale scavallatore – in grado di montare, alternativamente, non solo il complesso vendemmiatore ma anche macchine e mezzi per i vari lavori sulle piante (potature, trattamenti) e sul terreno fra i ceppi e negli interfilari.

Le varie soluzioni delle macchine vendemmiatrici e, in particolare, quella dell'“unità polivalente”, da una parte hanno esaltato l'idea della “meccanizzazione integrale” in viticoltura e dall'altra hanno costretto i viticoltori a studiare nuove forme di allevamento e di potatura delle viti, al fine di ottenere la migliore qualità nei risultati del prodotto raccolto (Intrieri).

La meccanizzazione della vendemmia è stata affrontata e risolta anche per vaste zone italiane con vigneti allevati a “tendone”; una soluzione è stata ottenuta con un'intelaiatura articolata, montata su veicolo automotore, regolabile in altezza e comprendente un sistema a pettini oscillanti che, battendo la zona a frutto nella parte inferiore del tendone, fanno cadere il prodotto su un nastro mobile per il convogliamento del vendemmiato verso il contenitore retrostante, previa aspirazione e scarico pneumatico delle foglie.

Forzatamente la vendemmia meccanica ha reso necessaria la realizzazione di nuovi mezzi adeguati al trasporto rapido del vendemmiato alla cantina, e, tenendo conto che esso può essere in parte più o meno grande

ammostato, si sono adottati procedimenti conservativi sia sulla vendemmiatrice che sui mezzi di trasporto.

### *Bieticoltura*

La raccolta delle barbabietole da zucchero in Italia fino agli anni '50 era eseguita in due fasi: estirpazione delle radici e scollettamento. La prima era spesso ancora manuale con appositi bidenti – manovra tipo vanga – oppure con scavatori-sollevatori a bidente trainati da animali o, raramente, da trattrice; la seconda era completamente manuale con falchetti a cui seguiva la pulizia dalla terra, l'accumulo e poi il carico sui rimorchi: questa seconda fase fu anche eseguita, su esempi tedeschi, prima dell'estirpazione sempre a mano con attrezzo a lama – manovra tipo forca –.

In tali condizioni di lavoro, fra l'altro fisicamente molto gravoso, la produttività era molto bassa: 0,1-0,2 t/h.op.

In quel periodo la bieticoltura italiana andava espandendosi in quelle zone dove si stava abbandonando la coltivazione della canapa; inoltre stava interessando vaste zone collinari, grazie alle nuove possibilità offerte dalle lavorazioni profonde di terreni argillosi con i nuovi trattori cingolati.

Maturò così l'esigenza di avviare la meccanizzazione di tali operazioni, istituendo precisi programmi di ricerca e sperimentazione con la partecipazione di bieticoltori (ANB) e di Enti di ricerca (CNR, Università) e prendendo come riferimento le prime macchine importate dall'estero, soprattutto dal nord Europa (Germania, Svezia, Gran Bretagna, Francia).

In questo settore, a partire dagli anni '60, cominciarono a comparire sul mercato le prime macchine raccoglietole italiane, migliorative dei modelli importati che, di solito, operavano su terreni sciolti o, comunque, leggeri.

Si trattava di macchine trainate da trattrice che svolgevano la raccolta a "cantiere riunito" su file singole con le operazioni a seguire di: scollettamento, estirpo, carico con pulizia dalla terra, accumulo delle radici in una tramoggia, scarico delle stesse alle testate dei campi.

A questa prima via di meccanizzazione, tipica nei paesi del nord Europa, si è fatta strada anche quella, tipicamente francese, a "cantieri separati" con macchine portate da trattrice e operanti su più file (3-6), in tre tempi: lo scollettamento e l'andanatura di colletti e foglie, poi, l'estirpazione delle radici e la loro andanatura, infine, la loro raccolta, la loro pulitura dalla terra e il loro scarico in rimorchi affiancati.

Successivamente la raccolta meccanica delle bietole progredì ulteriormente dal punto di vista tecnologico – vedi i diffusi componenti oleodinamici –. Infatti vennero realizzate macchine semoventi operanti a “cantiere riunito” su 1, 2, 3, 6 file, realizzando la raccolta in 3-4 h/ha con bifila e in 1 h/ha con esafila.

Con tali moderne macchine si è realizzato anche un notevole miglioramento nella qualità finale del prodotto raccolto; ad esempio: maggiore precisione nello scolleltamento delle radici con accoppiamento all’apparato di taglio del defogliatore a coltelli rotanti; meno danni alle radici e minore tara-terra con l’adozione di vomerini vibranti per la fase di estirpazione.

La raccolta a “cantieri separati” passò da tre fasi a due, riunendo sulla stessa trattrice le due fasi di scolleltamento, con l’apparato defogliatore-taglio posto anteriormente, e di estirpo-andanatura posto posteriormente alla stessa.

Infine dai raccogli-caricatori delle radici in andana trainati da trattrice si è passati ai carri “autocaricanti” semoventi, in grado di velocizzare le successive operazioni di carico sui veicoli trasportatori allo zuccherificio.

In questo comparto la meccanizzazione ha consentito di ridurre il lavoro a valori inferiori a 30 h.op/ha, contro le 800 h.op/ha degli anni ’50.

Alla fine del ’900 i costruttori italiani potevano vantare un posto significativo per la fornitura alle aziende e ai contoterzisti di macchine raccogli-bietole con elevato livello tecnologico; con il nuovo millennio, tale settore industriale, importante per la meccanizzazione agricola italiana, ha dovuto subire un freno a ulteriori sviluppi, in conseguenza delle disposizioni dell’UE in materia di produzione di zucchero in Europa. Infatti, anche in Italia, si è dovuto forzatamente procedere alla ristrutturazione del settore saccarifero con conseguenze limitative nelle coltivazioni bieticole.

### *Produzioni agricole non alimentari*

La meccanizzazione per le produzioni agricole non alimentari, ad esempio: tabacco, fibre tessili (canapa, cotone), forestali, è stata evocata e poi attuata in alcune zone italiane sia perché particolarmente vocate da condizioni pedoclimatiche sia per tradizione storica. Inoltre anche in Italia, in base alla sollecitazione di Direttive Europee in materia di diversificazione colturale, la meccanizzazione ha contribuito alla realizzazione di nuove strategie produttive, ad esempio: colture destinate alla diversificazione energetica, quali, i semi oleosi per bio-combustibili, le piante per biomassa.

La raccolta di tali produzioni ha potuto contare su macchine speciali (tabacco, canapa, cotone) e su adattamenti di macchine già note per la foraggicoltura (biomasse) e la cerealicoltura (semi).

*Tabacco.* Con riferimento al tabacco Virginia Brigh (Umbria), si è cominciato con attrezzature agevolatrici nella raccolta delle foglie, prima con semplici carrelli che percorrono le file, poi con telai motorizzati scavallatori a portale con posti spostabili verticalmente in corrispondenza del palco di foglie mature, completati anche con piattaforma per addetti all'accumulo delle foglie, sfuse in cassoni oppure ordinate su appositi telaini, a seconda del procedimento di essiccazione-cura.

Negli anni '80 in una sperimentazione, avviata in un vasto Progetto di ricerca del CNR (finalizzato alla meccanizzazione delle colture industriali), in zone tabacchicole umbre sono state impiegate, sulla base delle esperienze e realizzazioni americane, delle macchine automatiche semoventi, monofila e bifila, che operavano il distacco delle foglie, in diversi passaggi, mediante rulli controrotanti palettizzati elicoidalmente in gomma, spostabili verticalmente in corrispondenza del palco di foglie mature, soluzione che si ispirava ai rulli controrotanti delle corn-pickers; un nastro trasportatore convogliava le foglie al cassone di carico, pronte per il processo di "cura".

Nelle stesse esperienze, con adeguate scelte varietali, si è realizzata anche la raccolta di tutte le foglie in un'unica passata, che, in continuo, venivano scaricate meccanicamente nei cassoni per la "cura".

Su altre varietà si è invece proceduto al taglio delle piante, con falciatrici, quindi al loro carico sui veicoli di trasporto nei ricoveri per l'essiccazione all'aria libera.

*Canapa.* La produzione della canapa, di rilevante importanza per molte aziende della pianura emiliana fino agli anni '50-60, è stata interessata alla meccanizzazione delle operazioni di raccolta dalle iniziative dell'Ente Canapa, che, attraverso appositi concorsi fra i costruttori e la partecipazione di Istituti di ricerca, hanno portato nelle aziende diverse nuove macchine: per lo sfalcio delle piante e la formazione dei manelli; per il carico dei manelli nei maceri e, poi, per lo scarico dagli stessi per l'essiccazione sul campo. Inoltre tali iniziative portarono alla realizzazione di soluzioni tecniche migliorative nelle macchine per la gramolatura, la decanapulatura, la stigliatura, già utilizzate nel passato.

Tale interesse è via via scemato con il successo delle fibre sintetiche in sostituzione delle fibre vegetali, accrescendo, allo stesso tempo, altre

coltivazioni meccanizzabili nelle fasi di raccolta (vedi: cereali, bietole, pomodoro, foraggi).

*Cotone.* Produzione che ha avuto una particolare attenzione in alcune aree meridionali dell'Italia, in particolare in Sicilia. Anche per questa coltura, le iniziative promosse dal già citato progetto di ricerca CNR e gli incentivi forniti alle aziende da Enti locali, hanno permesso di stimolare la costruzione di nuove macchine da raccolta, più adatte ai nostri ambienti agricoli pur facendo riferimento alle moderne pickers semoventi americane, in grado di effettuare, in modo selettivo, il prelevamento dei fiocchi dalle capsule aperte e di accumularli pneumaticamente in apposite tramogge.

*Produzioni forestali.* La meccanizzazione in selvicoltura si è sviluppata con modalità e mezzi diversi, in relazione alla natura, alle funzioni delle piantagioni legnose e alla giacitura delle stesse, pianura o montagna.

A proposito delle funzioni, esse possono essere protettive e paesaggistiche, cioè conservative, oppure produttive di legname destinato a usi industriali.

In questo caso la meccanizzazione si è potuta sviluppare grazie a mezzi, trattrici o semoventi, a elevato contenuto tecnologico (oleodinamica) sia per operare su terreni accidentati e a forte pendenza (auto-livellanti), sia per eseguire operazioni di disboscamento con seghe, cesoie, verricelli, ecc.

Per la movimentazione e il trasporto dei tronchi o del legname si sono realizzate delle speciali motoagricole.

Inoltre, con i nuovi orientamenti per produzioni legnose a destinazione energetica, si sono attivate specifiche linee di meccanizzazione per ricavare "biomasse", anche sotto forma di cippato. E nel caso di piante a turno breve (pioppo, robinia, salice) si è potuto contare anche sulle moderne "falciatrici-caricatrici" per la raccolta integrale delle piante sotto forma di cippato.

In questo nuovo orientamento produttivo per biomasse forestali si sono sviluppate molteplici linee meccanizzate (vedi le recenti attività di ricerca).

### *Considerazioni conclusive*

Il sommario esame storico della diffusione di macchine agricole – motrici e operatrici – per attuare in economia le varie operazioni necessarie nelle diverse coltivazioni ha evidenziato l'importante evoluzione tecnica dell'agricoltura italiana, specialmente nella seconda metà del '900.

Infatti ciò ha consentito un incremento sensibile della produzione agricola con un impegno di lavoro inferiore; infatti in Italia nel 1997 gli attivi in agricoltura erano solo il 5%; in altri paesi industrializzati, quali il Regno Unito e la Francia erano, rispettivamente, il 2% e il 4% (ISTAT).

In sostanza lo sviluppo industriale, che si è verificato nel secondo dopoguerra in Italia, come in altri paesi, ha, sotto diversi aspetti, contemporaneamente consentito una decisiva evoluzione tecnica nell'agricoltura italiana. I due fenomeni si sono integrati, da una parte, per il passaggio di manodopera dall'agricoltura all'industria, e, dall'altra, per la risposta del mondo industriale alla necessità di mettere a disposizione nuove macchine e strumenti tecnici per un'agricoltura sempre più orientata a forme di gestione del tipo industriale, per competere sui mercati con produzioni valide per qualità e a prezzi più bassi.

Di conseguenza, la disponibilità di nuovi mezzi tecnici e strumentali, oltre a quella di macchine operatrici a tecnologia avanzata impiegate sul campo, ha stimolato gli agricoltori verso una più attenta preparazione anche tecnico-economica, data l'ampia diffusione avvenuta nel periodo considerato delle conoscenze dei principi di numerose scienze applicate alla tecnica agricola.

Infatti, da una parte si sono realizzate più razionali sistemazioni dei campi per favorirne l'accesso delle macchine e studiate in modo da esaltare le capacità di lavoro delle macchine stesse, e, dall'altra, si è evidenziata una più attenta scelta varietale delle colture erbacee e un'adeguata ristrutturazione delle forme di allevamento delle colture arboree per favorire le fasi di raccolta meccanica.

Così le attività di ricerca e sperimentazione sul campo e negli impianti di trasformazione, nonché le innovazioni tecnologiche realizzate dall'industria prodotte nel primo decennio del 2000, sono la conferma della continua evoluzione nelle modalità di "fare agricoltura".

## APPENDICE

La ricerca tecnico-scientifica nel settore meccanico agrario nel primo decennio del 2000

*Sommario dei temi di ricerca*

1. *Macchine agricole operatrici e motrici*
  - 1.1 Vendemmia meccanica e vendemmiatrici
  - 1.2 Raccolta meccanica delle olive
  - 1.3 Raccolta meccanica di prodotti ortofrutticoli
  - 1.4 Raccolta meccanica di cereali e foraggi
  - 1.5 Raccolta meccanica di piante da fibra
  - 1.6 Potatura meccanica delle piante arboree: vigneto, oliveto, frutteto
  - 1.7 Attrezzature meccaniche per le colture in serra
  - 1.8 Impianto e coltivazione del vigneto
  - 1.9 Piantatuberi
  - 1.10 Macchine per la vivaistica e le piante officinali
  - 1.11 Distribuzione meccanica di liquami zootecnici
  - 1.11 Lavorazione del terreno e sue caratteristiche fisico-meccaniche
  - 1.12 Macchine motrici: tecnologia nelle trattrici
2. *Protezione delle piante nel rispetto dell'ambiente*
3. *Macchine per la gestione "non chimica" del suolo*
4. *Macchine per l'irrigazione a pioggia*
5. *Ergonomia applicata alle macchine agricole e sicurezza degli operatori*
6. *Gestione della sicurezza nel contesto aziendale: rischi per gli operatori e per l'ambiente*
7. *Pratiche della meccanizzazione agricola per la salvaguardia dell'ambiente*
8. *Tecnologie innovative per l'attuazione di una "agricoltura di precisione"*
9. *Tecnologie dei biosistemi e degli impianti agro-industriali*
  - 9.1 Processi post-raccolta e conservazione dei prodotti
  - 9.2 Impianti di lavorazione e trasformazione dei prodotti agro-alimentari: settori oleario ed enologico
  - 9.3 Strumenti e metodi per il "controllo di qualità" dei processi di lavorazione dei prodotti agro-alimentari
10. *Macchine e tecniche per le produzioni agro-energetiche e le fonti di energia rinnovabili*
  - 10.1 Bilancio energetico delle aziende e tecniche di coltivazione a basso consumo energetico
  - 10.2 Colture energetiche per produrre oli vegetali,

- etanolo e biodiesel
- 10.3 Macchine per la raccolta di biomasse forestali
- 10.4 Macchine per la raccolta di biomasse residuali di colture o di lavorazioni agro-industriali
- 10.5 Filiera energetica del biogas
- 10.6 Fonti energetiche rinnovabili: parchi eolici e impianti solari
- 11. *Applicazioni di robotica e intelligenza artificiale*

*Indicazioni bibliografiche (in ordine cronologico)*

- 1) MANFREDI E., *Agricoltura e tecnologia meccanica*, Ed. COMER 1995.
- 2) «Rivista Macchine & Motori Agricoli», Edagricole, n. 2, 2006.
- 3) Club of Bologna Proceeding 17th Meeting Bonn (D): 3/9/2006.  
Session 1: *Software in tractors*.
- 4) GUARNIERI A., MOLARI G., RONDELLI V., *La robotica nelle meccanizzazione agricola*, Accademia Nazionale Agricoltura di Bologna, «Annali», 2006.
- 5) Accademia Nazionale Agricoltura di Bologna, «Annali», 2008.  
Incontro tecnico su: *Esperienze e considerazioni sulla meccanizzazione viticola*.  
INTRIERI C., *L'evoluzione integrata dei sistemi di allevamento e delle macchine: bilancio di trenta anni di attività sperimentale*.  
PEZZI F., *Esperienze sperimentali nella meccanizzazione viticola*.  
AMATI A., ARFELLI G., *Influenza della meccanizzazione sulla trasformazione enologica*.
- 6) MONARCA D., *Energie alternative da e per le imprese agricole*, Accademia Nazionale Agricoltura di Bologna, «Annali», 2008.
- 7) Atti IX Congresso dell'Associazione Italiana Ingegneria Agraria (AIIA) Ischia 12-16 sett. 2009.  
Tema generale: *Ricerca e innovazione nell'ingegneria dei biosistemi agro-territoriali*.  
Tema 7: *Gestione della meccanizzazione per l'ottimizzazione produttiva e la tutela dell'ambiente*.  
Tema 8: *Ergonomia, sicurezza e salute umana nell'attività territoriale*  
Tema 9: *Macchine e impianti per la qualità e la sicurezza dei prodotti agro-alimentari*.  
Tema 10: *Fonti rinnovabili e razionalizzazione energetica per la salvaguardia dell'ambiente*.
- 8) BELLOMO F., D'ANTONIO P., *Meccanizzazione integrale dell'olivicoltura super-intensiva*, «I Georgofili. Quaderni», 2010, VI su: *Intensificazione culturale in olivicoltura*.
- 9) «L'Informatore Agrario», n. 29/2009 e n. 40/2010 con supplemento su: *Agroenergie*.
- 10) VENTURI G., *I biocarburanti nella piattaforma energetica*, Accademia Nazionale Agricoltura di Bologna, «Annali», 2010.
- 11) Accademia dei Georgofili, Firenze, 19/5/2011, Giornata di Studio su: *Agro-energie e biocombustibili*.

- 12) RIVA G., *Tecnologie per la trasformazione energetica delle biomasse* Accademia Nazionale Agricoltura di Bologna, «Annali», 2011.
- 13) Accademia dei Georgofili-Firenze: *Olivi di Toscana*, Firenze 2012.  
VIERI M., *Raccolta*.  
GODINI A., *L'Olivicoltura intensiva del terzo millennio*.  
GALOPPINI C., *Innovazioni elaiotecniche*.
- 14) Unità di Ricerca per l'Ingegneria Agraria – CRA-ING Monterotondo  
Roma 2012: *Centro sperimentale dimostrativo sulle agro-energie*.
- 15) «Journal of Agricultural Engineering» (Rivista dell'Associazione Italiana Ingegneria Agraria –AIIA): Anni 2008, 2009, 2010, 2011 2012
- 16) European Society of Agricultural Engineers- Bedford (UK). News: 2010, 2011, 2012 EurAgEng.
- 17) Federazione Nazionale Costruttori Macchine per l'Agricoltura (FEDER-UNACOMA). EIMA International, Bologna: *Novità tecniche e segnalazioni*. Anni: 2008, 2010, 2012.
- 18) Manfredi E., *Un secolo di meccanizzazione agricola*, Rivista Macchine & Motori Agricoli, Bologna 2001.
- 19) Manfredi E., *La ricerca tecnico scientifica nel settore meccanico agrario in Italia nel primo decennio del 2000* (manoscritto 2013).
- 20) ISTAT, *Cenni storici: l'agricoltura dal XVI alla metà del XIX secolo*, Roma 2014.

