Convegno Nazionale A.I.I.A. - III°, V°e VI° Sezione

Pisa e Volterra 5-7 settembre 2007

"Tecnologie innovative nelle filiere: orticola, vitivinicola e olivicola-olearia"

MAMA-DAGA

Università di Pisa

Associazione Italiana Ingegneria Agraria

Programma

Mercoledì 5 settembre

Aula Magna della Facoltà di Agraria dell'Università di Pisa

ore 9.00 registrazione dei partecipanti

ore 10.00 rinfresco di benvenuto

ore 10.30 saluto delle Autorità (Rettore dell'Università di Pisa, Preside della Facoltà di Agraria, Presidente dell'AIIA, Direttore del D.A.G.A.)

ore 11.00 riconoscimento alla carriera al Prof. Sergio Di Ciolo

brevi interventi: Prof. Paolo Amirante, Decano A.I.I.A; Prof. Luciano Santini, Preside della Facoltà di Agraria di Pisa; Prof. Gualtiero Baraldi, Presidente III° Sezione A.I.I.A; Prof. Pietro Piccarolo, Presidente V° Sezione A.I.I.A; Prof. Luigi Bodria, Presidente VI° Sezione AIIA; Prof. Sergio Miele, Direttore del DAGA; Prof. Andrea Peruzzi, Responsabile Scientifico Sezione MAMA del DAGA.

ore 12.00 visita all'officina-laboratorio della Sezione MAMA del DAGA

ore 13.00 trasferimento al Centro Interdipartimentale di Ricerche Agro-Ambientali "E. Avanzi" a San Piero a Grado e colazione di lavoro

ore 14.30 presentazione del Centro Interdipartimentale di Ricerche Agro-Ambientali "E. Avanzi" (CIRAA) da parte del Direttore Prof. Giacomo Lorenzini e presentazione dell'attività ivi svolta dalla Sezione MAMA del DAGA, a cura del Prof. Andrea Peruzzi, con visita guidata del CIRAA

ore 16.00 dimostrazione di macchine innovative

Giovedì 6 settembre

Centro Studi della Cassa di Risparmio di Volterra

ore 9.00 saluto delle Autorità e presentazione dei lavori

ore 9.30 relazioni generali: Chairman: Sergio Di Ciolo e Massimo Zoli

- filiera orticola:
  - gestione delle colture (Andrea Peruzzi e Gianpaolo Schillaci)
  - impiantistica (Giancarlo Colelli e Riccardo Guidetti)

ore 11.00 filiera olivicola-olearia

- gestione oliveto (Enrico Cini e Gennaro Giametta)
- impiantistica (Paolo Amirante e Lamberto Baccioni)

ore 12.00 filiera vitivinicola

- **gestione vigneto (Gianfranco Pergher e Marco Vieri)**
- impiantistica (Fabio Pezzi e Felice Pipitone)

ore 14.30 presentazione poster (argomenti vari)

ore 15.30 presentazione dei lavori sperimentali a sessioni separate. Filiere:

- orticola (Chairman: Luigi Sartori)
- olivicola-olearia (Chairman: Antonio Arrivo)
- vitivinicola (Chairman: Cesare De Zanche)

ore 17.00 ripresa dei lavori a sessioni separate. Filiere:

- orticola (Chairman: Pasquale Guarella)
- olivicola-olearia (Chairman: Adriano Guarnieri)
- vitivinicola (Chairman: Giorgio Peri)

Venerdì 7 settembre

Centro Studi della Cassa di Risparmio di Volterra

ore 9.30 filiera: ripresa dei lavori a sessioni separate. Filiere::

- orticola (Chairman: Paolo Balsari)
- olivicola-olearia (Chairman: Luigi Bodria)
- vitivinicola (Chairman: Domenico Pessina)

- ore 11.00 filiera:
  - orticola (Chairman: Danilo Monarca)
  - olivicola-olearea (Chairman: Francesco Paschino)
  - vitivinicola (Chairman: Giacomo Blandini)

ore 12.00 sessione plenaria: conclusioni a cura di Gualtiero Baraldi, Luigi Bodria e Pietro Piccarolo

Comitato Scientifico:

Prof. Paolo Amirante – Decano AGR09 - Università di Bari

Prof. Gualtiero Baraldi – Presidente III Sezione AIIA - Università di Bologna

Prof. Pietro Piccarolo – Presidente V Sezione AIIA - Università di Torino

Prof. Luigi Bodria – Presidente VI Sezione AIIA – Università di Milano

Prof. Antonio Arrivo - Università della Basilicata

Prof. Paolo Balsari - Università di Torino

Prof. Giacomo Blandini - Università di Catania

Prof. Pasquale Catalano - Università del Molise

Prof. Raffaele Cavalli - Università di Padova

Prof. Enrico Cini – Università di Firenze

Prof. Pierluigi Febo - Università di Palermo

Prof. Ettore Gasparetto - Università di Milano

Prof. Gennaro Giametta - Università Mediterranea di Reggio Calabria

Prof. Adriano Guanieri - Direttore della Rivista di Ingegneria Agraria

Prof. Danilo Monarca - Università della Tuscia

Prof. Antonio Pazzona - Università di Sassari

Prof. Andrea Peruzzi – Università di Pisa

Prof. Felice Pipitone – Università di Palermo

Prof. Giovanni Riva - Università di Ancona

Prof. Giorgio Zoppello - Università di Udine

Comitato d'onore:

Prof. Antonino Failla – Presidente AIIA

Prof. Marco Pasquali – Rettore dell'Università di Pisa

Prof. Luciano Santini – Preside della Facoltà di Agraria di Pisa

Dott. Massimo Goldoni – Presidente dell'UNACOMA

Dott. Aproniano Tassinari - Presidente dell'Unima

Sig. Cesare Bartaloni – Sindaco di Volterra

Dott. Giacomo Sanavio - Vice Presidente della Provincia di Pisa con delega all'Agricoltura

Dott.ssa Susanna Cenni - Assessore Agricoltura della Regione Toscana

Dott.ssa Maria Grazia Mammuccini – Amministratore delegato dell'ARSIA

Prof. Sergio Di Ciolo – Università di Pisa

Prof. Massimo Zoli - Università di Firenze

Comitato Organizzatore – Segreteria scientifica

Prof. Andrea Peruzzi – Responsabile Sezione MAMA del DAGA – Università di Pisa

Prof. Marco Vieri – Sezione Meccanica Agraria – DIAF – Università di Firenze

Dott. Michele Raffaelli – MAMA DAGA - Università di Pisa

Dott. Marco Fontanelli – MAMA DAGA - Università di Pisa

Dott. Christian Frasconi – MAMA DAGA - Università di Pisa

Dott. Marco Ginanni – CIRAA "E.Avanzi" - Università di Pisa

Dott. Leonardo Lulli – CIRAA "E.Avanzi" - Università di Pisa

Segreteria organizzativa:

Signora Roberta Del Sarto – MAMA DAGA – Università di Pisa

Signor Calogero Plaia – MAMA DAGA – Università di Pisa

Dott. Carlo Bertanza – MAMA DAGA – Università di Pisa

Al momento attuale gli Enti patrocinanti il Convegno sono:

- Comune di Volterra
- Comune di Pisa
- Provincia di Pisa
- Regione Toscana
- ARSIA Toscana
- UNIMA

Fino ad adesso hanno confermato la sponsorizzazione dell'evento:

- Università di Pisa
- Facoltà di Agraria di Pisa
- Alfa-Laval
- BRIO SpA

PROGRESSI DELLA RICERCA NELL' INGEGNERIA DELLE PRODUZIONI VITICOLE

PERGHER G.[1], VIERI M.[2]

[1] *Università di Udine. Dipartimento di Scienze Agrarie ed Ambientali. Email:pergher@uniud.it*
[2] *Università di Firenze. Dipartimento di Ingegneria Agraria e Forestale. Email: marco.vieri@unifi.it*

La viticoltura odierna rappresenta una attività complessa, inserita nel sistema di produzione di un bene – il vino - cui oggi è riconosciuto un valore molto elevato su tutto il mercato internazionale: questo favore economico, come sempre accade, ha indotto un elevato sviluppo evolutivo nelle tecniche e tecnologie operative. La tipicità e la "nobiltà" che si possono conferire a questo prodotto, hanno determinato la creazione di sistemi produttivi spesso "originali" e sempre più competitivi, anche in aziende non necessariamente di grandi dimensioni.
Sicuramente la coltura della vite, grazie a questo favore di mercato per i vini tipici di qualità, ed al ritrovato legame fra produzione e cultura, vive un momento di particolare fermento. L'identificazione dell'immagine e delle proprietà del vino con la memoria, il paesaggio e le capacità umane del luogo dove è prodotto, ha determinato un ritrovato impulso nella valorizzazione di tutte le risorse racchiuse nell'azienda agraria e nel suo territorio.
Tutto ciò induce nelle aziende competitive un processo di intensa ricerca di soluzioni che sempre meglio possano coniugare la necessità di abbattere i costi, nelle numerose, complesse e vincolate operazioni richieste dal ciclo della vite, con l'esigenza di *qualità totale, ricercata e rintracciabile in tutto il processo produttivo*.
In tal senso la viticoltura competitiva rappresenta oggi il riferimento evolutivo ed innovativo più elevato di un sistema produttivo agricolo complesso, in cui una moltitudine di aspetti devono essere gestiti ed integrati con criteri e capacità inventive, tipiche dell'imprenditorialità avanzata.
La ricerca in questo settore è quindi fortemente stimolata e supportata dall'indotto tecnologico che, per la continua evoluzione delle tecnologie informatiche e telematiche, prospetta sempre più raffinati sistemi di progettazione, gestione e controllo delle produzioni viticole.
Come più volte già dimostrato anche dalla storia della meccanica agraria il processo innovativo trova fondamento nella padronanza di più ambiti conoscitivi e nella capacità di realizzare combinazioni non convenzionali in un processo logico che Perkins (2003) definisce "*pensiero trasformativo*". Tutto ciò ha trovato già conferma nello sviluppo della meccanizzazione della viticoltura dove molteplici sono gli schemi tecnologici adottati. Alla soluzione tutta italiana della prima meccanizzazione basata sul cingolato, per le evidenti necessità imposte dalle difficili condizioni collinari (*i terrazzamenti, il giropoggio, il rittochino)*, si contrappone ad esempio lo schema francese delle motrici a portale (*le tracteur enjambeur*).
Un primo effetto di questa impostazione è il ribaltamento dell'ordine dei fattori così come impostato nella meccanica agraria classica dove il protagonista è il trattore. E' l'utensile che diventa oggi il punto focale di partenza; cui seguono nell'ordine: i sistemi

di regolazione e controllo, le soluzioni costruttive della operatrice, la macchina motrice, il cantiere e il parco macchine nel suo insieme. Utensili, sistemi di controllo e relativi gruppi funzionali della macchina operatrice determinano la qualità della operazione; la scelta della sequenzialità delle operatrici in tutto il ciclo colturale ne determina la qualità globale del prodotto.
Così a partire proprio dalla viticoltura il concetto strutturale di trattore è andato in crisi. La necessità di attrezzi particolari i cui utensili devono seguire il profilo delle piante a terra, sui lati della chioma e lungo le strutture vegetali permanenti, ha fatto si che l'architettura e le prestazioni del trattore classico, progettato per le colture di pieno campo, siano risultate sempre meno adeguate al controllo contemporaneo di più operatrici, la cui disposizione può avvenire contemporaneamente su tutti i 4 lati. Questo ha comportato per i costruttori di trattori la necessità di una estrema flessibilità nella architettura generale, nel posto guida (ormai non più vincolato da collegamenti meccanici con i comandi), una ampia visibilità e la possibilità di controllare ed erogare i posizionamenti e le potenze richieste simultaneamente dalle diverse operatici.
Per il monitoraggio e per le operazioni più leggere come il diserbo sulla fila si sono sviluppate soluzioni particolarissime come l'impiego di "*quads*" – veicoli leggeri a 4 ruote con guida motociclistica - dotati di un piccolo serbatoio contenente diserbante, una piccola pompa elettrica e due ugelli laterali montati su una staffa anteriore.
Un ulteriore esempio è dato dall'escavatore semovente, cingolato, di piccole e medie dimensioni, che per le notevoli prestazioni, la flessibilità, l'ergonomia e la grande diffusione raggiunte, sta entrando prepotentemente come mezzo indispensabile nel parco macchine agricolo e che già oggi viene impiegato per lavorare con grande efficienza e precisione con operatrici quali il trinciatutto, la fresa per il reimpianto delle barbatelle, l'estrattore per l'espianto e la messa a dimora dei pali, ecc.

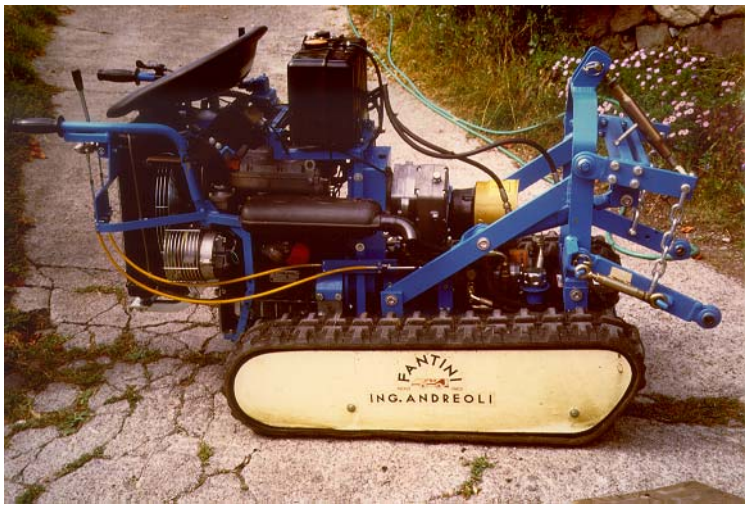

Fig.1 -Il prototipo di minimotrice cingolata con guida esterna sviluppata nell'ambito del Progetto Candia (1997)

Il sempre crescente interesse per il mantenimento di prodotti e produzioni tipiche ha portato a sviluppare soluzioni innovative per il le viticolture "eroiche". Le recenti disponibilità tecnologiche, unitamente alla necessità di abbattere l'insostenibile richiesta di manodopera nella viticoltura di montagna, spesso superiore a 1000 h/ha annue, ha portato allo sviluppo di nuove motrici che hanno sostituito la zappa ed i pericolosi,

onerosi ed inefficienti motocoltivatori a stegole. Uno dei primi esempi nazionali è stato il Progetto Candia nell'ambito del quale furono sperimentate nuove soluzioni strutturali e strumentali: un impianto sperimentale a piani raccordati sulle scoscese pendici delle Apuane e una motrice che ha rappresentato nel 1997 l'apice tecnologico in questo settore. Le caratteristiche di innovazione di questa nuova categoria di trattore sono: le dimensioni contenute, l'agilità, l'elevata potenza e stabilità disponibili, l'attacco porta-attrezzi normalizzato con presa di potenza a trasmissione meccanica, la propulsione a cingoli con trasmissione idrostatica ed il controllo del mezzo effettuato da terra, con una sola mano per mezzo di una impugnatura multifunzionale. (Chiostri, Vieri; 1997)
Oggi questi modelli produttivi si stanno sviluppando in comprensori viticoli di particolare o ritrovato pregio come ad esempio quelli delle isole mediterranee dove l'ingegneria produttiva si avvale delle competenze ancillari di paesaggisti, naturalisti e storici che modulano lo sviluppo strutturale nell'assoluto recupero di tracce storiche e culturali capaci di creare un sistema multifunzionale capace di creare negli abitanti e nel turista prima e nel consumatore poi uno stato o un ricordo di "*wellness*".
All'inizio del XXI le aziende agricole e quelle viticole in particolare sono chiamate ad un rinnovamento radicale per rendersi conformi a quelle degli altri settori produttivi; gli obiettivi principali sono la realizzazione di "processi di qualità" ed il controllo del rischio derivante dall'uso delle macchine e degli agrochimici che vengono dispersi nell'ambiente, a questi si aggiungono conseguenti obiettivi operativi:

- ✓ l'aumento delle capacità operative e della precisione nella esecuzione delle operazioni che oggi si può avvalere di sensori e sistemi di georeferenziazione integrata nelle fasi di progettazione, realizzazione e gestione del vigneto;
- ✓ la realizzazione di impianti efficienti e d'altronde compatibili con le esigenze paesaggistiche ed ambientali (importante diventa ad esempio il problema dell'erosione);
- ✓ l'adeguamento delle macchine motrici e dei sistemi di controllo alle attuali esigenze di conduzione di operatrici sempre più precise e veloci;
- ✓ il controllo della qualità igienico - ambientale nelle operazioni di difesa antiparassitaria;
- ✓ il controllo della qualità di prodotto nelle fasi di raccolta
- ✓ la tracciabilità e rintracciabilità di tutto il processo.

L'insieme di tecnologie e modelli gestionali specifici, identificato con il termine "*viticoltura di precisione*", porta ad un controllo e ad una analisi spaziale differenziata da cui trarre informazioni per scelte mirate. La necessità di tipicizzare le produzioni e controllare ogni fase ed ogni fattore del processo di produzione dell'uva porta il settore della viticoltura ad un ulteriore evoluzione nelle tecnologie applicate con l'adozione delle potenzialità offerte dalla sensoristica, dalla modellistica e dalla informatica, nonché dalle tecnologie satellitari che permettono di analizzare con precisione lo stato del suolo, delle colture, del prodotto. L'adozione - sulle diverse operatrici di sensori in abbinamento con i sistemi di posizionamento satellitare, permettono oggi di registrare, con precisione anche submetrica, i parametri caratteristici delle applicazioni effettuare o del prodotto raccolto e di correlarli con le condizioni ambientali, con lo stato del suolo, della vite e di tutte le diverse operazioni e delle relative specifiche regolazioni che si sono succedute nel ciclo colturale e negli anni precedenti.
L'introduzione di meccanizzazione sempre più automatizzata, di dispositivi atti a produrre la necessaria tracciabilità, unitamente ai vincoli paesaggistici ed ambientali hanno reso indispensabile non solo georeferenziare ma, soprattutto quando si effettua

una progettazione di rimodellamento dell'impianto, vettorializzare gli impianti avvalendosi dei modelli tridimensionali che possono essere impiegati per: verificare inizialmente la compatibilità ambientale, paesaggistica e le condizioni di efficienza operativa, quindi per realizzare in automatico sia l'esecuzione dell'impianto e come del trapianto e poi per costituire un riferimento spaziale storico soprattutto delle strutture nascoste come drenaggi, irrigazione, ecc. La georeferenziazione di ogni vite, identificata fino dal vivaio con microchip, è predisposta in fase di messa a dimora con le nuove trapiantatrici.
Con il progredire dell'evoluzione tecnica, la fase progettuale è stata semplificata con l'introduzione di nuovi strumenti che permettono di ottenere risultati sicuramente eccellenti dal punto di vista della precisione nelle operazioni di tracciamento e picchettamento del campo. (Sartori, Rota 2006)

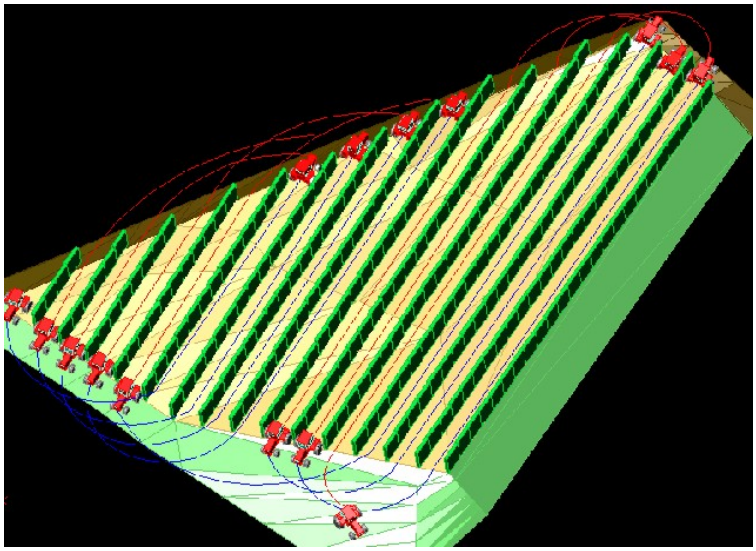

Fig.2 - Esempio di vista tridimensionale dell'impianto da realizzare. Il modello CAD è georeferenziato. Si noti la verifica dei percorsi e delle pendenza trasversali nel percorso delle macchine agricole.

Le odierne tecnologie GPS consentono infatti di tracciare con rapidità i profili dei versanti fornendo dati che possono essere inseriti automaticamente in programmi CAD con cui disegnare gli elementi strutturali dell'impianto ed effettuare le necessarie verifiche descritte. Un ulteriore passo evolutivo è dato dalla possibilità di trasferire queste informazioni vettoriali su controlli ed attuatori che permettono alle macchine operatrici come gli escavatori o le lame apripista di creare in modo semiautomatico il profilo impostato nel programma CAD.
Lo stesso sistema tecnologico permette di disegnare la posizione di ogni singola pianta e di trasferire poi questa informazione alla trapiantatrice il cui sistema di controllo indica all'operatore la posizione di partenza e la direzione operando poi il trapianto in automatico ad una velocità di 1 m/s con una precisione longitudinale di ±2,5 cm grazie ad una frequenza di aggiornamento della posizione di 20 Hz (*LeicaGeosystem Project*).
Proprio il trapianto rappresenta un passaggio fondamentale per la tracciabilità del processo in quanto rappresenta la messa a dimora del materiale progenitore che caratterizzerà la produzione dell'impianto. Le informazioni di rintracciabilità possono

oggi essere contenute in microchip molto piccoli che utilizzano i protocolli *RFID* (*Radio Frequency IDentification*) e che possono essere applicati alle barbatelle come alle bottiglie di vino.
Da questo sintetico quadro appare evidente come nel ritrovato concetto di agricoltura razionale (*sinonimo di viticulture raisonnée o di precision farming*) tutte le risorse produttive (*ambientale-biologica, strutturale, strumentale e umana*) ritrovano una loro importanza nella ineludibile sinergia: più che di meccanizzazione si dovrà parlare di Ingegneria delle Produzioni Viticole. Nell'integrazione dei diversi fattori produttivi la componente *strumentale* si integra con le altre e, prima fra tutte, con quella strutturale (gli impianti, i materiali strutturali della coltura, la logistica dei servizi ecc.). Non si può prescindere da due criteri fondamentali legati fortemente alla realizzazione di un'agricoltura di precisione: il raggiungimento di una "geometria perfetta della pianta" e l'ottenimento di una superficie regolare con ottimizzazione dei percorsi, degli spazi di manovra e delle pendenze: i vantaggi in termini di stabilità dei mezzi, l'aumento delle velocità operative e la riduzione dei consumi e delle rotture degli utensili compensano l'elevato costo.

Fig.3a - Palmare con cartografia personalizzata, visualizzazione di tabelle associate ai vigneti ed ai microchip sui vigneti

Fig.3b - Patch-TAG: microchip adesivo di dimensioni ridottissime; Bol-TAG: microchip installato sulla testa di un bullone.

Gli strumenti di modellistica tridimensionale, facilmente integrabili con le tecnologie di georeferenziazione, consentono di progettare e verificare - già prima della fase esecutiva - strutture adeguate all'ottimizzazione della meccanizzazione e, quindi, alla riduzione dei costi di produzione ed alla precisione del controllo di processo.
In questo *Sistema Informativo Aziendale – SIA* -(Mazzetto, 2006) il perfetto funzionamento di tutto questo sistema è quindi controllato dalla componente "gestionale", che oggi si avvale di mezzi sofisticati per il rilevamento dei dati in tempo

reale, della loro analisi attraverso modelli sinottici e previsionali, della indicazione delle possibili soluzioni e delle relative scelte da attuare. "*software*" sempre più affinati permettono all'imprenditore di tenere sotto controllo tutto il processo produttivo, al pari di quanto ormai avviene nelle industrie. Telemetria e trasmissioni "*wireless*" permettono il dialogo costante fra gli apparati del centro di controllo ed i sensori biologici ed ambientali posizionati nell'area di produzione, in ogni singolo cantiere operativo.
L'impiego delle tecnologie meccaniche in agricoltura è così passato dal "*horse power*" - la cultura della potenza meccanica, al "*brain power*" - il controllo intelligente delle macchine, per cui l'uomo imposta preventivamente i parametri operativi e le variazioni possibili ed interviene sul campo prevalentemente nel controllo del corretto funzionamento di tutto il sistema. Tutto ciò si integra perfettamente con i sistemi di monitoraggio tipici delle innovative tecniche di *Ambient Intelligence* ***(****AmI****)*** direttamente derivate dai sistemi *Embedded Intelligence* che ormai controllano automaticamente molte delle funzioni dei dispositivi di uso quotidiano come i personal computer o i telefoni cellulari. I sistemi *AmI* per mezzo di microsensori capaci di inviare i dati in rete *wireless* possono monitorare in continuo tutti i parametri ambientali, pedologici e biologici attivando conseguenti procedure nei sistemi di gestione.

Sempre in evoluzione sono poi le soluzioni innovative in termini di tecnica agronomica e di materiali impiegati nella realizzazione di utensili ed elementi complementari. (Pellizzi; 2004) Si pensi, in merito, ad alcuni esempi significativi quali:

- ✓ le lavorazioni conservative sottosuperficiali fatte con i nuovi decompattatori, lame fini verticali, incurvate lateralmente nella parte inferiore a formare un accenno di vomere, che permettono il "*root pruning*" ed il ripristino della porosità senza d'altronde distruggere l'inerbimento superficiale ;
- ✓ le lavorazioni conservative di superficie dove si adottano rulli a lame elicoidali impiegati laddove si eseguano lavorazioni in pendenza e necessari per la creazione di un profilo superficiale con microsolchi trasversali che rallentano la corrivazione delle acque e quindi l'erosione;
- ✓ l'uso di materiali ad elevata resistenza nei taglienti delle potatrici e l'impiego di profili particolari con denti di trattenuta o inclinazione ad elica delle lame rotanti che, creando un flusso aspirante, permettono di effettuare tagli netti ad elevata velocità;
- ✓ i *bio-polimeri* con i quali si realizzano sia componenti meccanici (*elementi strutturali, doghe dei battitori ecc*), come componenti biodegradabili nel medio termine: gli "*shelter*" di protezione del colletto delle piante o i film pacciamanti posti sotto la fila per evitare la crescita delle infestanti e di colore bianco per sfruttare l'albedo e aumentare l'energia solare catturabile dalla pianta e dai frutti. (Heissner, Schmidt, Elsner ;2005);
- ✓ i materiali ceramici con i quali si realizzano ad esempio polverizzatori di irrorazione sempre più precisi e resistenti nel tempo;
- ✓ i sistemi di gestione dell'inerbimento che, oltre a conservare il tappeto erboso nelle migliori condizioni, possono recuperare il materiale vegetale concentrandolo nel sottofila a costituire uno strato pacciamante.
- ✓ Vi sono inoltre nuove operatrici che sono state sviluppate a seguito di obiettivi emergenti il recupero energetico e l'impiego del compost.

- ✓ Si stanno sviluppando macchine raccogli-trincia-confezionatrici che possono recuperare dal campo i residui di potatura che poi possono avere un impiego energetico come combustibili per la produzione di calore. Nel vigneto, come nella potatura con turno biennale dell'oliveto si riesce ad ottenere la considerevole massa di 2 – 2,5 tonnellate ad ettaro.
- ✓ Sempre più diffuso sarà inoltre l'impiego del compost, tal quale o arricchito con concimi minerali per le proprietà ammendanti che facilitano il mantenimento della porosità nei terreni con inerbimento permanente e conferiscono proprietà antierosive. I volumi distribuiti sono elevati e si stanno sviluppando macchine con caricamento automatico e distribuzione nell'interfilare o localizzata.

L'efficacia agronomica e l'efficienza tecnico-operativa dei cantieri di lavoro saranno sempre di più gestiti, come già accennato, da sensori, sistemi di controllo ed attuatori che effettueranno interventi di elevata precisione. Sono in tal senso già sviluppati e disponibili alcune soluzioni significative nelle operazioni che riguardano soprattutto la corretta distribuzione degli agrochimici per i quali è auspicabile una sensibile riduzione delle dispersioni tuttora consistenti.

Nel settore delle macchine irroratrici ad aeroconvezione gli esempi più significativi di "*precision spraying*", naturalmente abbinati agli odierni sistemi di georeferenziazione, sono costituiti da:

- ✓ sistemi di dosaggio di più prodotti fitosanitari così da poter variare tipo e dosi di sostanza attiva in relazione alla specificità del patogeno ed al livello di infestazione; (Spugnoli, Vieri; 1997)
- ✓ sistemi che uniscono lo "spot spray", ovvero l'arresto della irrorazione in assenza di vegetazione nell'area verticale della parete del filare, al riconoscimento di forma con sistemi di "*imaging*" o con sensori di profondità per poter proporzionare il quantitativo di miscela antiparassitaria applicata alla dimensione della massa vegetale;
- ✓ dispositivi di regolazione della portata di aria per adeguare il getto vettore alle condizioni della chioma da trattare. (Balsari; 2002)

Oltre a questo vasto orizzonte della ricerca su tecnologie avanzate il nostro settore è comunque chiamato a dare risposte alle molte viticolture che si attuano nel nostro territorio con la necessità di soluzioni personalizzate che d'altronde devono trovare sotto il profilo scientifico un confronto con le conoscenze internazionali; uno dei problemi più tipici della viticoltura italiana riguarda il rapporto fra forme di allevamento e meccanizzazione; problema con cui il settore della meccanica agraria si è confrontato fino dai primi passi dello sviluppo tecnologico (Galigani, 1967)

La viticoltura italiana è ancora caratterizzata da una grande varietà di forme di allevamento, sesti d'impianto e tecniche colturali, che non trova riscontro negli altri principali Paesi viticoli (Francia, Spagna, Australia). In parte, questa situazione è giustificata dalla variabilità delle condizioni pedoclimatiche, oppure da motivazioni storiche (in certi casi, con un'importante valenza culturale e paesaggistica; spesso, però, si tratta anche di una certa rigidità, dovuta all'insufficiente capacità di innovare, e di superare modelli produttivi consolidati; sulla quale ha inciso, in parte, anche l'ancora elevata percentuale di aziende viticole di piccole e piccolissime dimensioni, spesso part-time.

Di fatto, sia pure sorvolando sui sistemi ormai obsoleti (alberate, Bellussi ecc.), il campionario delle forme di allevamento è ancora vasto (Alberello, Tendone, Pergole,

G.D.C., Cordone libero, Cordone speronato basso, Guyot, Capovolto, Sylvoz, Casarsa...). Su questa situazione, la meccanizzazione ha inciso finora, e tutto sommato, relativamente poco; risultandone, d'altra parte, fortemente condizionata (basti ricordare che attualmente in Italia sono in funzione poco più di 1000 macchine vendemmiatrici, contro le circa 10.000 operanti in Francia, su una superficie a vigneto di poco superiore). Quasi sempre, la meccanizzazione si è dovuta adattare all'estrema variabilità di tecniche colturali e condizioni operative, ricercando volta per volta soluzioni per lo più estemporanee a problemi specifici, e solo in misura limitata elaborando e proponendo modelli di validità generale.
Con alcune eccezioni. La prima è la proposta, che risale in Italia agli anni '70, di forme di allevamento (Doppia Cortina o G.D.C., e Cordone libero) specificamente progettate in funzione della meccanizzazione, secondo il concetto che fosse il vigneto a doversi adattare alla macchina, non viceversa. Queste forme, a cordone permanente speronato e tralci liberi (senza fili di sostegno), consentono di meccanizzare sia la potatura invernale (mediante potatrici a barre di taglio alternative; una certa rifinitura manuale è però sempre necessaria), sia la vendemmia (con vendemmiatrici a scuotimento verticale). La gestione in verde della chioma è invece piuttosto sommaria, limitandosi alla spollonatura e ad alcuni interventi di cimatura (ambedue meccaniche).
Questi sistemi sono in grado di ridurre notevolmente l'impiego di manodopera complessivo: fino a meno di 70 h/ha/anno (Cordone) o meno di 90 h/ha/anno (G.D.C.; Tabella; si consideri che, in un vigneto di pianura con potatura e vendemmia manuali, l'impiego totale di manodopera è dell'ordine 300-500 h/ha/anno). Tuttavia, a più di trent'anni dalla loro proposta, essi sono ancora limitati come diffusione (meno del 3% della superficie vitata in Italia). Le motivazioni sono complesse, e fra queste: la difficoltà di controllare, nella potatura invernale, la carica di gemme e quindi i livelli produttivi (a meno di attuare una rifinitura manuale più accurata, ciò che farebbe aumentare nuovamente i tempi di lavoro); inoltre, l'impossibilità di attuare una buona gestione della chioma in verde; le viti presentano infatti per lo più un portamento a ricadere, che riduce l'illuminazione e l'arieggiamento della fascia dei grappoli, ne rallenta la maturazione, e rende difficili i trattamenti antiparassitari (con un minore deposito di fitofarmaco sui grappoli; Pergher e Petri, in stampa) ed il controllo delle malattie.
Gran parte delle ricerche condotte in viticoltura negli ultimi anni si sono infatti focalizzate sul miglioramento della qualità delle uve, attraverso l'individuazione delle caratteristiche ottimali della chioma ("canopy") della vite. Secondo questi studi, la "chioma ideale" deve consentire:
un'esposizione ottimale delle foglie all'irraggiamento solare: ciò richiede chiome di spessore limitato, con pochi strati fogliari (in media, da 1,5 e 2,5; il contributo alla fotosintesi da parte delle foglie interne, ombreggiate, è infatti assai scarso; (Smart e Robinson, 1991);
rese produttive equilibrate, con un rapporto fra la superficie fogliare e la produzione di uva dell'ordine di 0,8-1,4 m2/kg (Kliewer e Dokoozlian, 2005);
una buona esposizione dei grappoli alla luce e all'aria, per favorirne la maturazione e ridurre l'incidenza delle malattie (Gubler et al., 1991); un basso numero di strati fogliari nella fascia dei grappoli facilita infatti l'esecuzione dei trattamenti antiparassitari, consentendo un deposito più elevato di principio attivo a parità di dose distribuita (Balsari, 2001).

Tutte queste caratteristiche si ritrovano in maggiore misura nelle forme di allevamento cosiddette "a palizzamento verticale dei germogli" come il Guyot ed il Cordone speronato (basso). La gestione della chioma in verde è, in questo caso, evidentemente più impegnativa, ma può essere in gran parte meccanizzata.
L'operazione di palizzamento (ossia di sollevamento e fissaggio in verticale dei germogli) viene generalmente realizzata mediante l'impiego di una o due coppie di fili mobili di sostegno, che possono essere sollevati manualmente, ed agganciati ai pali, oppure meccanicamente, mediante apposite macchine sollevatrici di fili. Successivamente, il corretto rapporto fra la superficie fogliare e l'area della parete vegetativa deve essere mantenuto con interventi di cimatura meccanica, e possibilmente con il diradamento dei germogli in prefioritura (purtroppo ancora non meccanizzabile). In ogni caso, il palizzamento consente una migliore separazione della fascia dei grappoli rispetto alla parte superiore della chioma, e un minore numero di strati fogliari sui grappoli; inoltre, facilita l'operazione di sfogliatura, manuale o meccanica, assai difficoltosa, e perciò normalmente non eseguita, nelle altre forme di allevamento. Fra i vari modelli di sfogliatrici meccaniche fin qui proposte, particolarmente interessanti sono quelle ad aria compressa (Fig.4a), particolarmente efficaci per prevenire l'incidenza della Botrite, soprattutto nelle varietà a grappolo serrato, soprattutto se alla sfogliatura viene abbinato un trattamento con acido gibberellico (GA) in fioritura, in quanto ciò provoca un allungamento del rachide (Tabella); peraltro, il periodo utile d'impiego è assai ristretto, limitandosi per lo più alla fase fenologica di "grano di pepe", in quanto successivamente si avrebbero eccessivi danni ai grappoli. Più versatili, anche se la sfogliatura ottenuta è meno intensa, i modelli a tamburi controrotanti (
Fig), che possono essere impiegati fino all'invaiatura.
Su queste forme di allevamento, l'efficienza della vendemmia meccanica (a scuotimento orizzontale) è inoltre particolarmente elevata, grazie (ancora una volta) alla localizzazione dei grappoli, che consente di evitare tutta una serie di inconvenienti tipici della vendemmia meccanica, quali: il danneggiamento dei tralci, la percentuale di foglie staccate e le perdite di mosto sulle foglie; il disseccamento, e la caduta precoce, di parte dell'apparato fogliare, causato per osmosi proprio dall'evaporazione del mosto rimasto sulle foglie. L'efficienza della vendemmiatrice è particolarmente elevata adottando strutture di sostegno delle viti sufficientemente elastiche, come ad esempio i pali in acciaio zincato con profilo a "U", in modo da assecondare la vibrazione. Di conseguenza, anche le perdite di uva sono assai limitate (Pergher, 2004), la velocità di avanzamento può essere aumentata fino a 5-6 km/h, e la tempestività di intervento è maggiore. L'aspetto più importante, per una buona qualità del raccolto, sembra ormai solo quello legato alle fermentazioni incontrollate in fase di trasporto in cantina; tuttavia, operando correttamente (ad esempio: evitando una lunga permanenza in campo del prodotto; vendemmiando nelle ore più fresche della giornata, o di notte; trattando il vendemmiato con opportuni antiossidanti come l'acido ascorbico) la qualità del prodotto raccolto risulta ormai del tutto simile a quella del prodotto raccolto a macchina, ed assolutamente non incompatibile con l'ottenimento di vini anche di elevato pregio. Spesso, anzi, l'elevata capacità di lavoro delle vendemmiatrici consente addirittura di ottenere un prodotto qualitativamente superiore anche rispetto alla vendemmia manuale, grazie alla maggiore tempestività di intervento, alla possibilità di raccogliere al momento ottimale per ogni varietà.
Le maggiori difficoltà per la meccanizzazione del Guyot e del Cordone speronato riguardano, da un lato, le già citate operazioni (necessariamente manuali) di

scacchiatura e diradamento dei grappoli, e, dall'altra, quelle di potatura invernale. Tuttavia anche in questo caso i tempi di lavoro possono essere notevolmente contenuti grazie alle macchine "prepotatrici", generalmente del tipo a dischi controrotanti, che riducono notevolmente i tempi della successiva rifinitura manuale.

Tabella 1 - Impiego di manodopera su diverse forme di allevamento della vite, con il più alto livello di meccanizzazione oggi realizzabile.

Forma di allevamento	Impiego di manodopera (h/ha/anno)					
	Interfila (m)	Potatura verde (1)	Potatura secca	Vendemmia	Altro (2)	Totale
G.D.C	4,0	21	24	14	26	85
Cordone libero	2,5	17	17	9	22	65
Casarsa	2,8	34	32	5	21	92
Sylvoz	3,0	33	55	5	20	113
Cordone speronato (basso)	2,4	49	32	4	23	108
Guyot	2,4	41	55	4	23	122

(1) Non è incluso il diradamento (manuale) dei grappoli. (2) Gestione del terreno (sfalcio, diserbo chimico), trattamenti antiparassitari, concimazione, varie.

Complessivamente, l'impiego totale di manodopera su Guyot e Cordone speronato (basso) risulta dell'ordine di 110-120 h/ha/anno, e pertanto solo di poco superiore rispetto alle forme normalmente considerate più meccanizzabili (Tabella). Pertanto si può affermare che la tradizionale contrapposizione fra le esigenze della meccanizzazione e quelle dell'enologia è ormai in gran parte superata o, in altre parole, la meccanizzazione è perfettamente compatibile con una vitivinicoltura di qualità, e viceversa.

Tabella 2 - Effetto della sfogliatura pneumatica sul controllo della botrite e del marciume acido (Bigot et al., 2007).

Tesi	Botrite		Marciume acido	
	infezione %	diffusione %	infezione %	diffusione %
Testimone	5	25	4.4	19
Non trattato e sfogliato	2.4	17	2.5	11
Trattato con GA e non sfogliato	2.3	12	3.1	11
Trattato con GA e sfogliato	1.4	8	0.5	4

Fig.4 a,b - Due tipi di sfogliatrici: ad aria compressa (a sinistra) e a tamburi controrotanti (a destra).

Oggi l'ingegneria agraria ed in particolare quella applicata alle produzioni viticole rappresenta un complesso sistema di tecnologie e questa sintetica analisi sulla evoluzione della meccanizzazione delle operazioni colturali nella viticoltura rende evidente la fecondità degli sforzi compiuti in questo ultimo secolo nello sviluppo di nuove tecniche e tecnologie capaci di confrontarsi con le innovazioni dei più avanzati settori produttivi. Significativo e particolare è stato il contributo che imprenditori, tecnici e ricercatori hanno dato allo sviluppo di questo settore, sempre in un equilibrato uso di tecniche innovative e tradizionali; riferimento a livello mondiale della realizzazione e del mantenimento di un sistema territoriale capace di produrre una integrazione originale di livello elevato fra tecnologie, servizi, prodotti e cultura.

Bibliografia

BALSARI P. (2001). Struttura della chioma e distribuzione dei fitofarmaci - L'Informatore Agrario - N. Suppl. al n. 14 pag. 39-46

BALSARI P., (2002). Le attuali tecnologie disponibili per l'agricoltura di precisione. Convegno AIIA L'innovazione tecnologica per l'agricoltura di precisione e la qualità produttiva. Torino, 22-23 giugno 1999.

BIGOT G., OSTAN M., MARIANGELA S. (2007): Utilizzo di acido gibberellico e defogliatrice pneumatica. In: Agrometeorologia, fitopatologia e aspetti vitivinicoli. Consorzio Tutela Vini DOC Friuli Isonzo, Premariacco (UD), marzo 2007, 109-113.

DI CIOLO S., ZOLI M. (1970). Prime ricerche sulla raccolta meccanica dell'uva da vino per scuotimento. Informatore di Ortofrutticoltura, n° 3, febbraio 1970,

CHIOSTRI C., VIERI M. (1997). Meccanizzazione dei vigneti a forte declività ed esperienze in Toscana. Atti Simposio internazionale di viticoltura di montagna CERVIM. Massa 12-14 maggio 1997

GALIGANI P. F. (1967). Rapporti tra forme di allevamento e meccanizzazione della coltura della vite. Estratto da "Giornate per la meccanizzazione dell'agricoltura di collina" 1967,Pag. 124-126.

GUBLER W.D., LETTIGA L.J., HEIL D. (1991). Comparison of hand and machine leaf removal for the control of Botrytis bunch rot. American Journal of Enology and Viticulture 42, 233-236.

HEISSNER,-A; SCHMIDT,-S; ELSNER,-B-VON, *(2005).* Comparison of plastic films with different optical properties for soil covering in horticulture: test under simulated environmental conditions. *Journal-of-the-Science-of-Food-and-Agriculture. 2005; 85(4): 539-548.*

KLIEWER, W.M. AND N.K. DOKOOZLIAN. (2005). Leaf area/crop weight ratios of grapevines: Influence on fruit composition and wine quality. American Journal of Enology and Viticulture 56: 170–181

MAZZETTO F. (2006): La centralità dei sistemi informativi aziendali tra management informatizzato e agricoltura di precisione I Georgofili Quaderni 2005-X.

PELLIZZI G. *(2004).* Agricoltura, energia e sviluppo sostenibile: una sfida per il futuro. *Riv. Ing.Agr. (34), 1, 1-6.*

PELLIZZI G., VIERI M., *(2007).* Assetto della Meccanizzazione e Supporto delle delle nuove Tecnologie Ingegneristiche sull'Arboricoltura Sostenibile. *Nuove frontiere dell'arboricoltura italiana. Ed. Airplane, Bologna.*

PERGHER G. (2004): Evoluzione dei sistemi di raccolta meccanizzata e vantaggi in termini economici e qualitativi. *Phytomagazine 8, 45-51.*

PERGHER G., PETRIS R. (in press): Canopy structure and deposition efficiency of vineyard sprayers. Rivista di Ingegneria Agraria.

PERKINS D. (2003). Come Leonardo. Ed. Il Saggiatore 2003

SMART, R.E., AND M. ROBINSON. 1991. Sunlight into Wine. A Handbook for Winegrape Canopy Management. 88 pp. Winetitles, Adelaide, Australia.

SARTORI, L. – ROTA, M. (2006) Utilizzo della tecnologia GPS nell'impianto del vigneto. L'informatore agrario n° 7, pag. 60 – 62.:45-58.

VIERI M., SPUGNOLI P. (1997) An high pressure injection system for precision application of pesticide. BIOS Scientific Publishers Limited, Oxford 1997.

VIERI M. (1998) Dossier "Nuova Motrice innovativa Uniturbo idrostatico Fantini-Andreoli*" Macchine e Motori Agricoli 10/98.*

VIERI M. (2004). L'evoluzione tecnica e tecnologica nella moderna viticoltura imprenditoriale. Atti Accademia dei Georgofili. Settima serie Vol.L (179° dall'inizio), Firenze 2004.

VIERI M. (2004). La Meccanizzazione del Vigneto. Workshop "La viticoltura italiana nello scenario internazionale".Associazione Italiana Società Scientifiche Agrarie. Firenze, 7-8 novembre 2005.

VIERI M. (2007). Le lavorazioni conservative nella viticoltura collinare. *MMW 4/2007.*