

**CERTIFICAZIONE ENAMA
PRESTAZIONI E SICUREZZA
PER TUTTA LA FILIERA**

ENAMA
ENTE NAZIONALE PER LA
MECCANIZZAZIONE AGRICOLA

ENAMA
CERTIFICATA



**III Programma
di sperimentazione di macchine
agricole innovative**

ENAMA
ENTE NAZIONALE PER LA
MECCANIZZAZIONE AGRICOLA

00159 Roma - Via Venafro, 5
Tel. +39 06 40860030-27 - Fax +39 06 4076264
Internet: www.enama.it - E-mail: info@enama.it

Roma, dicembre 2010



III Programma di sperimentazione di macchine agricole innovative

Roma, dicembre 2010

Sommario

Sommario	Pag.	3
1. Premessa	“	5
2. Attività svolta	“	6
2.1 - Realizzazione dei singoli progetti	“	6
2.1.1. AGRIMAT: Macchina per la selezione ottica di talee di pioppo	“	7
2.1.2. AGROTEC: Motovangatrice semovente	“	11
2.1.3. COMER INDUSTRIES: Soluzione meccatronica per la gestione ottimizzata del taglio e della raccolta del foraggio	“	17
2.1.4. FORIGO - ROTER ITALIA: Macchina per effettuare più interventi in un solo passaggio in ambienti ristretti	“	23
2.1.5. O.N.G.: Pezzatrice in tronchetti di piante da biomassa	“	29
2.1.6. S & C International: Cantiere per la raccolta della biomassa erbacea	“	35
2.1.7. SCIACCO: Spandicompost autocaricante compatto con distributore a velocità variabile	“	38
2.1.8. SPAPPERI: Cantiere di meccanizzazione per la raccolta di SRF	“	44
2.1.9. VINDIGNI TRINGALI: Piattaforma semovente cingolata a propulsione elettrica per la raccolta in ambienti protetti.....	“	50
2.1.10. ZPZ: Sistema per il taglio e la posa in cumuli ordinati di colture forestali a rapida rotazione.....	“	57
3. Conclusioni.....	“	61

1. Premessa

Nell'ottobre 2005 l'ENAMA ha presentato al Ministero per le Politiche Agricole e Forestali una proposta per un programma biennale di sperimentazione di macchine agricole innovative, dando continuità ad una linea di intervento percorsa precedentemente con numerosi progetti specifici che hanno dimostrato la loro rispondenza a esigenze particolari di meccanizzazione agricola.

Il programma, approvato con Decreto Ministeriale n.10888 ha visto l'avvio delle attività nel 2006. Per la sperimentazione in campo sono state necessarie delle proroghe delle attività che si sono concluse definitivamente il 31/12/2010.

I presupposti del programma "macchine innovative" derivano dalla realtà agricola italiana che esprime chiaramente la necessità di una continua evoluzione dei mezzi meccanici perché soddisfino da un lato le esigenze produttive (incremento delle produzioni e della qualità dei prodotti, riduzione dei costi) dall'altro il miglioramento degli aspetti legati alla sicurezza degli operatori del settore e dell'ambiente.

Si sottolinea il fatto che l'aspetto relativo alla sicurezza costituisce una delle priorità di intervento su cui operare ed intervenire in quanto l'infortunistica collegata all'impiego di mezzi meccanici nel settore agricolo, seppur in diminuzione negli ultimi anni, presenti valori degni di attenta considerazione per le loro implicazioni di natura sociale oltre che economica.

Per il programma "macchine innovative" l'ENAMA ha coinvolto direttamente le ditte costruttrici invitandole, attraverso un bando a presentare proposte innovative in alcuni settori della meccanizzazione. Tra le numerose proposte pervenute ne sono state selezionate dieci da un'apposita Commissione ENAMA nella quale sono rappresentati gli imprenditori agricoli, i costruttori di macchine agricole, le imprese agro-meccaniche e del commercio, le Regioni, lo stesso Ministero e il CRA - ING (ex ISMA - Istituto Sperimentale per la Meccanizzazione Agricola). La rappresentanza nella Commissione degli Enti sopra citati offre le maggiori garanzie per una individuazione e sviluppo corretto e tecnicamente valido delle soluzioni che hanno beneficiato di un apposito finanziamento.

Sulla base delle valutazioni della Commissione stati attivati dieci sub-progetti, per ognuno dei quali l'impresa costruttrice di macchine o attrezzature agro-meccaniche ha provveduto alla concreta realizzazione dei prototipi, il CRA-ING ha fornito il supporto tecnico - scientifico (servendosi della collaborazione di altre strutture quali Università, C.N.R., ecc.) ed infine l'ENAMA ha coordinato l'intera attività e, anche attraverso questa pubblicazione, ha provveduto alla divulgazione presso gli operatori del settore delle attività svolte e dei prototipi realizzati grazie al programma stesso.

Il presente volume riepiloga tali attività e sintetizza le caratteristiche delle macchine innovative realizzate e che sono state anche esposte in occasione di fiere e altri eventi divulgativi sul territorio.

Un sentito ringraziamento va innanzitutto alle ditte costruttrici per il loro continuo sforzo nell'innovazione e ai centri di ricerca che hanno collaborato allo sviluppo delle soluzioni innovative, rinnovando quella collaborazione tra imprese e istituti di ricerca che è un valore aggiunto che continua nel tempo oltre tale programma. Un ulteriore ringraziamento va ai Soci dell'Enama ed ai Membri della Commissione che hanno selezionato le proposte di innovazione privilegiando le soluzioni più rispondenti ai requisiti di innovazione espressi dalla filiera ed al Dr. Giulio Fancello che ha curato la redazione del presente volume.

Si ricorda infine che questa pubblicazione si inserisce in un quadro più ampio di iniziative a supporto del settore della meccanizzazione agricola che rappresentano lo scopo fondante dell'ENAMA e sono liberamente visionabili nel sito www.enama.it.

Sandro Liberatori

Massimo Goldoni

Questa e altre pubblicazioni a supporto del settore della meccanizzazione agricola sono liberamente visionabili nel sito www.enama.it.

2. Attività svolta

Le macchine e le attrezzature agricole hanno un ruolo di primaria importanza nella produzione agricola in particolare nella realtà agricola italiana in cui il costo del lavoro è una delle voci che incidono maggiormente nei costi di produzione agricola.

Nel Consiglio Direttivo dell'ENAMA è rappresentato oltre il Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali, le Regioni, l'Assocap, le organizzazioni professionali agricole (Cia, Coldiretti, Confagricoltura) e le associazioni di costruttori (Unacoma), venditori (Unacma) di macchine agricole e contoterzisti (Unima) e, come struttura operativa, il CRA-ING (Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura - Unità di ricerca per l'Ingegneria Agraria). La rappresentatività del Consiglio è da sempre garanzia dell'imparzialità e della rispondenza alle necessità di vari settori dell'agricoltura nazionale delle linee di intervento individuati dal programma "macchine innovative".

Come già anticipato in premessa il Consiglio Direttivo dell'ENAMA ha individuato le linee di intervento su cui focalizzare il bando "macchine innovative". I settori selezionati sono: la logistica - sistemi di raccolta, mirati al contenimento dei costi (raccolta, trasporto, movimentazione, stoccaggio, pre-trattamento), i sistemi di lavorazione del terreno idonei alle condizioni operative presenti nei terrazzamenti o in ambiti ristretti, lo sviluppo di macchine per la gestione del compost e macchine per la produzione di biomassa.

I costruttori sono stati invitati con un bando a presentare nuove tecnologie, mai immesse sul mercato, atte a risolvere le problematiche suddette attraverso la realizzazione di prototipi e la loro sperimentazione con la collaborazione tecnico - scientifica del CRA - ING e altre istituzioni di ricerca pubbliche (Università, C.N.R., ecc.).

Al bando, pubblicato per tempo sul sito internet in modo da darne la massima diffusione, hanno risposto numerose ditte costruttrici con altrettante proposte innovative, le quali sono state oggetto di un accurato e puntuale esame e selezione da parte dei membri della Commissione dell'ENAMA e successivamente da parte dei membri del Consiglio Direttivo dell'ENAMA stesso.

Pertanto nella prima fase del programma sono state raccolte e selezionate le proposte e sono state scelte le soluzioni ritenute più meritevoli. Successivamente, sono stati stipulati i contratti di appalto con le ditte costruttrici che si impegnavano anche in una collaborazione tecnico scientifica con il CRA-ING (ex Istituto Sperimentale per la Meccanizzazione Agricola) e, eventualmente, altri istituti di ricerca (Università, CNR).

Dopo le necessarie verifiche, si è proceduto all'avvio delle attività di messa a punto delle soluzioni tecniche proposte dalle ditte stesse.

Si sottolinea il ruolo dell'ENAMA che ha costantemente monitorato i lavori con richieste di documentazione, con l'effettuazione di visite tecniche presso le ditte costruttrici ed i centri di sperimentazione e con la redazione di apposite relazioni contenenti dettagli sullo stato di avanzamento dei lavori. Ciò ha permesso un continuo monitoraggio e valutazione *in itinere* del progetto stesso e una corretta rendicontazione delle relative spese sostenute.

2.1 - Realizzazione dei singoli progetti

In seguito alla selezione tecnica delle proposte progettuali presentate dalle varie ditte costruttrici, sono state identificate dieci soluzioni tecniche, le quali vanno a costituire i "sub progetti" di seguito elencati.

- **Sub progetto n. 1:** Ditta Agrimat - SS. per Voghera, 97/1 - 15057 Tortona (AL). Innovazione proposta: "Macchina per la produzione di talee di pioppo".
- **Sub progetto n. 2:** Ditta Agrotec - Via Gramsci, 8 - 35045 Ospedaletto Euganeo (PD). Innovazione proposta: "Motovangatrice semovente".

- **Sub progetto n. 3:** Ditta Comer Industries S.p.A. - Via Magellano, 27 - 42046 Loc. Villanova - Reggio (RE). Innovazione proposta: “Soluzione meccatronica per la gestione ottimizzata del taglio e della raccolta del foraggio”.
- **Sub progetto n. 4:** Ditta Forigo - Roter Italia S.R.L. - Via San Giuseppe - 37056 Salizzole (VR). Innovazione proposta: “Macchina per effettuare più interventi in un solo passaggio in ambienti ristretti”.
- **Sub progetto n. 5:** Ditta O.N.G. S.n.c. - Via Aldo Valdrè, 194 - 48014 Castel Bolognese (RA). Innovazione proposta: “Pezzatrice in tronchetti di piante da biomassa”.
- **Sub progetto n. 6:** Ditta S & C INTERNATIONAL S.r.l. - Z. A. San Secondo - 06010 Città di Castello (PG). Innovazione proposta: “Cantiere per la raccolta della biomassa erbacea”.
- **Sub progetto n. 7:** Ditta Sciacco S.r.l. - Strada Forcone, 169 - 97019 Vittoria (RG). Innovazione proposta: “Spandicompost autocaricante compatto con distributore a velocità variabile”.
- **Sub progetto n. 8:** Ditta Spapperi S.r.l. - Z. Art. San Secondo - 06010 Città di Castello (PG). Innovazione proposta: “Cantiere di meccanizzazione per la raccolta di SRF”.
- **Sub progetto n. 9:** Ditta Vindigni Tringali V. S.a.S. - Via Scoglitti, 133 - 97019 Vittoria (RG). Innovazione proposta: “Piattaforma semovente cingolata a propulsione elettrica per la raccolta in ambienti protetti”.
- **Sub progetto n. 10:** Ditta Z.P.Z. S.n.c. - Via Jesi, 230 - 60027 Casenuove di Osimo (AN). Innovazione proposta: “Procedimento per il taglio e la posa in cumuli ordinati di colture forestali a rapida rotazione”.

Nei paragrafi successivi viene presentata una descrizione sintetica, basata sulle relazioni dei referenti tecnico-scientifici coinvolti nel programma, delle macchine innovative realizzate, della sperimentazione svolta, dei principali risultati ottenuti e dei vantaggi derivanti dall'impiego della macchina innovativa.

2.1.1. AGRIMAT: Macchina per la selezione ottica di talee di pioppo

Ditta Agrimat - SS. per Voghera, 97/1 - 15057 Tortona (AL).

Referenti scientifici: Dott. Luigi Pari, Dott. Fabio Sissot, Dott. Vincenzo Civitarese, Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura, Unità di Ricerca per l'Ingegneria Agraria (Monterotondo - RM).

Il mercato delle bioenergie è in continua espansione e si assiste ad un continuo un aumento degli impianti culturali di pioppo allevato a *Short Rotation Forestry* in relazione alla richiesta di materiale lignocellulosico da parte degli impianti di conversione energetica.

Al fine di ridurre il costo di impianto di questa coltura, voce che incide per quasi 2000 €/ha nel bilancio economico culturale, è stata promossa un'attività di ricerca mirata a differenziare, prima dell'insacchettamento, le talee di pioppo in base al diametro, condizione indispensabile per poter poi provvedere all'automazione della fase di impianto.

Il costo di impianto è costituito per più della metà dall'acquisto delle talee (0,22 € l'una nel 2009) a causa principalmente della mancanza di una adeguata meccanizzazione della raccolta degli astoni e della successiva fase di produzione delle talee, riuscire a contrarre il costo di produzione della talea concorrerebbe pertanto alla riduzione del costo di impianto in generale.

La produzione, selezione ed insaccamento della talea partendo dall'astone presenta una serie di problematiche:

- gli astoni, tutti di 1 anno di età, appartengono a diversi cloni e hanno quindi diverse dimensioni (diametro basale compreso tra 5 mm e 30 mm, altezza compresa tra 1,5 m e 4 m) e conformazione (presenza di rami laterali e di curvature del fusto);
- l'astone ha forma conica, quindi le talee basali avranno un diametro superiore rispetto a quelle apicali;
- gli astoni vengono portati al centro di produzione delle talee in fasci dai vivai e quindi le singole piante devono essere selezionate manualmente prima di poterle suddividere in talee;
- le piante vengono attualmente segmentate ad opera di una macchina dotata di lame circolari poste ad una distanza di 215 mm, che ottiene talee della stessa lunghezza ma di diverso diametro;
- la calibrazione a valle della segmentazione viene attualmente fatta a mano con grande dispendio di manodopera e scarsa omogeneità di risultato;
- risulta necessario provvedere ad una calibrazione il più possibile esatta delle talee in classi di diametro affinché si possa provvedere allo sviluppo di sistemi di alimentazione automatica della trapiantatrice;
- risulta necessario preservare la germinabilità della gemma evitando abrasioni e contusioni della stessa, nonché mantenere la polarità della talea stessa per provvedere poi al suo posizionamento corretto nel terreno.

Al fine di trovare soluzioni compatibili con le problematiche descritte, il CRA ING, in collaborazione con la Ditta Agrimat di Tortona (AL), Franco Alasia Vivai di Savignano (AL) e con il supporto finanziario di Enama, ha realizzato una macchina per la selezione ottica delle talee in base al diametro adattando un sistema di calibrazione già utilizzato per l'asparago (*Foto 1*).



Foto 1 - Panoramica della macchina. In primo piano le vasche di raccolta delle talee in funzione della classe di diametro

In questo lavoro vengono riportati i risultati delle prove effettuate dal CRA ING per valutare le prestazioni del prototipo, e gli adattamenti apportati per risolvere alcune problematiche riscontrate durante i test.

REALIZZAZIONE DELLA MACCHINA INNOVATIVA

La macchina, montata a valle del sistema di taglio delle talee, è costituita dai seguenti componenti:

- un nastro con cinghie a “V” da 500 cm, che preleva le talee di pioppo (tutte tagliate ad una lunghezza di 215 mm) all’uscita del sistema per il taglio delle talee;
- un nastro a “V” da cm 200 a velocità variabile atto ad allineare, singolarizzare e distanziare le talee fra di loro di circa 4-5 cm, (*Foto 2*);
Questo secondo nastro si è reso necessario perchè gli astoni di pioppo vengono tagliati con lame circolari di circa 2 mm di spessore e quindi le talee cadono nel primo nastro a “V” una vicina all’altra, e ciò potrebbe portare a false letture ad opera del sistema ottico. Per tale motivo il 2° nastro avanza ad una velocità superiore al primo, consentendo la separazione di talee adiacenti.
- una calibratrice elettronica ottica dotata di telecamera per la lettura dei diametri (*Foto 3*). Le talee vengono trasportate da rulli biconici, che servono a centrare il prodotto sotto la telecamera di lettura. Come già detto, il principio di funzionamento è in parte mutuato dalla selezione dei turioni di asparago;
- un sistema pneumatico gestito tramite software che permette, attraverso un soffio d’aria, inviato da ugelli erogatori azionati da una valvola elettro-pneumatica di indirizzare la talea, una volta caratterizzata dal sistema ottico, verso una specifica uscita;
- quattro uscite, una per ciascuna classe di diametro (A, B, C, D), ognuna delle quali scarica alternativamente in due vasche insaccatrici. L’alternanza serve per dar modo e tempo ad un solo operatore, addetto al riempimento manuale dei sacchi, di eseguire tale operazione su tutte e quattro le classi dimensionali;
- le talee fuori misura (diametro < 10 mm) o non riconosciute cadono in un raccoglitore a fine percorso.



Foto 2 - Nastro trasportatore a “V”



Foto 3 - Sistema ottico di calibratura

Prestazioni operative

Al fine di valutare le prestazioni del prototipo, la macchina è stata sottoposta ad un test, rilevandone i parametri di funzionamento.

La prova è stata effettuata utilizzando astoni di pioppo di un anno di età appartenenti al clone AF2, di altezza media pari a circa 2,5 m e diametro basale medio pari a 3,5 cm.

Ciascun astone produce mediamente 12 talee (compresi i fuori misura). La macchina calibratrice è stata fatta lavorare con una capacità operativa di 6.240 talee/h (intesa come numero di talee calibrate dal sistema ottico).

La programmazione del lavoro della macchina, effettuata attraverso il settaggio del software (Foto 4), prevedeva la selezione delle talee in 4 classi e l'invio alle rispettive uscite di un numero differente di talee, come riportato in *Tabella 1*.

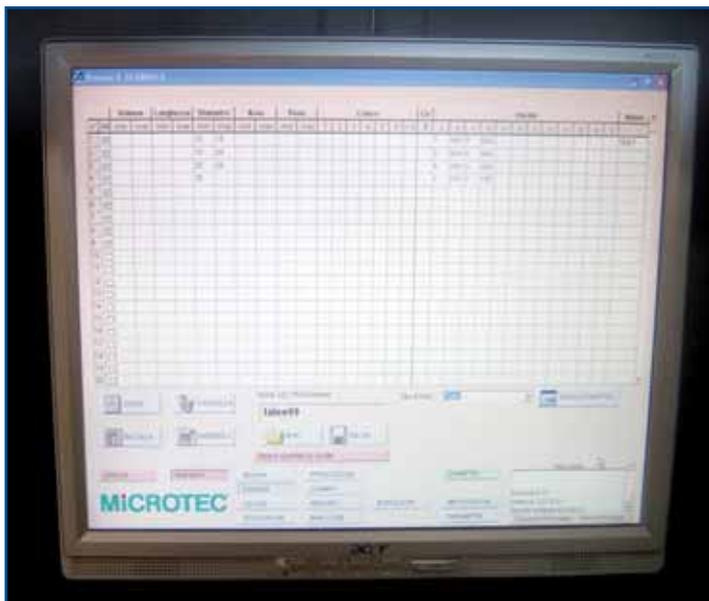


Foto 4 - Schermata del software dedicato alla gestione del sistema in automatico

Tabella 1 - Classi dimensionali delle talee

Uscita (vasche)	Diametro (mm)	n. max talee per vasca
A (1-2)	>25	150
B (3-4)	20-25	250
C (5-6)	15-20	400
D (7-8)	10-15	600
Fuori misura	6-10	Illimitato
Fuori misura	< 6	Illimitato

Alla uscita A, venivano inviate prima alla vasca 1 e, una volta raggiunta la quantità massima impostata alla vasca 2, 150 talee di diametro superiore ai 25 mm. Seguendo lo stesso principio, alla uscita B venivano inviate alle vasche 3 e 4, 250 talee di diametro compreso tra i 20 e i 25 mm, alla uscita C venivano inviate alle vasche 5 e 6, 400 talee di diametro compreso tra i 15 e i 20 mm, mentre alla uscita D venivano alle vasche 7 e 8, 600 talee di diametro compreso tra i 10 e i 15 mm.

Questo perché, avendo i sacchi il medesimo volume è necessario impostare un numero inferiore di talee al crescere della classe di diametro.

Si è provveduto quindi a far operare la macchina, rilevando gli errori commessi dal sistema.

La *Tabella 2* riassume i risultati della prova. Come previsto dal costruttore, il software ha rilevato e contato come validi solo i pezzi idonei ad essere impiegati come talea. Il fuori diametro minimo, caduto o dal nastro a “V” di alimentazione o espulso a fine macchina e non contato, risulta pari al 22% dei pezzi prodotti.

Alcune talee però, pur essendo caratterizzate diametralmente in modo corretto dalla macchina, non riescono ad essere spinte dal sistema pneumatico alla corrispondente uscita: si tratta del 3,6% delle talee caratterizzate.

Inoltre, circa il 2% delle talee caratterizzate cadono a terra o sono convogliate in una vasca della stessa classe dimensionale ma non in quella corretta.

Ciò si traduce in un numero di talee per sacchi variabile dell’ordine del 2,4%, valore ragionevolmente tollerabile nella stima del quantitativo di sacchi da utilizzare per unità di superficie.

Per quanto riguarda la calibratura, non si sono mai avuti errori nel dimensionamento: il sistema ottico riconosce senza problemi il diametro della talea. Va tenuto conto comunque del fatto che in ambiente polveroso, la sua pulizia gioca un ruolo fondamentale.

Anche il rispetto delle polarità delle talee è risultato essere senza errori.

Un aspetto critico del sistema valutato è costituito dal sistema di alimentazione della selezionatrice.

La taglierina attualmente utilizzata non si è rilevata adatta ed ha capacità operative che non consentono di utilizzare al massimo le potenzialità della macchina selezionatrice. Allo scopo, è in fase di progettazione un sistema di taglio degli astoni basato su coltelli controrotanti, in grado di garantire un’alimentazione omogenea delle talee opportunamente distanziate.

Tabella 2 - Risultati della prova

Uscita (vasche)	Diametro (mm)	% talee rilevate dal software	% pezzi contati manualmente	% errore software	% talee perse
A (1-2)	>25	0,8	0,6	0,0	0,0
B (3-4)	20-25	6,3	5,1	0,0	0,2
C (5-6)	15-20	39,9	31,2	1,4	2,0
D (7-8)	10-15	53,0	41,2	2,2	0,0
Totale talee caratterizzate		100,0	78,1	3,6	2,2
Fuori misura al fondo		0,0	19,3		
Fuori misura da rulli		0,0	2,6		
Totale fuori misura			21,9		

2.1.2. AGROTEC: Motovangatrice semovente

Ditta Agrotec - Via Gramsci, 8 - 35045 Ospedaletto Euganeo (PD).

Referenti scientifici: Dott. Roberto Fanigliulo, Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura, Unità di Ricerca per l’Ingegneria Agraria (Monterotondo - RM).

Premessa

Obiettivo del Progetto “Motovangatrice semovente” è la realizzazione di un’attrezzatura di moderna concezione per la lavorazione principale del terreno, tramite “vangatura”, in grado di risolvere alcune problematiche legate alle condizioni operative presenti nelle isole minori. In tali ambienti, infatti, caratterizzati da forti pendenze o sistemati a terrazze, per lavorare il terreno è comunemente utilizzato il motocoltivatore dotato di una zappatrice rotativa, che risulta in

grado di ottenere, con un unico passaggio, un suolo privo di erbe, ben affinato ed in ottime condizioni per le successive operazioni colturali. Tuttavia, l'uso ripetuto della zappatrice ha una notevole influenza sulle caratteristiche del terreno stesso, che si presenta eccessivamente polverizzato, soffice e tende così a perdere il proprio stato strutturale. Ciò ha come effetto immediato la perdita della sua capacità di immagazzinamento della riserva idrica e, conseguentemente, della sua fertilità.

Al fine di limitare tali inconvenienti, è stata progettata dalla sezione Meccanica del Dipartimento SAGA dell'Università di Palermo, in collaborazione con la ditta costruttrice Agrotec di Padova e con la consulenza del CRA-ING di Monterotondo, una macchina innovativa semovente provvista di organi di lavoro del tipo a vanga, impiegabile in aree a forte declività o terrazzate.

La motovangatrice semovente, con un sistema di manovellismi, fa penetrare nel terreno alternativamente una serie di utensili di lavoro, formati ciascuno da una forca a più denti, in modo da impartirgli un movimento verticale di affondamento e uno orizzontale di sollevamento. Le forche incidono il terreno e staccano le zolle facendole parzialmente rivoltare.

Rispetto ad altre operatrici, la vangatrice determina un buon grado di affinamento del terreno, senza produrre l'eccessiva zollosità tipica delle motozappatrici, e non lascia suola di lavorazione, in quanto le forche penetrano scalarmente rendendo scabrosa la superficie di contatto tra terreno lavorato e terreno sodo. Il vantaggio più evidente rispetto alla zappatura consiste nella possibilità di lavorare terreni in condizioni non ottimali di umidità, dato che il lavoro di vangatura esercita un modesto grado di compressione del terreno e pertanto può essere eseguito anche su terreni la cui umidità oltrepassa lo stato di tempera senza che si abbiano gravi ripercussioni sulla struttura del terreno. La macchina consente inoltre una maggiore stabilità per le lavorazioni in salita. Nei terreni declivi la vangatura limita la possibilità di erosione attraverso la creazione di una zollosità sparsa che frena lo scorrimento superficiale delle acque, questo soprattutto quando la vangatrice lavora in salita, con ritorno a vuoto, in modo da spingere le zolle all'indietro verso monte. La convenienza dell'uso della macchina è dovuta anche alla modesta potenza necessaria per la movimentazione, in relazione alla profondità di lavoro degli utensili.

Scelte progettuali della macchina in funzione della tipologia di lavorazione

Il progetto "Motovangatrice semovente", per il quale è stato richiesto il finanziamento dalla ditta Agrotec, è stato sviluppato sulla base dei principi costruttivi dei comuni motocoltivatori e realizzato tramite moderni sistemi informatici. L'operatrice, nell'idea iniziale della ditta, evidenzia una struttura compatta, comandata manualmente dall'operatore a terra, dotata di trazione a cingoli in gomma e trasmissione oleodinamica azionata da un motore endotermico di piccola cilindrata. Nella parte sottostante la struttura a ponte della macchina sono posti gli utensili di lavoro, costituiti da vanghe a forca, il cui particolare posizionamento consente di ridurre gli ingombri complessivi. Tale soluzione rende la macchina particolarmente stabile ed in grado di lavorare su terreni di superficie estremamente ridotta, come i terrazzamenti delle zone collinari tipiche delle fasce costiere mediterranee.

Descrizione della macchina in fase di costruzione del primo prototipo

La "Motovangatrice semovente" è costituita da un telaio a ponte portante gli organi di trazione, di guida e gli utensili di lavoro. Sul telaio sono state imbullonate le flange di supporto degli organi di propulsione della macchina, costituiti da due sottocarri con cingoli in gomma. Ciascuno è costituito da un telaio rigido sul quale è imperniata la ruota dentata di trazione, azionata da un motore oleodinamico orbitale, la ruota di tensione e tre rulli di supporto dei cingoli. Sul telaio portante è stato montato un motore endotermico che ha la funzione di generare la potenza necessaria all'azionamento di due pompe idrauliche, poste

assialmente all'albero di rotazione dello stesso motore, che alimenteranno a loro volta un impianto oleodinamico necessario alla movimentazione dei cingoli e del cinematismo degli utensili di lavoro.

In base alle dimensioni di ingombro degli organi di propulsione, del manovellismo degli utensili di lavoro, del motore endotermico e del gruppo pompe del circuito oleodinamico, sono state realizzate le restanti parti del telaio della macchina. In particolare sono stati predisposti un controtelaio di supporto degli organi principali della macchina (motore endotermico, riduttore angolare, asse degli eccentrici, bielle, etc) sopra il quale è stato posto un telaio di protezione. L'organo di lavoro, invece, è costituito da un quadrilatero articolato piano che porta due vanghe costituite ciascuna da una forca a quattro denti. Completano la macchina i necessari organi di comando e direzione, con il relativo telaio di sostegno ed appoggio per il comando della macchina.

Avanzamento dei lavori

La costruzione del mezzo, dopo il primo assemblaggio delle parti, ha previsto le seguenti fasi di realizzazione:

- luglio 2008 è stata avviata la costruzione dei biellismi necessari alla movimentazione degli utensili di lavoro della motovangatrice ed il loro successivo montaggio sul telaio portante della macchina già predisposto.
- settembre 2008 alla struttura della macchina sono stati aggiunti il circuito oleodinamico necessario per la trasmissione del moto agli utensili di lavoro della macchina e sono stati assemblati i gruppi di comando della motovangatrice.
- ottobre 2008 è stato installato il motore endotermico e le pompe necessarie per la movimentazione ed il funzionamento della macchina.

In particolare, durante l'assemblaggio degli assiemi di carpenteria e dei componenti commerciali sono state apportate delle ulteriori modifiche, alcune di sostanziale rilievo emerse da necessità di funzionamento non considerate inizialmente.

Il gruppo "porta utensili" è stato semplificato eliminando i sistemi di sicurezza a molla dei singoli utensili in quanto sono risultati troppo elaborati ed inutili allo scopo: si è optato verso un unico sistema di richiamo a molla per tutti gli utensili di ciascun manovellismo.

La messa in rotazione dei manovellismi, durante le prove in officina, ha prodotto notevoli vibrazioni all'intero gruppo rotante: sono stati aggiunti in opera dei contrappesi alle bielle principali per bilanciare il sistema, oltre ad interporre un giunto para strappi tra la scatola ad ingranaggi ed il motore oleodinamico.

La modifica sostanziale eseguita prima della prova in campo ha riguardato il gruppo di trasmissione ed il gruppo porta comandi per la conduzione della vangatrice. Il gruppo porta comandi è stato sostituito con un manubrio tramite il quale l'operatore comanda l'avanzamento della vangatrice; il manubrio è stato reso solidale al gruppo di trasmissione che è stato incernierato al telaio della macchina per consentirgli di ruotare, alzando di conseguenza gli utensili dal livello del suolo. L'alzata del gruppo di trasmissione è necessaria per la conduzione durante gli spostamenti del mezzo nelle fasi di non lavoro.

Concluse le modifiche sono state eseguite delle prove di funzionamento in campo, in seguito alle quali si è provveduto alla immediata sostituzione degli utensili con altri di forma diversa che hanno comportato un miglioramento dello strappo e del sollevamento della terra.

Da ulteriori prove eseguite sono emerse altre necessità di modifiche costruttive in quanto l'operatore è risultato soggetto a continue vibrazioni conseguenti alla penetrazione degli utensili nel terreno. La conduzione del mezzo risulta quindi difficoltosa e le vibrazioni al sistema mano-braccia ed al corpo intero sono risultate maggiori dei valori limite di esposizione. Di conseguenza sono state apportate modifiche costruttive al gruppo di trasmissione ed al sistema di guida per evitare le vibrazioni all'operatore e migliorare la posizione di trasferimento della macchina (fig. 1).



Fig. 1 - Il primo prototipo di Motovangatrice semovente presentato all'EIMA 2008

In seguito alle prime prove di lavorazione in campo condotte in Sicilia ad aprile 2009 sul primo prototipo di motovangatrice semovente, i responsabili scientifici del progetto, pur accertando la validità di funzionamento della macchina ed in particolare del sistema di “vangatura”, hanno convenuto di considerare i seguenti interventi sulla macchina per renderla più manovrabile, sicura e compatta, maggiormente flessibile e polivalente consentendo le applicazioni di altre attrezzature utili alle micro aziende locali. A tal fine è stato predisposto un nuovo progetto particolareggiato, che ha previsto i seguenti interventi:

1) Trasferimento degli organi lavoranti nelle parte posteriore della macchina onde evitare di lasciare strisce non lavorate ed evitare anche il calpestio dei cingoli al terreno già lavorato; con tale modifica, gli organi di lavoro, avranno la stessa larghezza della macchina;

2) Utilizzo di un motore endotermico con maggiore potenza rispetto a quella attuale per poter effettuare la lavorazione anche su terreni molto tenaci e umidi come quello trovato durante l'esecuzione della prova;

3) Dimensionamento dell'impianto oleodinamico in funzione della maggiore potenza installata;

4) Aumento del regime di rotazione degli organi di lavoro: sfruttare “l'effetto volano” delle masse in rotazione incrementando la capacità di penetrazione;

5) Creazione di quattro gruppi porta utensili, ognuno portanti due soli coltelli anziché i denti provati, sfalsati di 90° tra di loro e distanziati uniformemente su tutta la larghezza dell'attrezzatura, che misura cm 80;

6) Creazione di un gruppo “vangante” indipendente da applicare posteriormente al sottocarro cingolato, dotato di due cilindri oleodinamici per permettere il sollevamento del gruppo stesso durante la fase di trasporto (minimo 15 cm da terra) e per permettere la penetrazione degli utensili di una quota registrabile;

7) Applicazione del motore endotermico su una base traslante sopra il sottocarro cingolato: si rende così più flessibile la macchina dal punto di vista degli spazi disponibili per l'applicazione di altre attrezzature utili (pala, trivella, compressore);

8) Prevedere la possibilità di applicare delle zavorre per il bilanciamento dei pesi (antiribaltamento);

9) Predisporre il gruppo comandi idraulici polifunzionali in modo da poter essere spostato in funzione del tipo di attrezzatura applicata su una nuova console con attacchi rapidi e trasferibili.

Terminato a fine Marzo 2010 il nuovo progetto, è stata così avviata la fase di costruzione del secondo prototipo in tutti i suoi assiemi, inteso come assemblaggio in carpenteria, che ha visto il suo completamento a maggio 2010.

In particolare, per assiemi si intendono:

- telaio sottocarro portante l'attrezzatura zappante e le eventuali altre attrezzature di possibile utilizzo;
- telaio manovellismo, sul quale viene montato l'albero a gomiti;
- telaio guida sollevamento.

Il manovellismo porta utensili è stato affidato a terzisti, secondo quanto previsto dagli elaborati tecnici completi di tutte le indicazioni costruttive necessarie. Il sottocarro cingolato risulta completato di tutte le sue parti, compresi i motori oleodinamici per la movimentazione, ed assemblato al telaio sottocarro tramite collegamenti bullonati.

Il motore endotermico diesel risulta completo di campana e gruppo pompe oleodinamiche per l'erogazione di potenza idraulica.

Tutti gli assiemi costituenti la macchina, compreso il manovellismo porta utensili, sono stati assemblati prima di eseguire i trattamenti superficiali previsti (verniciatura e zincatura), per verificare gli accoppiamenti esatti tra le parti. Il prototipo è stato infine sottoposto a prove di controllo al banco della durata di circa 40 ore.

Una volta completata la costruzione del secondo prototipo, questo è stato sottoposto nel mese di agosto 2010 a prove di lavorazione in campo, come prevede il piano lavoro, alla presenza del Prof. Pipitone. In particolare, è stato sottoposto alle seguenti prove:

1) *verifica di funzionamento* del meccanismo di *vangatura* applicato posteriormente al carro cingolato di pari larghezza della macchina: la prova è stata effettuata su un terreno non coltivato, molto compatto, erboso e di difficile penetrazione. Il movimento degli organi zappanti (n° 5 con due fendenti cadauno) è risultato ottimo, la penetrazione degli elementi nel terreno armoniosa ed efficace. La lavorazione del terreno è risultata soddisfacente, nella profondità di penetrazione degli utensili (12-15 cm), nello strappo e nel rivoltamento delle zolle. La copertura del terreno lavorato è risultata pari alla larghezza massima della macchina;

2) *verifica della stabilità* della macchina in lavoro ed in trasferimento: seguendo le indicazioni ricevute dai tecnici dell'Università di Palermo e dal CRA ING di Monterotondo (Roma) durante le prove con il primo prototipo, sono state rispettate le massime misure di ingombro consentite per tale macchina, cm 160x80.

Il rispetto di tali misure e l'esigenza di stabilità della motovangatrice durante la fase di lavoro e di trasferimento si è dimostrata di non semplice fattibilità, a tal punto che si è deciso di riprogettare il sottocarro cingolato e predisporlo all'assemblaggio degli organi di propulsione e lavorazione in posizione tale da abbassare il più possibile il centro di massa.

Da un primo studio a disegno si evidenzia la possibilità di incrementare di circa il 25% la superficie d'appoggio dei cingoli al terreno non variando le misure d'ingombro precedenti e la luce libera a terra. L'abbassamento, l'arretramento a sbalzo dell'organo vangante e la riduzione del peso, riequilibra la macchina in oggetto. È stato previsto inoltre di inserire, all'interno della struttura della macchina e precisamente fra il vano motore e l'organo lavorante, una postazione con sedile per consentire la guida idraulica anteriore con uomo a bordo; tale postazione sarà provvista di struttura di protezione costituita da un semplice arco abbattibile.

3) *potenza generata e utilizzata*: il nuovo motore bicilindrico diesel da 12 kW garantisce l'utilizzo della motovangatrice senza alcuna perdita di giri lavorando in coppia come da indicazione del costruttore.

4) *verifica dell'impianto oleodinamico*: alimentato da due pompe in asse a circuito separato, l'impianto fornisce ai sottocarri cingolati la potenza necessaria per superare pendenze massime del 25÷30%, e avanzare a velocità massima di 4-5 km/h. Attraverso il diffusore a 12 prese rapide, diffonde la potenza necessaria ai motori oleodinamici delle varie attrezzature previste (trivella, irroratrice, contenitore per trasporto materiali, lama livellatrice, decespugliatore, interrasassi). Le leve di comando hanno risposto positivamente in funzione del sollevamento dell'arresto automatico della vangatrice. Si dovrà migliorare la sensibilità del comando di guida (unico comando per quattro funzioni non elettrico).

La motovangatrice nella sua versione finale

In seguito alle ulteriori modifiche apportate, la macchina nella sua versione finale (fig. 2) è costituita da:

- un motore endotermico che fornisce il moto alle pompe oleodinamiche;
- da un organo propulsore costituito da due cingoli che ricevono il moto rotatorio attraverso motori oleodinamici;
- da cinque organi di lavoro, del tipo a vanga con due fendenti ciascuno, anch'essi azionati da motore oleodinamico e costituiti da manovellismi di bielle e manovelle montate su alberi con boccole autolubrificanti ed ermeticamente protette;
- dieci utensili finali semicurvi, in modo da poter tagliare la porzione di terreno senza frammentarlo o polverizzarlo. Questa particolare lavorazione evita il deterioramento della struttura del suolo e la compattazione dello strato sottostante a quello lavorato.

La macchina può muoversi a velocità variabile, con regolazione direzionali a 360° particolarmente indicata per lavorazioni su terrazzamenti, serre, vitigni, vivai e declivi ripidi. La piattaforma polivalente della motovangatrice è studiata in modo tale da potervi applicare altre attrezzature utili quali trivelle, decespugliatori, pale frontali ed irroratrici ecc.



Fig. 2 - Il secondo prototipo della motovangatrice durante le prove in tunnel

Nella seguente tabella sono riportate le principali caratteristiche tecniche della macchina.

Potenza motore diesel bicilindrico [kW]	11.8
Velocità massima [km/h]	4.5
Passo [m]	0.90
Profondità di lavoro [m]	0.15
Carreggiata [m]	0.94
Altezza senza arco di protezione [m]	1.10
Lunghezza totale [m]	1.70
Pompe oleodinamiche in asse [n]	4
Diffusore oleodinamico con attacchi [n]	10
N. utensili [n]	5
Massa [kg]	390

Nel corso della primavera del 2011, il nuovo prototipo sarà sottoposto a prove finali di lavorazione in campo in confronto con un motocoltivatore tradizionale al fine di valutare l'effettiva validità dell'innovazione sviluppata nel presente progetto.

2.1.3. COMER INDUSTRIES: Soluzione mecatronica per la gestione ottimizzata del taglio e della raccolta del foraggio

Ditta Comer Industries S.p.A. - Via Magellano, 27 - 42046 Loc. Villanova - Reggiolo (RE).
Referente scientifico: Dott. Carlo Bisaglia, Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura, Unità di Ricerca per l'Ingegneria Agraria (Treviglio - BG).

Gli interventi meccanici di raccolta delle colture foraggere sono tesi a soddisfare esigenze spesso contrastanti; se da un lato, infatti, è necessario operare con trattamenti meccanici a basso impatto al fine di salvaguardare le caratteristiche qualitative del prodotto, dall'altro vi è la necessità di operare con tempestività e velocità per raggiungere i seguenti obiettivi:

- 1) sfalciare il prodotto allo stadio di maturazione ottimale;
- 2) sfruttare intervalli di tempo in cui sono previste buone condizioni meteorologiche per ottenere il livello di appassimento o di essiccazione desiderati evitando eventi piovosi;
- 3) coordinare la sequenza degli interventi meccanici "dal campo al luogo di stoccaggio" per evitare possibili colli di bottiglia causati da macchine con prestazioni limitanti.

Le strategie perseguite dai costruttori per raggiungere questi obiettivi sono state essenzialmente due: *i)* aumentare la larghezza di taglio oppure *ii)* aumentare la velocità di lavoro. Nel primo caso si sono raggiunti risultati considerevoli con operatrici trainate e/o semoventi che raggiungono valori massimi, oggi, di 12 m di larghezza operativa mentre nel secondo caso si sono registrate velocità di sfalcio che raggiungono e talvolta superano i 15 km/h. Evidentemente, le soluzioni più avanzate proposte dai costruttori tendono a perseguire contemporaneamente gli obiettivi appena descritti con macchine caratterizzate da elevate larghezza di taglio in grado di operare, allo stesso tempo, con elevate velocità di avanzamento.

Tra gli aspetti maggiormente critici che si possono evidenziare, il principale è rappresentato dalla necessità di mantenere un contatto costante tra la barra falciante e il suolo per evitare fenomeni di compattamento o di "scalpo" del cotico erboso e di garantire una buona qualità di taglio.

L'elemento chiave per la soluzione di questo problema è rappresentato dal sistema di articolazione della barra con il trattore o con le altre barre in caso di più elementi di taglio associati e dal sistema di sospensione che deve mantenere il contatto con il suolo trasferendovi valori di massa compatibili con lo sviluppo e il ricaccio vegetativo (< 40 kg/m lineare di barra), ma nello stesso tempo adeguarsi alle asperità del profilo superficiale del terreno anche alle velocità più elevate senza compromettere l'uniformità dell'altezza di taglio.

Diverse soluzioni tecnologiche, anche molto evolute, sono presenti attualmente sul mercato con proposte che vanno dal miglioramento della geometria del sistema di sospensione della barra di taglio, fino allo sviluppo di veri e propri sistemi di sospensione caratterizzati da diverse soluzioni meccaniche (sistemi a molle, ad aria, oleopneumatici, ecc.), ma tutti caratterizzati da modalità di adattamento passive alle asperità del suolo e, pertanto, dipendenti da alcuni fattori esterni tra i quali, in particolare, le corrette e frequenti regolazioni del sistema, l'entità delle asperità superficiali e la velocità di lavoro.

Uno dei campi più promettenti su cui indirizzare la ricerca di innovazione, grazie anche allo sviluppo di componenti elettronici affidabili ed economici, è quello di dotare i sistemi di sospensione di modalità di controllo semi-attive in grado di adeguare automaticamente la risposta delle barre di taglio alle variabili condizioni di lavoro riscontrabili durante lo sfalcio.

Obiettivo del presente progetto era di migliorare il comportamento di una tipologia di falciatrice molto diffusa nelle zone foraggiero-zootecniche italiane - quale la falcia-condizionatrice trainata - progettando e realizzando un dispositivo di controllo semi-attivo atto a gestire elettronicamente le oscillazioni della barra in funzione della velocità di avanzamento e delle asperità superficiali del suolo.

Realizzazione della macchina innovativa

Il sistema di controllo progettato da Comer Industries SpA di Reggiolo (RE) - denominato AJC (Active Jump Control) - è inteso per adattarsi ad una molteplicità di operatrici anche in condizioni di *after-market* essendo concepito come un dispositivo idoneo sia all'utilizzo su macchine evolute di nuova concezione, ma prive di un controllo elettronico della posizione della barra, sia come *retrofit* su macchine esistenti dove il sistema di controllo può contribuire a migliorare la stabilità di barre di taglio con prestazioni convenzionali.

Si è utilizzata una falcia-condizionatrice trainata a timone centrale, con larghezza di lavoro di 3,1 m e barra di taglio a 8 dischi controrotanti a coppie. La macchina era il modello Storm TC 320 DR prodotto da Feraboli, Cremona, dotata di un sistema innovato di articolazione della barra di taglio al telaio costituito da una coppia di quadrilateri articolati in cui uno dei bracci supporta una leva agente su una camma secondo lo schema riportato in Fig. 1.

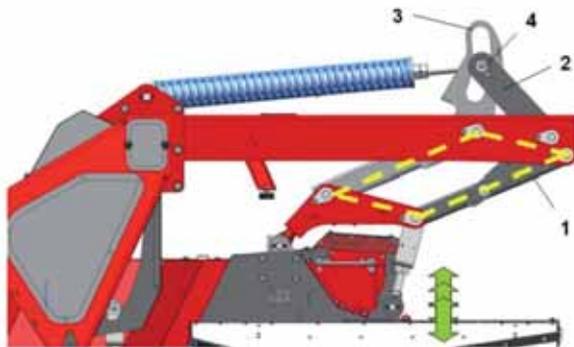


Fig. 1 - Sistema di sospensione della barra di taglio al telaio della FC trainata. In tratteggio giallo il quadrilatero articolato (1 e 2 = bracci del quadrilatero agenti sulla camma; 3 = camma; 4 = estremità mobile della molla)

All'oscillazione verticale della barra in funzione delle asperità del terreno (freccia verde in figura), anziché realizzarsi una compressione della molla con conseguente indurimento progressivo della stessa secondo la propria costante elastica e la regolazione del precarico, i bracci del quadrilatero (n. 1 e n. 2 in figura) determinano lo scivolamento dell'estremità anteriore della molla stessa (n. 4) all'interno della camma (n. 3); in tal modo l'effetto di progressione della molla è svincolato dalla posizione relativa della barra la quale subisce variazioni di carico contenute relativamente alla pressione esercitata al suolo.

Sulla base meccanica della falcia-condizionatrice strettamente di serie prescelta, Comer ha progettato e realizzato il sistema di controllo AJC costituito da una serie di elementi che, interagendo tra loro, permettono di introdurre un inedito processo di controllo semi-attivo della posizione della barra di taglio. La Fig. 2 illustra gli elementi sviluppati ed installati sulla falcia-condizionatrice realizzata senza apportare modifiche strutturali significative.

Le piastre di supporto (dettaglio n. 1 in figura) hanno il compito di alloggiare una coppia di ammortizzatori a controllo elettronico (dettaglio n. 2) e una molla antistacco (dettaglio n. 3) per ogni estremità della barra di taglio. Gli ammortizzatori sono dotati di un'elettrovalvola gestita dalla centralina elettronica che è in grado di modificarne il coefficiente di smorzamento. La molla antidistacco opera in controfase con gli ammortizzatori ed ha la funzione di impe-



Fig. 2 - Sistema mecatronico di controllo semi-attivo della posizione della barra applicato sulla FC
 (1 = piastre di supporto; 2 = ammortizzatori a controllo elettronico; 3 = molla antidistacco;
 4 = accelerometri (non visibili); 5 = centralina elettronica)

dire il distacco da terra della barra di taglio in corrispondenza della sommità di dossi percorsi a velocità elevata ed in sincronia con la bassa forza di smorzamento in discesa degli ammortizzatori. Gli accelerometri (dettaglio n. 4) servono per la misura in tempo reale delle accelerazioni verticali subite, indipendentemente, dal lato destro e dal lato sinistro della barra mentre striscia sul terreno per mezzo di slitte metalliche; tali accelerazioni sono dipendenti dalle caratteristiche dell'ostacolo e dalla velocità di avanzamento della falcia-condizionatrice. La centralina elettronica (dettaglio n. 5) riceve i segnali inviati dagli accelerometri posti ai lati della barra e ne calcola le velocità di spostamento verticali. Tali valori sono utilizzati per determinare il livello di smorzamento istantaneo degli ammortizzatori.

La logica implementata nel sistema AJC focalizza la problematica della perdita di contatto tra la barra di taglio e il suolo in determinate circostanze con conseguenze indesiderate legate alla ridotta uniformità di taglio, alla perdita di stabilità del complesso trattore/operatrice, al compattamento del suolo dovuto ai rimbalzi, ai possibili contatti tra suolo e lame con conseguente imbrattamento clostridico del foraggio. Per contrastare ciò il sistema mecatronico si basa sull'acquisizione delle accelerazioni delle estremità della barra e sull'immediata variazione dello smorzamento degli ammortizzatori imponendo l'erogazione di corrente d'eccitazione massima alle elettrovalvole degli ammortizzatori quando l'accelerazione è negativa e la velocità positiva (elevato smorzamento nella risalita dei dossi). Al contrario, impone una corrente d'eccitazione minima nei casi in cui occorra uno smorzamento minimo (ad esempio nella discesa degli avvallamenti o immediatamente dopo il superamento di un dosso). Questa logica è stata concepita al fine di scongiurare perdite di contatto con il suolo, ma, nel contempo, evitare un eccessivo compattamento.

Sperimentazione

Sono state effettuate tarature preliminari al banco dinamometrico sugli ammortizzatori del sistema di smorzamento presso i laboratori Andreani Group International, Pesaro (PU) volte ad individuarne le curve caratteristiche sia in fase di compressione che di trazione per diversi valori di corrente di eccitazione dell'elettrovalvola.

In seguito, la falcia-condizionatrice dotata del sistema AJC Comer è stata posizionata sul banco vibrante "four poster" del Laboratorio CRA-ING di Treviglio (BG) e strumentata per registrarne il comportamento durante la simulazione del transito su due profili di terreno riprodotti al banco. Per tali misure si è utilizzata una metodologia sviluppata dal CRA-ING stesso adattando agli scopi della sperimentazione. La riproduzione dei profili è stata gestita utilizzando i trasdut-

tori di spostamento di tipo induttivo (LVDT) collocati all'interno di ogni attuatore. Il primo profilo (A) è illustrato in Fig. 3, con una discesa graduale da +50 a -25 mm ed un dosso di 75 mm avente sviluppo orizzontale di 1,35 m. Il secondo profilo (B) è riprodotto in Fig. 4 secondo un'ondulazione del suolo avente picchi interdistanti 7,1 m e variazioni verticali da +20 a -20 mm.

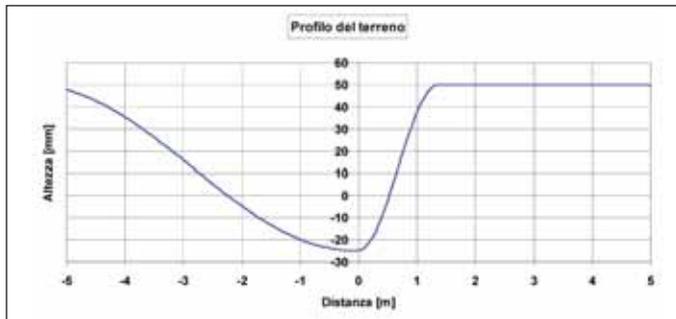


Fig. 3 - Profilo A riprodotto al banco vibrante

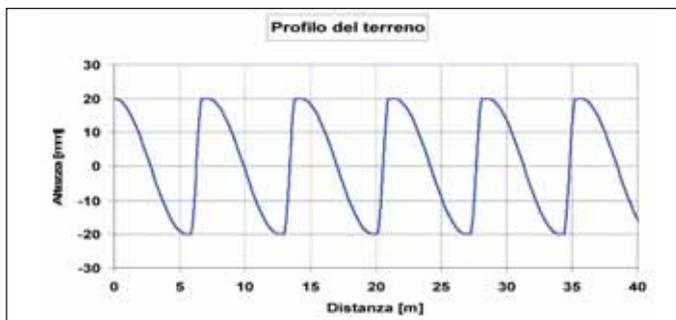


Fig. 4 - Profilo B riprodotto al banco vibrante

Si sono simulate velocità di avanzamento crescenti con *step* di 3 km/h (15, 18 e 21 km/h per il profilo di tipo A e 12, 15 e 18 km/h per il profilo di tipo B). La falcia-condizionatrice è stata posizionata sugli attuatori in modo da realizzare quattro punti di contatto al suolo (uno per ogni attuatore) definiti dalle ruote del telaio portante e dalle slitte poste alle due estremità della barra (Fig. 5).



Fig. 5 - Banco vibrante a quattro attuatori configurato per la riproduzione di profili di terreno con falcia-condizionatrici trainate

Gli spostamenti della barra sono stati registrati con sensori laser puntati sul carter di protezione mentre per le accelerazioni si sono utilizzati coppie di accelerometri monoassiali posti alle estremità della barra di taglio. I trasferimenti di massa associati con i profili riprodotti sono stati registrati con celle di carico estensimetriche poste sotto le slitte laterali.

Le tarature di base della falcia-condizionatrice sono state effettuate agendo sul precarico delle molle secondo due configurazioni (barra “leggera” e barra “pesante”). Le prove sono state ripetute con e senza sistema attivo di controllo.

Risultati ottenuti

Con il profilo del terreno di tipo A la barra falciante doveva seguire un repentino dosso riportandosi alla quota di partenza in 1,35 m e proseguendo per un tratto pianeggiante; il sistema di gestione della posizione della barra doveva governare le variazioni di massa e accelerazione che avvengono nel periodo ed il dinamismo della barra indotto dalla velocità di avanzamento (in particolare i possibili distacchi dal suolo, i rimbalzi, le oscillazioni trasversali al termine della risalita del dosso).

Le Figg. 6a e 6b riportano il comportamento della barra senza (CNV) e con (INN) il sistema semiattivo di controllo alla velocità simulata di 15 km/h e con la regolazione del precarico delle molle in modalità “pesante”.

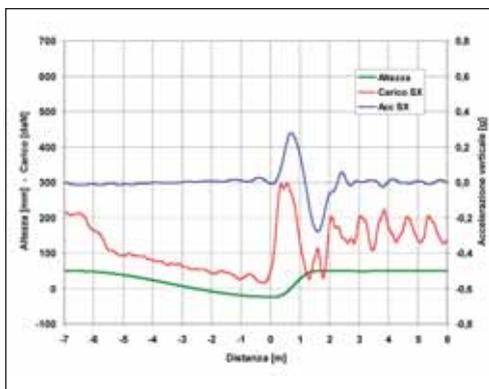


Fig. 6a - FC CNV a 15 km/h su profilo A

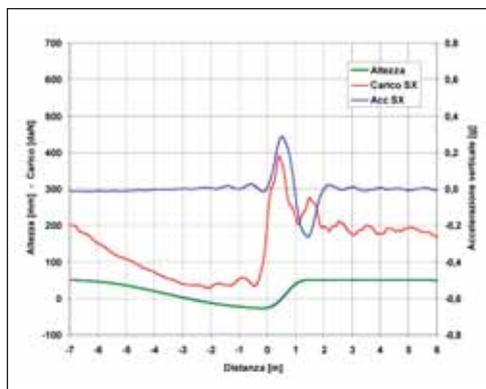


Fig. 6b - FC INN a 15 km/h su profilo A

Come si nota i valori di accelerazione sono gli stessi, tuttavia la barra CNV subisce un sensibile alleggerimento al termine della risalita del dosso dovuto all’inerzia della stessa e raggiungendo un valore minimo di carico pari a 27 daN; tuttavia il contatto con il suolo viene sempre mantenuto a dimostrazione del fatto che la velocità di 15 km/h è compatibile con le caratteristiche della falcia-condizionatrice e del tipo di ostacolo da affrontare anche se un leggero effetto rimbalzo sembra essersi innescato lungo il tratto pianeggiante dell’esperimento. La barra INN, invece, fa registrare carichi al suolo leggermente più elevati durante la risalita del dosso dovuti probabilmente all’effetto introdotto dagli ammortizzatori in fase di compressione, ma soprattutto si nota l’effetto stabilizzatore degli stessi che riportano rapidamente il carico al suolo ai valori di inizio prova smorzando anche il rimbalzo nel tratto pianeggiante.

In definitiva, quando la velocità di avanzamento non rappresenta un limite, entrambe le configurazioni offrono risultati soddisfacenti, tuttavia il sistema di controllo semi-attivo interviene ugualmente contribuendo a stabilizzare ed equilibrare la barra.

Le Figg. 7a e 7b rappresentano il medesimo profilo visto in precedenza, ma affrontato con uno step di velocità superiore (18 km/h) e con la barra in configurazione “leggera”.

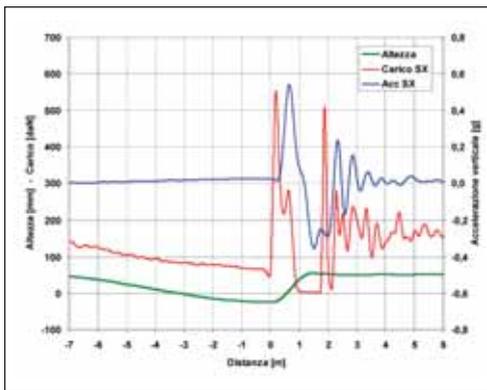


Fig. 7a - FC CNV a 18 km/h su profilo A

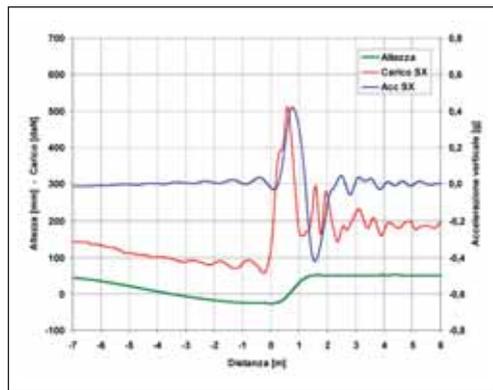


Fig. 7b - FC INN a 18 km/h su profilo A

Come si nota, la barra CNV con la regolazione del precarico in modalità “leggera”, raggiunge valori massimi di carico al suolo pari a 560 daN e, al termine del superamento del dosso, perde il contatto con il terreno, ricadendovi dopo quasi un metro di percorrenza in aria e provocando un brusco innalzamento del carico al suolo e l’innescio di fenomeni di rimbalzo in fase di stabilizzazione per almeno altri 5 m di percorrenza. La barra INN non perde mai il contatto con il suolo, anzi manifesta valori massimi di carico leggermente più contenuti rispetto alla barra CNV e si presenta stabilizzata entro 4 metri dall’inizio del dosso.

La velocità di 18 km/h pertanto, mentre rappresenta il limite per la barra CNV, per la INN costituisce una possibilità affrontabile. Si è pertanto deciso di eseguire, solo per la barra INN, un ulteriore step di velocità arrivando a simulare i 21 km/h. Anche in questo caso a seguito dell’intervento del sistema di controllo della posizione e della molla antidistacco, la barra pur subendo un notevole alleggerimento dinamico, mantiene il contatto con il suolo e si stabilizza, lungo il tratto pianeggiante, anche in questo caso in circa 4 m.

Analoghe considerazioni sono scaturite anche nelle prove sul profilo di tipo B in condizioni in cui le sollecitazioni verticali si manifestavano con frequenza costante e con caratteristiche di maggior gravosità di lavoro.

Conclusioni

Uno dei problemi maggiormente studiati, ma che presenta ancora ampi margini di miglioramento è rappresentato dalla possibilità di controllare la posizione della barra falciante per seguire il profilo del terreno, mantenere il contatto con il suolo ed evitarne il compattamento pur ad elevate velocità di avanzamento (>15 km/h). Molte soluzioni meccaniche o idrauliche hanno affrontato la questione con ottimi risultati, ma poche hanno considerato la possibilità di introdurre inediti sistemi di controllo elettronico di tipo semi-attivo.

Il sistema Active Jump Control sviluppato da Comer costituisce un’interessante innovazione in quanto consente di introdurre un elemento di stabilizzazione della barra di taglio in condizioni di lavoro ordinarie, fornendo una risposta immediata in termini di controllo della posizione in caso di condizioni critiche. La logica di controllo sviluppata e le possibilità di adattamento, fanno del sistema AJC un dispositivo idoneo anche per l’*after-market* sia per falcia-condizionatrici evolute, ma prive di sistemi elettronici, sia per macchine convenzionali. Le prove svolte in condizioni ripetibili di laboratorio dimostrano la validità del progetto che si ritiene possa contribuire ad innalzare le velocità di sfalcio senza compromettere la stabilità del complesso trattore-falciatrice, aggravare il compattamento del suolo e mantenendo un costante contatto con il suolo.

Possibili ulteriori sviluppi

Nell’ottica di un crescente ricorso alle imprese agromeccaniche anche per il taglio dei

foraggi e considerando le crescenti dimensioni aziendali, l'impiego di barre falcianti ad elevate velocità sarà una delle richieste principali del mercato. La possibilità di adottare sistemi di controllo attivi anche su macchine già sul mercato potrebbe favorire la diffusione di tali sistemi contribuendo ad elevare significativamente le prestazioni quali-quantitative dell'operazione di falcia-condizionamento.

2.1.4. FORIGO - ROTER ITALIA: Macchina per effettuare più interventi in un solo passaggio in ambienti ristretti

Ditta Forigo - Roter Italia S.R.L. - Via San Giuseppe - 37056 Salizzole (VR).

Referente scientifico: Dott. Giuliano Colorio, Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura, Unità di Ricerca per l'Ingegneria Agraria (Monterotondo- Roma); Prof. Luigi Sartori e Dr. Lorenzo Benvenuti Dipartimento TESAF dell'Università degli Studi di Padova.

1. Introduzione

L'agricoltura specializzata e, in particolare, l'orticoltura rappresentano l'unica alternativa produttiva praticabile in quei contesti dove è ridotta la disponibilità di superficie coltivabile a causa dell'orografia o della polverizzazione fondiaria.

L'agricoltura specializzata richiede però l'impiego di tecnologie meccaniche efficienti per poter ottenere un prodotto adeguato agli standard qualitativi imposti dal mercato e per poter garantire un reddito soddisfacente all'agricoltore. Nel campo dei trattamenti, a questi fondamentali aspetti, si aggiunge quello della sostenibilità ambientale che impone una limitazione all'impiego di agrochimici ottenibile mediante una riduzione del numero di trattamenti ed una riduzione delle dosi.

La prima condizione si può perseguire migliorando l'ambiente di coltivazione, ad esempio realizzando porche che favoriscono l'instaurarsi di un gradiente di umidità ottimale. La seconda favorendo l'incontro fra il prodotto chimico e il bersaglio che nel caso di trattamenti rivolti al suolo è rappresentata da una specifica fascia di terreno che può ovviamente modificarsi a seconda del prodotto e dello scopo.

Il progetto ha condotto alla realizzazione di una macchina che ottemperasse a queste esigenze ed idonea ad operare anche in ambiti operativi caratterizzati da spazi di manovra molto angusti (terrazzamenti in collina, serre in legno, ...) perché è stata caratterizzata da ingombri ridotti e da un fabbisogno di potenza e da una massa tali da poter essere applicata a trattori di ridotta potenza. La macchina distribuisce prodotti sul o nel terreno ed esegue contemporaneamente la lavorazione del terreno (con interrimento di sassi e residui vegetali) e la preparazione del letto di semina e di trapianto (tabella 1).

In particolare il progetto ha portato allo sviluppo di due versioni della macchina, una in grado di distribuire durante la lavorazione prodotti solidi ed un'altra prodotti liquidi, sulle quali possono essere montati i medesimi accessori.

2. Realizzazione della macchina distributrice

2.1 La versione per prodotti solidi

Questa versione si prefigge lo scopo di ottimizzare l'impiego del *Dazomet*, o di composti simili per granulometria, azione e modalità di distribuzione, che consentono di combattere i problemi legati alla stanchezza del terreno. La gestione del prodotto solido è più semplice rispetto all'impiego di liquidi ad azione fumigante, e per questo motivo spesso privilegiata dalle piccole aziende agricole. La sua applicazione richiede un distributore in grado di migliorare l'efficacia del prodotto attraverso il suo rapido interrimento e una omogenea miscelazione nello

Tabella 1 - Versioni definitive della macchina

Versione	Modalità di svolgimento della distribuzione e tipo di operazione attuabile	Ambito di impiego privilegiato
per prodotti solidi	Distribuzione per incorporazione e miscelazione nel suolo di prodotti granulari ad azione sterilizzante con o senza copertura con film	Orticoltura di pieno campo e di serra - impianto di colture arboree o erbacee permanenti
per prodotti liquidi	Distribuzione per incorporazione e miscelazione nel suolo di concimi liquidi	Orticoltura di pieno campo e di serra
	Distribuzione di liquidi ad azione fumigante mediante miscelazione sull'intero strato lavorato con o senza copertura con film plastico	Orticoltura di pieno campo e di serra - impianto di colture arboree o erbacee permanenti
	Distribuzione per miscelazione, o superficiale o sottosuperficiale di diserbanti in presemina	Orticoltura di pieno campo

strato attivo, e mediante azioni di contenimento per limitare la diffusione del gas, liberato da questo prodotto, nell'ambiente. Le azioni di contenimento possono essere limitate all'uso di un rullo liscio azionato da motore idraulico che comprime lo strato più superficiale o la stesura di un film plastico.

La versione "per prodotti solidi" consente però la distribuzione di qualsiasi prodotto solido, in forma granulare o micro-granulare o polverulenta, quali concimi, geodisinfestanti e prodotti biologici ad attività fertilizzante o curativa.

Va segnalato che il dispositivo per la distribuzione di prodotti solidi granulari rappresenta la parte più innovativa del progetto in quanto sul mercato non sono presenti tecnologie con caratteristiche analoghe capaci di garantire adeguati standard di precisione e sicurezza per l'operatore. Il suo sviluppo ha richiesto, oltre alla progettazione ex novo dell'intero dispositivo, anche la realizzazione su misura di alcuni particolari. Lo sviluppo di questa macchina si è rilevato più complesso del previsto ed ha comportato la realizzazione di un primo prototipo, con distributore interamente meccanico, di un secondo prototipo dotato di trasporto pneumatico, prima di giungere alla realizzazione del prototipo finale, anch'esso dotato di trasporto pneumatico del prodotto, ma caratterizzato da accorgimenti tali da assicurare una completa tenuta ermetica.

2.2 La versione per prodotti liquidi

La versione "per prodotti liquidi" consente la distribuzione di concimi liquidi, di prodotti liquidi biologici, di prodotti liquidi ad azione fumigante per la sterilizzazione del terreno, o di altri prodotti ad azione curativa. L'irroratrice è munita di tre barre di distribuzione:

- barra anteriore al rotore dell'interratrice:
 - in questo caso si ottiene una omogenea miscelazione del prodotto in tutto lo strato lavorato ed è una soluzione che può risultare utile ed idonea alla distribuzione di tutti i prodotti gestibili da questa attrezzatura;
- barra posteriore al rotore, prima della griglia:
 - in questo caso il prodotto viene inserito in profondità ed è una soluzione congrua all'impiego di liquidi fumiganti in quanto riduce notevolmente le emissioni in atmosfera dei gas;
- barre posteriori:
 - per la distribuzione in superficie, se collocata dopo il rullo, o per la distribuzione sottosuperficiale se collocata prima del rullo secondo le modalità sviluppate con il progett-

to Enama 2006. Tali soluzioni sono finalizzate al diserbo con principi attivi ad azione antigerminativa o per la concimazione liquida (es. azotati).

Il dispositivo di gestione dell'irroratrice consente di ripartire secondo i bisogni la dose su due barre contemporaneamente.

Lo sviluppo di questa macchina ha richiesto un adeguamento delle diverse componenti, già ampiamente collaudate dalla Roteritalia, finalizzato al rispetto delle prerogative del progetto. Inoltre il prototipo definitivo è stato concepito in modo che vi possa essere piena compatibilità fra le due versioni.

2.3 *Gli accessori*

Gli accessori consentono di adottare tecniche di coltivazione che sono tipiche dell'agricoltura intensiva, quali la sagomatura del suolo e la copertura con film.

In particolare la macchina, in entrambe le versioni, è in grado di formare un terreno piano, omogeneo e soffice (rullo a rete folle), di formare un terreno piano, omogeneo e compresso (rullo liscio azionato da un motore idraulico con riduttore epicicloidale), di formare porche di coltivazione (introducendo negli opportuni alloggiamenti i vomeri e sul rullo azionato da motore idraulico gli organi sagomatori), di formare aiuole di coltivazione (introducendo due vomeri a disco laterali e anteriori e all'estremità del rullo azionato da motore idraulico un organo sagomatore), di proteggere il suolo con film (dispositivo composto da un porta-film e organi per lo scavo e la rinalzatura) con l'intento di pacciamare il suolo (film scuri plastici o in materbi), di trattenere il fumigante (film plastici tipo VIF), di realizzare la solarizzazione del terreno (film plastici trasparenti) o di combinare la distribuzione di un fumigante con la solarizzazione (film plastici trasparenti).

Il dispositivo per la stesura del film di pacciamatura ha richiesto la progettazione ex novo di tutte le componenti, la realizzazione di più prototipi preliminari e lo sviluppo di test per valutarne la funzionalità. In particolare questo dispositivo è stato progettato in modo da risultare applicabile alla macchina nelle due versioni. È stato composto da un telaio di supporto, un rullo folle porta film dotato di organo frenante, da due ruote che stendono il film sul suolo e da due vomeri rinalzatori.

La scelta delle ruote come organi atti alla stesura in sostituzione di un eventuale rullo permette di impiegare questo accessorio anche su terreno costituito da porche molto rilevate (come ad esempio quelle della fragola), oltre che su terreno piano.

Fra un passaggio dello stendifilm e il successivo la larghezza minima di terra non protetta dal film è stata ridotta a soli 30 cm.

2.4 *Prove sperimentali*

Condotte dal Dip.Te.S.A.F. dell'Università di Padova, sono state mirate a definire le modalità più efficaci per la distribuzione di concimi liquidi su prodotti da taglio di quarta gamma. Le prove sono state realizzate nell'azienda Casa Verde dei f.lli Boscolo a Porto Tolle (RO). L'azienda è specializzata nella produzione di insalate a foglia (*baby leaf*).

La prova, condotta in campo aperto, ha previsto l'uso di 3 dosi (D) di concime (30, 60 e 90 kg/ha) localizzate a 4 profondità (P) diverse (in superficie a 0 cm, nello strato superficiale da 0 a 5 cm circa, nello strato profondo da 10-12 a 18 cm circa, nell'intero strato lavorato da 0 a 18 cm) per un totale di 12 tesi disposte su 12 parcelle. Il primo ciclo è iniziato il 22.07.2008 con la lavorazione/concimazione del terreno seguita dalla semina; i rilievi finali sono stati condotti l'11.08.2008, la raccolta è stata effettuata il 13.08.2008. Il secondo ciclo è iniziato il 21.08.2008 e si è svolto sui medesimi appezzamenti, i rilievi finali sono stati eseguiti il 10.09.2008 la raccolta è avvenuta dopo 4 giorni.

Durante la prova la velocità di avanzamento del Mix Tiller è stata di 2 km/h, la profondità di lavoro di 18 cm.

Le differenze indotte dalla dose sulla produzione areica e sull'altezza non sono risultate

significative all'analisi statistica, mentre quelle relative alla produzione di radici sono risultate significative per $P = 0,05$ (tabella 2).

L'effetto indotto dalle modalità di distribuzione è invece risultato significativo per $P = 0,05$ nel confronto fra la distribuzione nell'intero strato lavorato e quella limitata allo strato profondo. Le altre due modalità di distribuzione (in superficie e nello strato superficiale) si sono poste ad un livello intermedio.

Da questi primi risultati appare chiaro che un interrimento superficiale di un concime quale il fosforo non presenta vantaggi rispetto ad una distribuzione sulla superficie. Ciò però potrebbe risultare conveniente quando si opera la distribuzione di concimi azotati che, come è noto, possono essere soggetti a volatilità.

La distribuzione con miscelazione in tutto lo strato lavorato ha invece conferito un vantaggio produttivo. Infatti la maggior produzione è stata ottenuta in entrambi i cicli produttivi sulla parcella trattata con la dose massima e operando una distribuzione per miscelazione in tutto lo strato lavorato (figura 4). Questa modalità di distribuzione è inoltre risultata mediamente la migliore, con differenze più marcate nel primo ciclo.

Tabella 2 - Analisi delle medie dei minimi quadrati con intervalli di confidenza al 95,0% e significatività espressa per $P = 0,05$ (a, b, c) e $P = 0,01$ (A, B, C)

Livello	Peso unitario radici g			Altezza cm			Produzione edule kg/m ²					
	Media	Limite inferiore	Limite superiore	Media	Limite inferiore	Limite superiore	Media	Limite inferiore	Limite superiore			
Media complessiva												
-	0,084			10,29			2,57					
Ciclo produttivo												
ciclo 1	0,104	0,099	0,109	aA	10,61	10,02	11,20	aA	3,31	3,05	3,56	aA
ciclo 2	0,065	0,060	0,070	bB	9,97	9,39	10,56	aA	1,83	1,58	2,08	bB
Posizione concime												
intero strato	0,073	0,066	0,080	aA	9,67	8,84	10,50	aA	2,88	2,53	3,24	bA
strato prof.	0,074	0,067	0,081	aA	9,56	8,73	10,39	aA	2,27	1,91	2,62	aA
in sup.	0,098	0,091	0,105	bB	10,61	9,78	11,44	abAB	2,54	2,18	2,90	abA
strato sup.	0,092	0,085	0,099	bB	11,33	10,50	12,16	bB	2,59	2,23	2,94	abA
Dose concime												
dose 30	0,077	0,071	0,083	aA	10,21	9,49	10,93	aA	2,43	2,12	2,74	aA
dose 60	0,088	0,082	0,094	bA	10,58	9,86	11,30	aA	2,66	2,35	2,97	aA
dose 90	0,089	0,083	0,095	bA	10,08	9,36	10,80	aA	2,62	2,31	2,93	aA

Il primo ciclo (condotto in luglio - agosto) è risultato migliore per la produzione sia delle radici che della parte area rispetto al secondo ciclo (condotto in agosto - settembre). La differenza fra i cicli è risultata significativa anche per $P = 0,01$.

Inoltre le differenze fra le diverse parcelle sono risultate maggiori nel primo ciclo, mentre nel secondo è emerso un certo appiattimento fra le diverse tesi. È possibile che la riduzione dell'insolazione e della temperatura non abbia permesso alla coltura di estrinsecare tutte le sue potenzialità produttive e di conseguenza di sfruttare le migliori condizioni agronomiche e nutrizionali indotte sia dalla dose maggiore e sia dalla modalità di distribuzione sull'intero strato lavorato, come è avvenuto nel primo ciclo.

Il primo ciclo ha infatti registrato una produzione massima superiore a 5 kg/m².

In sintesi i risultati ottenuti indicano con sufficiente chiarezza come la migliore modalità di distribuzione sia risultata quella che miscela il concime liquido nell'intero strato lavorato.

3. Conclusioni

La macchina realizzata risponde al progetto e fornisce aspetti innovativi di rilievo.

In particolare fornisce l'opportunità di operare con una tecnologia d'avanguardia anche in ambiti operativi marginali dove, grazie al suo impiego, diventa possibile adottare tecniche agronomiche evolute quali la coltivazione su porche e la pacciamatura.

Inoltre, proprio in ambienti difficili quali i terrazzamenti tradizionali, che fanno parte del patrimonio storico culturale della nostra nazione oltre che del patrimonio produttivo, spesso legato a produzioni tipiche condotte in ambiti sociali delicati, la macchina può costituire un supporto tecnologico al proseguimento dell'attività agricola.

La sua polifunzionalità e la sua polivalenza, nonché la possibilità di adeguare la macchina alle specifiche esigenze produttive, ne consente l'impiego nello svolgimento di operazioni di lavorazione del terreno, preparazione del letto di semina o trapianto, modificazione del profilo di coltivazione, distribuzione di prodotti liquidi o solidi contestuale alla lavorazione e con diverse modalità di interrimento, copertura del suolo con film biodegradabili o plastici.

Le modalità di gestione dei prodotti liquidi e di quelli solidi permette di operare in piena sicurezza e di ottimizzare l'impiego delle sostanze distribuite con benefici economici per il produttore ed ambientali per la società. A tale riguardo le prove condotte sulla distribuzione di concimi liquidi, anche se non esaustive, hanno permesso di evidenziare come una distribuzione con miscelazione fornisce vantaggi produttivi significativi.

La versione per prodotti solidi, innovativa nel metodo di distribuzione, presenta l'innegabile pregio di poter effettuare la gestione del *Dazomet* un prodotto micro-granulare utile nel controllo delle infestanti e dei principali patogeni (funghi, nematodi, insetti) nel rispetto delle regole di protezione e sicurezza sia per l'operatore che per l'ambiente (*Dazomet* è stato autorizzato ai sensi dell'Allegato I della direttiva 91/414/CEE a partire dal 01/06/2011 e per la durata di 10 anni).

La Roteritalia è attualmente impegnata nel trasferire le innovazioni sviluppate con questo progetto anche su macchine di maggiori dimensioni e nel progettare e implementare sistemi meccatronici che consentano di operare secondo le prescrizioni dell'orticoltura di precisione.

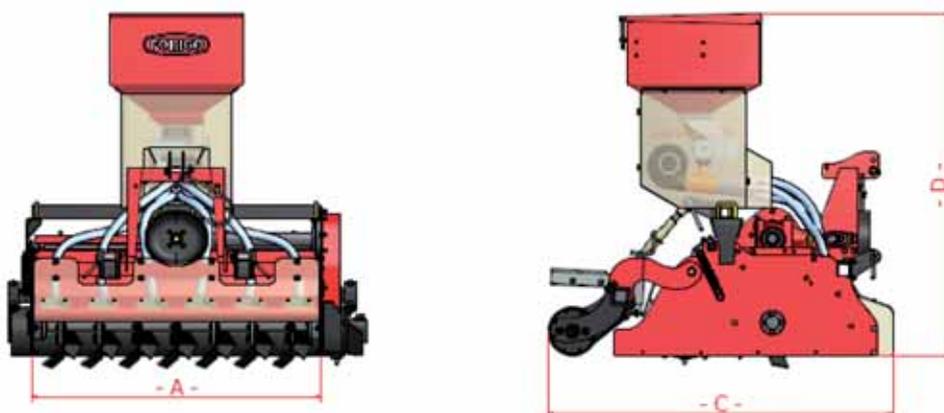


Fig. 1 - Mix Tiller Dry nella versione da 1,30 m di larghezza di lavoro
(A = 1300 mm; B = 1600 mm; C = 1550 mm; D = 1500 mm)



Fig. 2 - Mix Tiller Dry nella versione da 1,30 m di larghezza di lavoro



Fig. 3 - Stendi film per la copertura del suolo

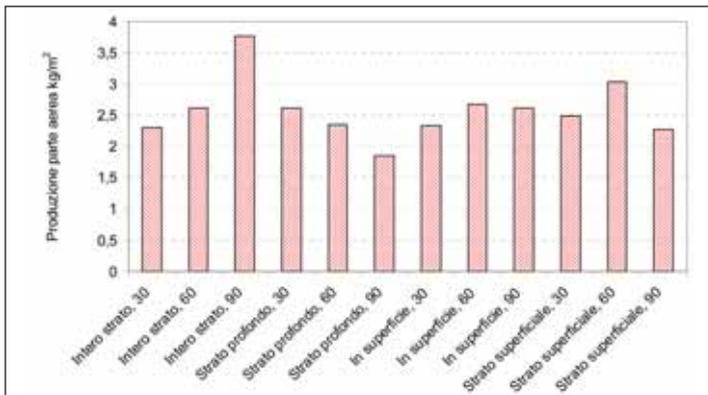


Fig. 4 - La produzione di foglie di insalatina (baby leaf) è stata influenzata sia dalle dosi di concime fosforico impiegato (30, 60, 90 kg/ha) e sia dalla modalità di distribuzione (media di due cicli produttivi)



Fig. 5 - Mix Tiller Dry in lavoro



Fig. 6 - Mix Tiller nella versione liquido durante le prove di concimazione

2.1.5. O.N.G.: Pezzatrice in tronchetti di piante da biomassa

Ditta O.N.G. S.n.c. - Via Aldo Valdrè, 194 - 48014 Castel Bolognese (RA).

Referente scientifico: Dott. Giuliano Colorio Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura, Unità di Ricerca per l'Ingegneria Agraria (Monterotondo- Roma).

Stato dell'arte

Il legno fresco tagliato in “pezzotti” rappresenta una valida alternativa al materiale legnoso ridotto in cippato che, soprattutto nei climi caldo umidi, subisce indesiderate fermentazioni che causano notevoli riduzioni del potere calorico.

La macchina realizzata dalle officine O.N.G. è stata progettata per ridurre in pezzotti le

piante da SRF e MRF. Questo apparato di taglio della legna può essere ritenuto tecnicamente ed economicamente preferibile alle attrezzature per la produzione di cippato e pellets anche perchè richiede un minore dispendio energetico.

Necessità di innovazione

La “pezzatrice” si propone come valida alternativa alle attuali macchine che sminuzzano i fusti usando lame che tagliano il legno con azione percussoria perpendicolare alla fibra. Tale sistema, utilizzato in quasi tutte le cippatrici, oltre ad avere una maggiore richiesta energetica, crea fastidiosi rumori e vibrazioni. La “pezzatrice”, utilizza un nuovo sistema di taglio dei fusti più efficace ed economico nel quale la lama affilata incide il legno scorrendo e penetrando nelle fibre in modo obliquo e progressivo.

Ideazione e principi ispiratori del prototipo

L'elemento di base del progetto è il sistema di taglio. L'innovazione consiste in una coclea a bordo periferico tagliante (coltello elicoidale), che ruotando preme i fusti contro una lama fissa. La coclea ruota entro un cilindro cavo orizzontale che è finestrato lateralmente, cieco da un lato e aperto all'estremità opposta. Il coltello elicoidale spinge in direzione assiale i fusti che vengono introdotti dalla finestra laterale fra le spire della coclea, in senso ortogonale al suo asse. La lama taglia i fusti in modo progressivo, inclinato e scorrevole pressandoli addosso alla controlama fissa. Lo schema tecnico ed il modellino del sistema sono riportati nella figura 1.

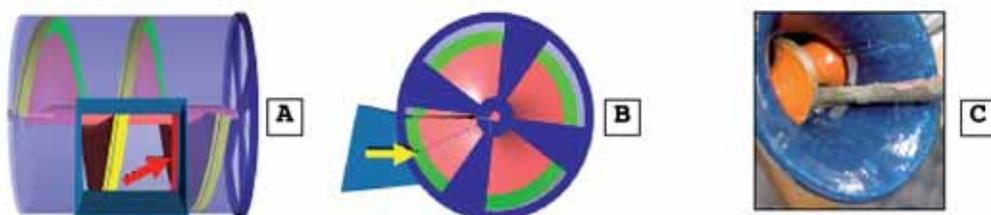


Fig. 1 - Schema della “pezzatrice”: A) vista frontale; nella tramoggia la controlama (freccia rossa); B) vista laterale; tramoggia di alimentazione (freccia gialla), uscita dei tronchetti (freccia bordeaux) tagliante della coclea (verde); C) modellino della pezzatrice in funzione

Realizzazione della macchina innovativa

La macchina è stata costruita sulla base del citato originale sistema di taglio. Partendo da questo elemento si sono studiati i sistemi tecnici necessari per la costruzione dell'intera macchina mossa dalla presa di potenza del trattore ed alimentata manualmente.

Per costruire l'apparato di taglio è stato necessario acquisire vari pezzi speciali:

- la coclea in lamiera stampata, costituita da 2 spire singole, Ø esterno 700 mm, Ø interno 220 mm, passo 300 mm e spessore 30 mm;
- struttura portante per il contenimento della coclea formata da un cilindro in lamiera calandrata e saldata dello spessore di 30 mm e Ø 800 mm;
- asse della coclea realizzato con un tubo d'acciaio Ø 220 mm, di grosso spessore;
- coltello di forma elicoidale in acciaio C 40 temprato e arrotato, avente sezione di un triangolo rettangolo con base di 40 e altezza di 70 mm;
- controlama formata da una piastra in acciaio C 40 rettangolare, avente un lato incavato con raggio uguale alla circonferenza della coclea tagliante, che la sfiora;
- flangia di chiusura del cilindro e cuscinetti a sfera che reggono l'asse della coclea.

Sul bordo della coclea è stato saldato il coltello elicoidale con il tagliante rivolto nel senso dell'avanzamento.

Il coltello è stato temprato e tornito esternamente per sfiorare con precisione la parte concava della controlama. La coclea è stata saldata sull'asse centrale. Il sistema di taglio è stato

introdotta nel cilindro che funge anche da telaio portante (Fig. 2). L'asse è stato montato su due cuscinetti a sfera, uno di spinta a monte del tagliente, nella parte cieca del cilindro e uno volvente al lato opposto, sulla bocca di uscita dei tronchetti (Fig. 2A). Le misure della coclea sono state studiate per tagliare fusti del diametro fino a 20 cm. La controlama è stata fissata sul bordo di una finestra per l'ingresso dei tronchi, aperta nel cilindro a lato del congegno di taglio. Essa è fissata sul lato della finestra che riceve la spinta dei tronchi da tagliare, in posizione ortogonale all'asse della coclea, con la concavità che sfiora la lama elicoidale rotante (Fig. 2B).

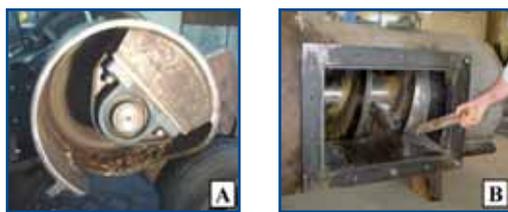


Fig. 2 - Sistema di taglio: A) uscita frontale dei pezzetti; B) coclea tagliente e controlama, dall'ingresso dei tronchi



Fig. 3 - Pezzatrice dal lato del riduttore e dei dispositivi di rotazione dei rulli d'ingresso



Fig. 4 - Tramoggia di ingresso dei tronchi dotata di due rulli rotanti per l'ingresso dei fusti

Il cilindro portante contiene anche un volano per uniformare la potenza e la velocità di rotazione degli organi di taglio. Il numero di giri della coclea è ridotto ad 1/5 della pdp da un riduttore angolare a 90° collegato al cardano del trattore (Fig. 3).

Il taglio avviene per la combinazione di due forze concordi: la forte pressione assiale della coclea tagliente ed il prolungato scorrimento del coltello elicoidale che recidono le fibre del legno bloccato dalla controlama.

La finestra per l'alimentazione laterale è munita di una tramoggia (imbuto rettangolare), per facilitare l'ingresso orientato dei tronchi (Fig. 4). Nella tramoggia è stato realizzato

il sistema di spinta del materiale da introdurre nella pezzatrice perpendicolarmente agli organi di taglio. Il sistema è stato realizzato con due grandi rulli Ø 400 mm controrotanti, ad uguale velocità, dotati di nervature con bordi a spigolo vivo per spingere a forza i tronchi entro le spire della coclea (Fig. 5). I rulli dentati sono mantenuti reciprocamente aderenti con un sistema elastico che ne permette l'apertura per afferrare i fusti. Il rullo inferiore ruota in posizione fissa e quello superiore si solleva aprendo la "bocca" della pezzatrice. La lunghezza dei pezzotti varia modificando il rapporto fra velocità di introduzione dei fusti e velocità di rotazione della coclea di taglio. Il numero di giri della coclea è connesso al numero di giri della presa di potenza del trattore, mentre la velocità di rotazione dei rulli di alimentazione può essere

variata in continuo con un motore oleodinamico. La lunghezza dei pezzotti (in teoria per tronchi di diametro nullo), può variare da 7 a 35 cm.

La macchina è stata concepita per effettuare solo il taglio dei tronchi per cui deve essere alimentata esternamente, con sistemi manuali o meccanici quali pinze su bracci mobili. Questo dispositivo può in ogni momento essere integrato con qualsiasi sistema adattabile per l'alimentazione dei tronchi e la rimozione del pezzato prodotto.

Tutti i meccanismi citati sono assemblati per costituire una struttura trainata da un trattore, con il sistema operativo perpendicolare alla sua linea di marcia. Per questo nella parte posteriore del corpo della macchina sono state montate due ruote che ne permettono lo spostamento

in azienda. Il mezzo è stato dotato di un lungo timone di traino incernierato sul corpo macchina per variare l'angolo di aggancio al trattore. In fase di trasferimento la macchina segue la linea d'avanzamento della motrice, mentre in fase di lavoro vi si dispone lateralmente, liberando la bocca d'ingresso dei fusti (Fig. 6).

L'energia per imprimere la rotazione ai sistemi operativi è derivata dalla presa di forza di un trattore della potenza non inferiore a 65 kW (Figg. 6 e 8). La velocità di rotazione del cardano (540 o 1.000 giri/min), deve essere ridotto ad 1/5 circa, per ottenere un regime di 200 giri/min, il massimo ammesso dall'attuale equilibratura delle masse volventi.

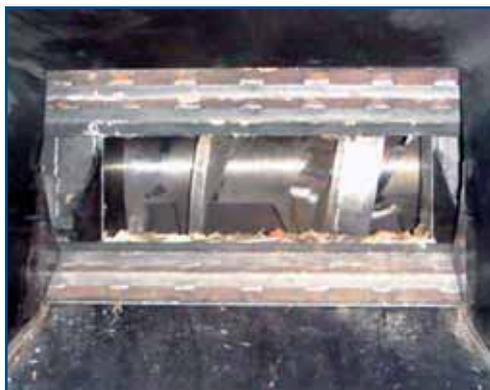


Fig. 5 - Rulli controrotanti divaricati per la spinta dei tronchi entro il sistema di taglio



Fig. 6 - Vista generale del cantiere di lavoro del prototipo di macchina tronchettatrice collegata al trattore per utilizzarne la p.d.p.

La costruzione della macchina è avvenuta gradualmente. Al completamento di ogni organo operativo se ne è valutata l'efficienza. I risultati dei test di laboratorio sono stati utili per programmare le fasi successive al fine di giungere a completare l'assemblaggio della macchina definitiva (Fig 6).

La sperimentazione è iniziata con la macchina completa solo dal punto meccanico. Le prove sono state molto importanti sia per calcolare l'efficienza della macchina, sia per mettere a punto i meccanismi di tutta l'attrezzatura.

Solo in un secondo tempo si è completato il mezzo dal punto vista estetico e della sicurezza, come appare nella figura 7 che mostra la macchina all'AgriExpò di Roma.



Fig. 7 - Vista frontale della macchina esposta all'AgriExpò di Roma; si nota il timone, la pdp, l'ingresso dei tronchi, l'uscita dei pezzetti, ecc.

In futuro il sistema potrà essere montato in una macchina a cantieri riuniti per la raccolta di colture a rapida e media rotazione (SRF- MRF).

Prove sperimentali della pezzatrice delle piante da biomassa

I test di valutazione delle capacità operative del mezzo sono stati suddivisi in diversi momenti: prova funzionale del sistema di taglio (in laboratorio); prove di taglio di tronchi interi, non ramificati (piazzale); prove di taglio di piante intere (in campo).

- In laboratorio si è valutato l'effetto del sistema di taglio sulla legna, si sono inseriti nella pezzatrice travicelli, facendo ruotare la coclea con un piccolo motore elettrico.
- Sul piazzale dell'azienda sono stati tagliati tronchi di varie misure introdotti a mano.
- In campo prove di pezzatura dei tronchi e di piante intere con alimentazione manuale o con braccio dotato di pinza.



Fig. 8 - Cantiere di lavoro della pezzatrice di piante intere, alimentata da pinza meccanica

Il cantiere di lavoro usato per le prove di campo era composto dalla pezzatrice, da un trattore da 65 kW, da una pinza idraulica posta su braccio meccanico, montato sull'attacco a 3 punti di un secondo trattore. In alternativa si è adottata l'alimentazione manuale.

Le prove sono state condotte con diverse specie agroforestali, varie velocità di rotazione della coclea e varie velocità di ingresso del materiale da pezzare. Sul prodotto si sono rilevate le dimensioni e la forma dei pezzetti oltre alle caratteristiche dei tagli (Tab. 1 e 2 - Fig. 9 e 10).

Primi risultati sperimentali ottenuti

Le prime prove di laboratorio hanno fornito importanti dati sulla funzionalità del sistema di taglio. Il coltello elicoidale taglia facilmente travicelli del \varnothing di 6 cm circa, a 1000 rpm, con la sola forza d'inerzia nel volano. I rulli dentati afferrano saldamente e trascinano con facilità i tronchi nella bocca di alimentazione del sistema di taglio. La velocità di lavoro varia da 70 tagli/min con p.d.p. a 540 rpm e motore a 2/3 del regime massimo, a 200 tagli/min con p.d.p. da 1.000 rpm, al regime massimo. La macchina è in grado di tagliare tronchi di varie specie agroforestali: pioppo, salice, robinia, gelso, olmo ecc.. Il \varnothing massimo del taglio è di 23 cm, corrispondente alla massima altezza dell'apertura della bocca di ingresso nella macchina.

I principali risultati delle prove dalla macchina sono riportati nelle tabelle 1 e 2.

Tabella 1 - I risultati prove di taglio della pezzatrice con alimentazione veloce

<i>Parametri</i>	<i>p.d.p. 540 rpm</i>	<i>p.d.p. 1.000 rpm</i>
<i>N° teorico di taglio min⁻¹</i>	<i>115</i>	<i>210</i>
<i>Velocità media ingresso tronchi m s⁻¹</i>	<i>0,30</i>	<i>0,50</i>
<i>Lunghezza media pezzetto m</i>	<i>0,137</i>	<i>0,123</i>
<i>Diametro medio pezzetti m</i>	<i>0,142</i>	<i>0,116</i>
<i>Tempi totali di lavoro</i>	<i>48 min 7s</i>	<i>46 min 51s</i>
<i>Materiale prodotto (pezzetti) t</i>	<i>2,25</i>	<i>3,32</i>
<i>Tempi morti stimati %</i>	<i>35</i>	<i>30</i>
<i>Prod. potenziale della macchina t/h</i>	<i>4,35</i>	<i>6,22</i>

Nelle prove i tronchi immessi nella macchina hanno un \varnothing variabile da 23 a 6 cm. La lunghezza dei pezzotti prodotti varia da 4 a 19 cm. Le velocità di ingresso dei fusti nella coclea sono risultate inferiori a quelle teoriche e inversamente proporzionali al \varnothing . Durante il taglio la lama trattiene il legno all'ingresso della coclea per cui i tronchi sono frenati in varia misura nell'avanzamento. Ad un maggiore \varnothing del fusto corrisponde un ingresso più lento, che significa una minore lunghezza del pezzetto (Fig. 10).

La produzione del mezzo è in funzione delle velocità di taglio (540 e 1.000 rpm) e d'ingresso dei fusti (0,15 e 0,50 m/s). La macchina produce quantità variabili da 3 a 6 t/h.

Tabella 2 - Risultati prove di taglio della pezzatrice con alimentazione lenta

<i>Parametri</i>	<i>p.d.p. 540 rpm</i>	<i>p.d.p. 1.000 rpm</i>
<i>N° teorico di taglio min⁻¹</i>	<i>115</i>	<i>210</i>
<i>Velocità media ingresso tronchi m s⁻¹</i>	<i>0,15</i>	<i>0,25</i>
<i>Lunghezza media pezzetto m</i>	<i>0,082</i>	<i>0,053</i>
<i>Diametro medio pezzetti m</i>	<i>0,151</i>	<i>0,127</i>
<i>Tempi totali di lavoro</i>	<i>37 min 21s</i>	<i>36 min 53s</i>
<i>Materiale prodotto (pezzetti) t</i>	<i>1,18</i>	<i>1,81</i>
<i>Tempi morti stimati %</i>	<i>28</i>	<i>32</i>
<i>Prod. potenziale della macchina t/h</i>	<i>2,64</i>	<i>4,34</i>

Le figure 9 e 10 mostrano particolari del taglio dei tronchi che si presentano di forma variabile in funzione di diversi parametri: specie legnosa, dimensioni dei fusti, consistenza della fibra, umidità del materiale e lunghezza dei pezzotti. In particolare le figure 10 A e B mostrano il taglio di tronchi molto duri sulla cui sezione si nota l'effetto dello scorrimento della lama elicoidale. Le figure 10 BII e BIII mostrano tronchetti spezzati longitudinalmente. In particolare ciò avviene in prevalenza in alcune specie, in certe dimensioni dei pezzi, nel legno più o meno secco, ecc.. La rottura lungo la fibra è dovuta alla compressione della coclea quando la lama, alta 70 mm, penetra completamente nel legno, soprattutto quando il pezzotto risulta corto, di grosso diametro e secco.

La figura 10 BIV mostra le dimensioni dei tronchetti in funzione della velocità di taglio e d'ingresso nella pezzatrice.

Conclusioni

La prima pezzatrice è stata completata nei termini previsti dal progetto ENAMA. L'innovazione del progetto è il sistema di taglio dei tronchi che consiste in una coclea a bordo tagliente (coltello elicoidale) che ruotando spinge i fusti contro una lama fissa.



Fig. 9 - Pezzetti prodotti della macchina a 540 giri pdp e 15 cm/min di avanzamento



Fig. 10 - Esiti prove di taglio: A) tipico taglio di un tronco; B) dimensioni e forme dei pezzetti: I taglio netto a "fetta di salame" di corniolo, II e III vista laterale e frontale di pezzetti molto corti spaccati lungo la fibra dalla pressione della coclea, IV varie misure dei pezzetti prodotti

La macchina è formata dal solo sistema di taglio dei tronchi. L'attrezzatura è utilizzata a punto fisso. Per il suo trasferimento aziendale è stata dotata di due ruote ed un timone che le permetta di essere rimorchiata da un trattore.

L'apparato di taglio va quindi alimentato con sistemi manuali o meccanici discontinui. Il mezzo potrà successivamente essere integrato con sistemi automatizzati d'alimentazione dei tronchi e rimozione del prodotto.

Il sistema offre diversi vantaggi: produce tronchetti di legno anziché cippato; richiede minor potenze rispetto alle tradizionali cippatrici; può variare in continuo la lunghezza dei pezzetti; non vibra; è molto stabile; può aumentare il numero dei tagli nell'unità di tempo incrementando il numero di giri della coclea. Ma soprattutto i pezzotti di legno sono una valida alternativa al cippato che, in particolare nei climi caldo umidi, subisce indesiderate fermentazioni che causano riduzioni del potere calorico fino al 30%.

La pezzatrice per l'aspetto progettuale e costruttivo è praticamente una macchina già vendibile. Per essere definitivamente prodotta in piccola serie e commercializzata la macchina necessita della realizzazione dei necessari presidi di sicurezza, già progettate secondo le normative del marchio CE.

Possibili ulteriori sviluppi

La Ditta O.N.G., in collaborazione con il CRA ING, in un prossimo futuro sarà in grado di progettare e realizzare una macchina che utilizzi tale sistema di taglio inserito su un'attrezzatura a cantieri riuniti per la raccolta di colture arboree a rapida e media rotazione (SRF- MRF), in alternativa alle attuali raccogli-cippatrici.

2.1.6. S & C International: Cantiere per la raccolta della biomassa erbacea

Ditta S & C INTERNATIONAL S.r.l. - Z. A. San Secondo - 06010 Città di Castello (PG).
Referente scientifico: Dott. Luigi Pari, Dott. Vincenzo Civitarese, Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura, Unità di Ricerca per l'Ingegneria Agraria (Monteotondo - Roma).

La macchina è costituita da un telaio portante, da sei elementi rotativi sfalcianti e dagli organi di trasmissione e regolazione. Il prototipo è portato in posizione latero-posteriore e si collega all'attacco a tre punti della trattoria tramite un braccio telescopico (foto 1).



Foto 1 - Macchina in posizione di lavoro

Il braccio, con sezione da 11 mm, è allungabile da un minimo di 1440 mm ad un massimo di 2600 mm. L'ingombro massimo della falciatrice in fase di lavoro è pari a 2116 mm di lunghezza, 384 mm di larghezza e 630 mm di altezza.

In fase di trasferimento su strada la barra viene ruotata di 90°, posizionandosi dietro la sagoma della trattrice (foto 2).



Foto 2 - Barra falciante ruotata di 90° per il trasporto su strada

Il moto rotativo dei 6 elementi sfalcianti (foto 3) è generato da sei motori idraulici in serie, collegati a due pompe da 15 litri. Tale sistema garantisce un minore assorbimento di potenza rispetto a sistemi più tradizionali.



Foto 3 - Veduta d'insieme dei 6 elementi sfalcianti

Ciascun elemento sfalciante si compone di un cilindro, del diametro di 178 mm, ruotante attorno al proprio asse verticale (figura 4).

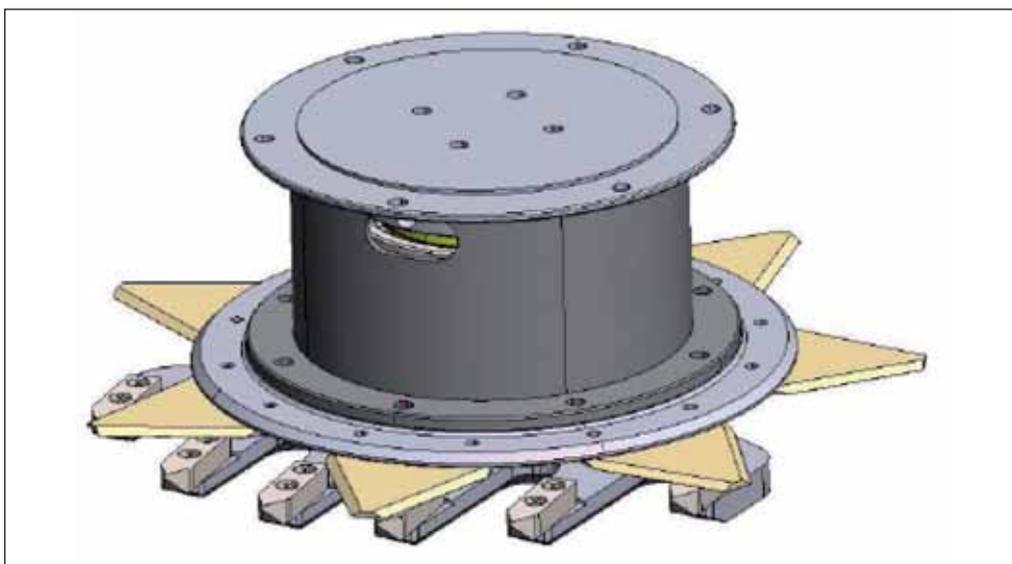


Fig. 4 - Particolare costruttivo dell'elemento sfalciante

Alla base di ogni cilindro sono inserite 7 lame triangolari della lunghezza, larghezza e spessore pari rispettivamente a 88 mm, 75 mm e 3 mm. Sotto le lame sono posizionati 6 denti dotati di moto oscillatorio orizzontale (con escursione di 20 mm). Essi svolgono la funzione di controcoltelli e mantengono i dispositivi di taglio liberi da accumuli anomali di materiale. Tramite un'apposita ghiera in ottone è anche possibile regolare la distanza verticale tra le lame e i controcoltelli.

I cilindri rotativi sono distanziati di 157 mm e sono controrotanti a coppie. Ciò consente di ottenere il rilascio del prodotto su 3 andane parallele ad ogni passaggio della macchina.

Gli steli delle piante, grazie all'elevata velocità di rotazione degli elementi sfalcianti, vengono investiti e recisi dalle singole lame con un taglio netto e senza sfiature. L'interasse tra i cilindri verticali e la presenza di controcoltelli oscillanti, distanziabili in senso verticale dalle lame, garantiscono l'esecuzione del lavoro con continuità e senza rischi di ingolfamenti. Quest'ultimo fattore, ovviamente, incide positivamente sui costi di esercizio dell'operatrice.

2.1.7. SCIACCO: Spandicompost autocaricante compatto con distributore a velocità variabile

Ditta Sciacco S.r.l. - Strada Forcone, 169 - 97019 Vittoria (RG).

Referente scientifico: Dott. Marcello Biocca - Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura, Unità di Ricerca per l'Ingegneria Agraria (Monterotondo- Roma); Dott. Giampaolo Schillaci, Dott. Silvio Balloni, Università di Catania

Introduzione: Stato dell'arte e criticità

Le macchine in uso atte ad operare in apprestamenti protetti e in viticoltura per la distribuzione del compost sono generalmente costituite da un carro rimorchio in genere monoasse. Sul fondo del pianale è alloggiato un nastro trasportatore senza fine a doppia o tripla catena munito di barre trasversali di collegamento. La velocità di avanzamento del nastro è variabile fra 0,2 e 1 m·min⁻¹ (raramente superiori). Il trasportatore spinge il contenuto del carro verso gli organi frantumatori-distributori posti sul lato posteriore della cassa. Si tratta di più rotor con "manine", con velocità di rotazione compresa fra 300 e 600 giri·min⁻¹. La velocità media del cantiere, in pieno campo, è compresa fra 5 e 8 km·h⁻¹. La potenza nominale della trattrice risulta compresa fra 20 e 50 kW. Oltre alla trattrice necessaria per il traino, nel cantiere è presente una pala caricatrice.

Le principali criticità di una tale attrezzatura sono facilmente individuabili negli ingombri notevoli, nella presenza nel cantiere di una pala caricatrice sottoutilizzata a causa dei tempi di attesa, nella complessità ed al disagio connessi agli interventi di ripristino del funzionamento che occorrono in campo causati dai frequenti blocchi del nastro trasportatore poggiato sul pianale. Da non sottovalutare anche i tempi di lavoro e la richiesta di energia (0,7 - 1,1 kWh/m³ di prodotto sparso).

Principi ispiratori del progetto

La macchina sviluppata nel progetto è uno *Spandicompost compatto autocaricante con distributore a velocità variabile*, in grado di proiettare posteriormente il compost per una determinata larghezza di lavoro (variabile in funzione di alcuni parametri operativi) ovvero in grado di indirizzarlo, grazie all'ausilio di appositi convogliatori. Risulta particolarmente interessante in quanto si propone di distribuire in apprestamenti protetti, ma anche in vigneti e frutteti, materiale organico di alta utilità agronomica e di crescente disponibilità (compost), superando gli svantaggi connessi alle macchine tradizionali, derivate da macchine spandiletame. Le particolari caratteristiche merceologiche del compost impongono una meccanizzazione dedicata, così come la struttura delle serre obbliga a forme compatte.

La soluzione è interessante in varie filiere produttive, ma soprattutto in coltivazioni orticole in serre con paleria interna e nei vigneti.

Si sottolinea che le coltivazioni in serra hanno conosciuto negli ultimi anni un rapido sviluppo, superando i 740'000 ha nel mondo dei quali 93% realizzato in serre con copertura in film plastico e il 7% con vetro e lastre rigide. Importanti aree di produzione sono la Cina con oltre

200.000 ha di colture protette e il Bacino del Mediterraneo con 140.000 ha complessivi, di cui oltre 70.000 ha in Italia.

Realizzazione della macchina innovativa

Realizzazione del prototipo

La prima fase del progetto è consistita nella completa revisione e in successive modifiche di un prototipo iniziale, sino a pervenire all'assetto attuale.



Fig. 1 - Accoppiamento Macchina Motrice - Macchina Operatrice (Spandicompost Sciacco s.r.l.)

La macchina dalla quale si sono prese le mosse era costituita da una cassa di circa 0,6 m³ di capacità. Il telaio in profili scatolati porta lamiere spesse 6 mm, che delimitano la cassa ai lati e anteriormente lato trattore, mentre il fondo è costituito da una serie di 7 tondini orizzontali distanziati regolarmente fra loro, ai quali è saldata una lamiera di spessore pari alle precedenti, in modo da coprire il fondo solo parzialmente.

I tondini, per favorire il prelievo del materiale da spandere, terminano a becco di clarino e sporgono 0,28 m dalla parete mobile nella sua posizione distale.

Il materiale fertilizzante viene spinto verso i due organi distributori da una parete mobile di acciaio (1,24 m x 0,65 m). Durante l'avanzamento la parete viene mantenuta in posizione mediante due alette e ciascuna aletta scorre alloggiata in una fessura ricavata nella parte bassa della parete laterale della cassa. Durante la distribuzione del materiale la parete si muove verso la parte posteriore della macchina, dove si trovano due rotori verticali muniti di 7 braccetti (profilati ad "L" lunghi circa 0,2 m) inseriti radialmente che lanciano il materiale posteriormente. Ciascun rotore è azionato da un motore idraulico (100 cm³) applicato in testa; ciascun supporto del rotore è costituito da 4 cuscinetti a sfere, paraolio, parapolvere e ingrassatore. Il serbatoio dell'olio idraulico è capiente 10 L, la pompa è in grado di erogare 19 cm³, il rapporto di trasmissione interno è 1:2,5, le sezioni delle condotte idrauliche sono da 1/4". La spinta alla parete mobile viene fornita da 2 pistoni a doppio effetto prossimi agli estremi laterali della cassa e paralleli alle pareti laterali della cassa stessa.

L'operazione di caricamento del materiale avviene procedendo in retromarcia e sollevando il telaio che porta i due rotori; il telaio è saldato all'estremità di due profilati fra loro paralleli e paralleli al senso di marcia. All'estremità opposta del telaio porta-rotori (verso la trattrice) i due profilati sono applicati a cerniere saldate sul lato superiore dello scatolare (ortogonale al senso di marcia) che fa parte del telaio della cassa. Il sollevamento del telaio porta-rotori è dovuto ad un pistone a doppio effetto, posto centralmente fra i due profilati (nonché rispetto alla parete mobile).

Per quanto attiene il funzionamento della macchina, la pompa calettata alla presa di potenza della trattrice aziona i due motori dei rotori-distributori; l'alzata della torretta porta-rotori (durante la fase di riempimento della cassa) e lo spostamento della parete mobile (durante la fase di distribuzione in campo) avvengono grazie a un distributore a doppio effetto.

Attività sperimentale e di verifica

Per verificare il corretto funzionamento della versione iniziale della macchina sono state effettuate numerose prove in officina per accertare l'assenza di deformazioni e di blocco del sistema di spinta, l'assenza di ingolfamento del sistema in relazione alle diverse portate del sistema di erogazione del prodotto (funzione della velocità di spinta della parete e di rotazione dei rotori). Una seconda fase di lavoro sperimentale si è concentrata sullo svolgimento delle prove di campo in ambiente protetto, riferite alla necessità di provare l'interazione tra i convogliatori progettati e il prodotto da distribuire. Sono stati notati alcuni inconvenienti di entità tale da suggerire le modifiche integrali che hanno costituito nel loro insieme la base ragionata del progetto di sviluppo.



Fig. 2 - Spandicompost Sciacco s.r.l. durante una prova di campo

Innanzitutto, è stata aumentata la capacità della cassa e i pezzi sono stati stampati per maggiore economia e robustezza. La cassa misura attualmente 1120 mm di larghezza e 1000 mm di lunghezza, con corsa massima della parete mobile di 800 mm e capacità complessiva di circa 1 m³. Per raggiungere tale capacità è stato necessario innalzare la parete mobile sino a 740 mm e

sono stati inseriti rinforzi verticali. Le lamiere laterali e di fondo sono spesse 4 mm, i tondini da 30 mm di diametro sono divenuti 5 perché i due estremi sono stati sostituiti da profili in acciaio (60 mm x 15 mm) triangolari che delimitano la cassa lateralmente.

La torretta porta-rotori è portata da due profili 50 mm x 50 mm x 5 mm con lunghezza 960 mm, la cassa è tenuta in sede grazie a due alette in lamiera 140 mm x 8 mm, dotate di un dispositivo di guida che impedisce indesiderate oscillazioni; le alette scorrono dentro fessure lunghe 800 mm. I due pistoni, che azionano la parete mobile, sono retti (\varnothing 30 mm stelo, \varnothing 50 mm fodero, corsa 500 mm, interasse fra gli steli pari a 450 mm), essendo stato abolito il meccanismo a compasso, e partono da una posizione più centrale rispetto ai precedenti. Infatti, i giochi dei perni divenivano rapidamente eccessivi con l'usura, determinando ritardi e inefficienze nel movimento.

Il dimensionamento del complesso motore orbitale/circuito idraulico è stato particolarmente approfondito, con diverse prove rivolte sia ad individuare gli aspetti dell'efficienza di distribuzione che della durata dei motori. Dopo una serie di prove, sono stati scelti motori di cilindrata pari a 100 cm³, autodrenanti, in grado di operare a 180 bar erogando la coppia richiesta per esigenze della macchina operatrice e dotati di una valvola supplementare "antiurto" flangiata sui motori orbitali, capace di contenere le conseguenze che sui motori hanno i momenti di contatto delle palette con il prodotto da distribuire, dopo eventuali rotazioni a vuoto dei distributori.



Fig. 3 - Spandicompost Sciacco s.r.l. - Prove di carico e distribuzione svolte con materiale organico

Per ottenere uno spostamento regolare della parete mobile durante il lavoro e per semplificare il circuito idraulico incrementandone l'efficienza, dopo alcune prove di laboratorio il circuito è stato integralmente riprogettato. Un collettore posto sulla macchina operatrice riceve il flusso oleodinamico, e un divisore di flusso lo ripartisce ai due pistoni che spingono la parete

mobile, in ragione della resistenza del materiale da spingere verso i rotori. Il sistema impedisce che una asimmetria della posizione della lama possa provocarne il bloccaggio.

Al fine di verificare il corretto funzionamento della versione attuale della macchina sono state effettuate numerose prove in officina per accertare l'assenza di deformazioni e di blocco del sistema di spinta, l'assenza di ingolfamento del sistema in relazione alle diverse portate del sistema di erogazione del prodotto (funzione della velocità di spinta della parete e di rotazione dei rotori).

Prove di campo hanno consentito di apprezzare l'uniformità della distribuzione del materiale. I risultati lusinghieri inducono a ritenere questa configurazione come definitiva. L'obiettivo delle prove svolte in campo ha riguardato anche la verifica della rispondenza di diverse tipologie di convogliatori posteriori a diverse finalità di distribuzione del composto (posteriore/laterale - sulla fila/a ventaglio). In tal senso, le configurazioni della macchina sono apparse particolarmente idonee allo scopo, soprattutto nello spandimento posteriore "a ventaglio" del composto organico.

In definitiva, l'impianto idraulico aziona il pannello evacuatore e ambedue i bracci che portano i rotori. I motori oleodinamici sono alimentati da una pompa associata alla presa di potenza della motrice; i cilindri oleodinamici per l'azionamento dei bracci di sollevamento dei rotori e del pannello evacuatore sono alimentati per mezzo della presa idraulica in dotazione al trattore. La pompa è di 26 cm³, rapporto di trasmissione 1:3,8. La capacità del serbatoio dell'olio è di 19 litri.

Risultati operativi

Nello svolgimento dei rilievi di campo, volti a verificare la distribuzione del composto, si sono annotati i tempi delle fasi fondamentali del lavoro. La trattrice utilizzata si caratterizza per una potenza pari a 65 kW (certamente esuberante rispetto alle necessità), il cantiere di lavoro si muove all'interno della serra operando secondo le direzioni maggiori dell'apprestamento avendo cura di non trascurare nessun interfilare.



Fig. 4 - Spandicompost Sciacco s.r.l. - Prime versioni della macchina

Il cantiere per caricare il prodotto impiega circa 25 s. Il tempo occorrente al cantiere per posizionarsi all'interno dell'apprestamento di protezione è rilevato durante le prove in circa 50 s (variabile in relazione all'avanzamento delle operazioni di distribuzione del prodotto), mentre il tempo occorrente alla macchina per la voltata è rilevato in media in 18 s. Il termine v_e che rappresenta la velocità media di avanzamento è stata rilevata avendo per riferimento la lunghezza del percorso ricoperto durante il tempo TE ($v_e = \text{Percorso}/\text{TE}$).



Fig. 5 - Spandicompost Sciacco s.r.l. - Configurazione attuale

Al termine della ricerca, della durata di 12 mesi, che ha compreso sia prove in officina che in campo e in diversi ambiti operativi, si è definita la configurazione della macchina *Spandicompost autocaricante compatto con distributore a velocità variabile*, soprattutto per ciò che concerne la circuiteria e il dimensionamento dei profili. Si sono quindi svolte delle valutazioni sulle sagome dei convogliatori del prodotto in uscita, sulla regolazione dell'apparato di distribuzione e sulla uniformità della distribuzione. L'obiettivo delle prove, in particolare, era di verificare la rispondenza di diverse tipologie di convogliatori posteriori a diverse finalità di distribuzione del composto (posteriore/laterale - sulla fila/a ventaglio). Le osservazioni svolte in campo, durante l'esecuzione di queste prove consentono di ritenere lo spandicompost contraddistinto da soluzioni tecniche tali da renderla coerente con le finalità operative e con l'ambito di lavoro previsto.

Conclusioni

Lo *Spandicompost* lavora in spazi ristretti; essendo compatto e portato da trattorie di dimensioni ridotte, è una macchina facilmente manovrabile all'interno di serre (ortaggi e fiori), ombrieri (ortaggi) o sotto tendone (vite e frutti). Nello *Spandicompost* può essere ottenuta una fine regolazione della quantità di prodotto erogato, agendo sulla velocità di avanzamento del cantiere, di spinta del pannello evacuatore, di rotazione delle eliche.

In definitiva, le caratteristiche tecniche dello *Spandicompost* hanno portato a soluzione molti dei problemi evidenziati in macchine similari, tanto da rivelarsi unico nel suo genere. Infatti grazie alla sua compattezza lo spandimento del composto può essere attuato con facilità,



Fig. 6 - Spandicompost Sciacco s.r.l. durante la prova di campo in serra con pali di sostegno

dosando il materiale con sufficiente precisione (per la fine regolazione delle velocità), risparmiando sui tempi e sui costi del cantiere di caricamento (in quanto autocaricante), coprendo la superficie del filare o della striscia dei pali (grazie alla distribuzione centrifuga) o localizzando il prodotto (grazie ai convogliatori), eliminando le cause di blocco dell'apparato distributore (per la semplicità del funzionamento), rendendo agevoli e rapide le eventuali riparazioni (non occorre raggiungere alcun nastro trasportatore sovrastato dal prodotto, come invece accade nelle macchine convenzionali), incrementando la sicurezza degli operatori e tutelando sia la loro salute che l'igiene degli ambienti.

2.1.8. SPAPPERI: Cantiere di meccanizzazione per la raccolta di SRF

Ditta Spapperi S.r.l. - Z. Art. San Secondo - 06010 Città di Castello (PG)

Referenti scientifici Dr. Luigi Pari, Dr Marco Fedrizzi, Dr. Vincenzo Civitarese, Dr. Angelo del Giudice, CRA - ING Consiglio per la Ricerca e Sperimentazione in Agricoltura - Unità di Ricerca per l'Ingegneria Agraria

A seguito dei contributi messi a disposizione degli agricoltori da parte di alcune Regioni del nord Italia per incentivare la conversione da terreni coltivati con colture alimentari eccedentarie a colture no food, si è assistito negli ultimi anni alla messa a dimora di una rilevante superficie (circa 5.000 ha) di alcune nuove varietà altamente produttive di pioppo, allevato come coltura forestale a rapida rotazione per la produzione di materia prima per l'industria energetica e/o dei pannelli truciolati. A questa veloce riconversione non ha fatto seguito un'altrettanto rapida risposta da parte delle aziende meccaniche del settore agricolo; difatti tale settore è caratterizzato dalla presenza di un gran numero di piccole se non piccolissime aziende che, in generale, se da una

parte sono caratterizzate da spiccata vivacità progettuale e capacità di conversione delle loro tipologie produttive, dall'altra hanno scarsa disponibilità di risorse da destinare alla ricerca e innovazione soprattutto nella incerta fase iniziale dello sviluppo delle nuove colture. Attualmente sul mercato l'unica raccogliitrice commerciale disponibile è una falciatrinciatarcaricatrice semovente per colture foraggere alla quale è stata applicata una testata di raccolta progettata specificamente per le colture forestali a rapida rotazione. Poiché le richieste attuali dell'industria sono orientate verso l'acquisizione di prodotto caratterizzato da bassa percentuale di corteccia, è preferibile raccogliere la coltura quando ha raggiunto diametri superiori ai 10 cm, poiché le piante più sviluppate presentano un rapporto corteccia/legno più basso. Altro aspetto da considerare è che il cantiere di raccolta incide notevolmente sulla resa economica della coltura rappresentando spesso il fattore determinante nella scelta imprenditoriale. Al fine di attivare lo sviluppo di macchine per la raccolta delle colture forestali a ciclo breve, l'Enama (Ente nazionale per la meccanizzazione agricola) ha promosso, nell'ambito del programma per l'innovazione tecnologica nel settore agromeccanico, la costruzione di una macchina operatrice idonea alla raccolta di colture forestali a ciclo breve con dimensioni superiori ai limiti operativi sopra riportati. Un prototipo è stato costruito dalla ditta Spapperi srl con la collaborazione scientifica del CRA-ING.

La macchina operatrice è di tipo semioportato, è collegata al sollevatore posteriore e riceve il moto dalla presa di potenza di un trattore dotato di guida reversibile (nel corso delle prove è stato utilizzato una trattore Renault 735 RZ Ares di 6788 cm³ e 150 kW di potenza); in fase di lavoro poggia su due ruote che ne supportano in parte il peso e svolgono anche funzione di regolazione dell'altezza di taglio. L'operatrice scarica il prodotto trinciato su un carro trainato dallo stesso trattore oppure da altro trattore che avanza parallelamente all'operatrice. La macchina è composta da un apparato di trinciatura a disco montante due coltelli radiali, al quale è abbinata una testata di raccolta munita di due lame circolari, un sistema abbattitore, una coppia di convogliatori e due rulli controrotanti per l'alimentazione dell'apparato trinciante (foto 1 e foto 2).



Foto 1 - Vista frontale della macchina in azione



Foto 2 - Particolare della macchina e delle lame di taglio

Sistema abbattitore. È costituito da una coclea rotante ad asse orizzontale della lunghezza di 1300 mm tale dispositivo svolge la funzione di spingere in avanti la pianta traslandone la parte apicale verso l'esterno della fila.

Apparato di taglio. È costituito da due lame circolari controrotanti da 650 mm di diametro con riporto in widia (lega costituita da carburo di tungsteno con aggiunta di cobalto o nichel, utilizzata per rinforzare gli spigoli di taglio degli utensili per la lavorazione di materiali duri) di 6 mm di spessore realizzate specificamente per operare fino a 2.500 giri/min. Le lame, azionate da una pompa idraulica con portata di 51,4 cm³/giro (80 l/min) hanno una velocità di rotazione pari a 2.200 giri/min.

Apparato di convogliamento. È costituito da due alberi, ad asse verticale, provvisti di martelli flottanti. Ciascun albero si compone di 4 serie sfalsate di doppi martelli, con velocità di rotazione pari a quella del disco di taglio.

Apparato di alimentazione. È costituito da due rulli alimentatori ad asse orizzontale, dentati e controrotanti. Il rullo superiore (diametro e lunghezza pari rispettivamente a 270 mm e 350 mm) è azionato da un motore idraulico da 400 cm³/giro, è sollevabile in relazione alla dimensione del prodotto in entrata per mezzo di un'apposita molla di resistenza regolabile. Il rullo inferiore (diametro e lunghezza pari rispettivamente a 168 mm e 350 mm), invece, è mosso da un motore idraulico da 250 cm³/giro e monta dei rilievi a lama contrapposta in modo da favorire lo svuotamento del canale di alimentazione in caso di ingolfamento attraverso l'inversione del senso di rotazione.

Apparato trinciante. Derivato da una operatrice forestale ed è costituito da un disco di 1,20 m di diametro ruotante attorno all'asse orizzontale, dotato di due coltelli radiali che effettuano il taglio del prodotto grazie all'azione di un controcoltello fisso.

Apparato di lancio del prodotto. La rotazione del disco dell'apparato trinciante, per la presenza di apposite pale, genera un flusso centrifugo di aria che permette il trasporto pneumatico del prodotto trinciato attraverso un tubo di lancio con estremità orientabile manualmente.

Questo permette lo scarico del prodotto direttamente su un carro trainato dal trattore collegato alla raccogliitrice per poter aprire i corridoi di entrata nel campo all'inizio della raccolta o, in alternativa, sul carro trainato da altro trattore a fianco dell'operatrice.

Circuito idraulico. E' costituito da 2 pompe idrauliche montate a valle di un moltiplicatore con rapporto 1:2 collegato sull'asse di rotazione dell'apparato trinciante. La prima è collegata a due motori idraulici che azionano le lame circolari tramite alberi inseriti dentro i rulli alimentatori verticali; la seconda è collegata a due motori idraulici che azionano, tramite una catena, i rulli alimentatori verticali. Il circuito idraulico è completato da un serbatoio dell'olio da 160 L, un radiatore munito di ventola di raffreddamento, un pressostato montato sulla mandata del circuito dei dischi per segnalare possibili blocchi degli stessi e un regolatore di flusso.

Prove di raccolta

Il cantiere per la movimentazione del prodotto raccolto era costituito da un trattore John Deere 5615 F da 65 kW di potenza, trainante un piccolo rimorchio con cassone ribaltabile da 12 m³, e un trattore New Holland TS 110 da 79 kW di potenza, trainante un carro SilverCar SCR 146 da 24 m³ (foto 3).



Foto 3 - Prove di raccolta su pioppo

L'organizzazione del lavoro così impostata consentiva la continuità del lavoro della falciatrice-caricatrice che operava senza sosta, mentre i carri si alternavano nelle operazioni di carico in campo e scarico nel piazzale dell'azienda ospitante.

Le prove di raccolta si sono svolte nel marzo 2008 presso l'Azienda Alasia Franco Vivai sita nel comune di Savigliano in provincia di Cuneo.

L'impianto (foto 4), realizzato nel marzo 2006 con talee di diversi ibridi "euroamericani", si presentava con due anni di radici e due anni di fusto (R2F2).

I rilievi in campo hanno evidenziato una distanza media tra le file e sulla fila pari, rispettivamente, a 2,81 m e 0,51 m, con un investimento di 7465 piante/ha. La percentuale di fallanze è risultata del 3,5%.

Il campo, di forma rettangolare e giacitura pianeggiante, si estendeva su una superficie lorda di 0,90 ha (superficie netta 0,71 ha) ed era composto da 14 filari della lunghezza media di 192,45 m.



Foto 4 - Pioppeto di due anni sul quale sono state effettuate le prove

Tempi di lavoro della falciatrinciacaricatrice e qualità del lavoro svolto

Nella *tabella 1* sono evidenziati i tempi rilevati nel corso del lavoro di raccolta dell'intero cantiere. Poiché le prove erano mirate a valutare le prestazioni del prototipo sono stati rilevati solamente i tempi standard durante la raccolta.

Tabella 1 - Tempi di lavoro, rendimento, capacità di lavoro e produzione della macchina

Tempo operativo TO	Tempo effettivo TE	%	77,52
	Tempo per voltate TAV	%	17,99
	Tempo per rifornim. o scarichi TAS	%	0
	Tempo per manutenzione TAC	%	4,50
	Tempo accessorio TA	%	22,48
Operatività della macchina	Rendimento operativo Ro	%	77,52
	Velocità effettiva ve	m/s	0,74
	Velocità operativa vo	m/s	0,58
	Capacità di lavoro effettiva	ha/h	0,70
	Capacità di lavoro operativa	ha/h	0,55
	Produzione oraria operativa	T/h	28,80

I tempi accessori sono costituiti da tempi per voltate in capezzagna (nella misura del 17,99%), riconducibili in parte anche all'attesa per il compimento della voltata da parte del trattore trainante il rimorchio, e tempi di manutenzione (nella misura di 4,50 %), dovuti ad ingolfamenti dell'apparato di alimentazione. Il rendimento operativo è risultato pari al 77,52% del tempo operativo.

La macchina, lavorando ad una velocità di 0,58 m/s (2,07 km/h), ha raggiunto capacità di lavoro operative dell'ordine di 0,55 ha/h.

Poiché la produzione raccolta è risultata di 49,69 t/ha, la produzione oraria operativa è stata pari a 28,80 t/h.

Le perdite totali sono risultate pari a 1,39 t/ha, delle quali 0,81 t/ha costituite da fusti secondari di piccole dimensioni tagliati e non raccolti, 0,47 t/ha rappresentate da rami spezzati e 0,11 t/ha da prodotto raccolto e cippato, perso durante lo scarico sul carro di raccolta. Le perdite complessive sono risultate essere il 2,81% del prodotto raccolto. La produzione raccogliabile quindi, comprensiva del prodotto perso, è di 50,97 t/ha (25,485 t/ha/anno) corrispondente a 21,62 t/ha di sostanza secca (10,81 t s.s./ha/anno).

L'analisi granulometrica del cippato indica che la maggior parte del prodotto (88,11%) è rappresentato nelle classi 6,3-12,5 mm, 12,5-25 mm e 25-50 mm, rispettivamente per il 16,92%, 54,76% e 16,43%, mentre le frazioni più piccole (<6,3 mm) sono risultate pari al 5,15%. Il quantitativo di materiale sovramisura è da considerarsi trascurabile, le impurità, invece, sono risultate corrispondenti al 5,54% (tabella 2, grafico 1).

Tabella 2 - Analisi granulometrica del cippato prodotto

Setaccio	Peso totale delle frazioni in g	Percentuale della frazione in %
Sovramisure	0,9	0,06%
Impurità	83,1	5,54%
50-100 mm	17,0	1,13%
25-50 mm	246,2	16,43%
12,5-25 mm	820,8	54,76%
6,3-12,5 mm	253,6	16,92%
3,15-6,3 mm	49,8	3,32%
<3,15 mm	27,4	1,83%

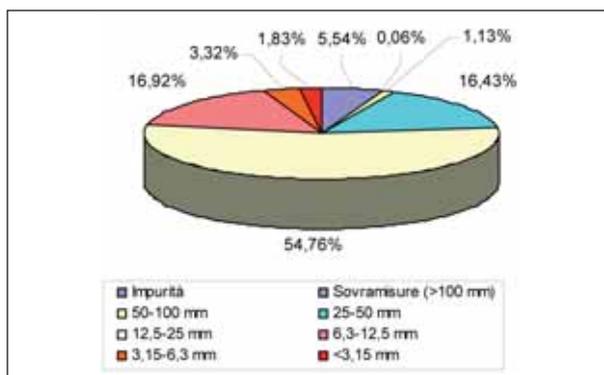


Grafico 1 Tabella 2 - Analisi granulometrica del cippato prodotto

L'umidità e la massa volumica media del cippato fresco sono risultati pari rispettivamente al 57,57% e a 274,60 kg/m³.

Per quanto riguarda la qualità del taglio, lo 0,79% e lo 0,53% delle ceppaie campionate ha riportato spacchi verticali rispettivamente di lieve ed elevata entità, mentre il 3,18% è stato lievemente sfrangiato; nel complesso il 95,50% non ha subito alcun danno. L'altezza media di taglio è risultata essere di 110,33 mm (dev. st. \pm 10,01 mm).

Infine, relativamente ai danni prodotti dal passaggio della trattrice portante la testata di raccolta, è stata riscontrata la presenza di solchi della profondità media di 35 mm. Va anche detto che nei giorni precedenti la prova le precipitazioni sono state piuttosto scarse.

Conclusioni

La macchina oggetto della prova è risultata in grado di raccogliere meccanicamente pioppo di 2 e 3 anni di età. Il prodotto ottenuto da queste colture poliennali presenta una più bassa percentuale di corteccia rispetto alla coltura di 1 anno andando incontro alle richieste dell'industria. Le prove hanno messo anche in luce una interessante capacità operativa e una buona produzione oraria, pari rispettivamente a 0,55 ha/h e 28,80 t/h.

Le scelte tecniche attuate dalla ditta risultano rispondenti alle attuali esigenze del mercato italiano, che necessita di una macchina semovente più leggera delle attuali falciatrici-caricatrici utilizzate nel nord Europa che sia versatile e polifunzionale, ovvero in grado di garantire un utilizzo continuativo per più mesi all'anno (non solo nel periodo di riposo vegetativo delle piante) e in differenti condizioni operative. Sarà infatti possibile raccogliere sia piante in piedi, ottenendo un prodotto da conferire direttamente all'industria di trasformazione (pannelli o per produzione di energia), sia su piante precedentemente abbattute.

2.1.9. VINDIGNI TRINGALI: Piattaforma semovente cingolata a propulsione elettrica per la raccolta in ambienti protetti

Ditta Vindigni Tringali V. S.a.S. - Via Scoglitti, 133 - 97019 Vittoria (RG).

Referenti scientifici: Dr. Elio Romano Consiglio per la Ricerca e Sperimentazione in Agricoltura - Unità di Ricerca per l'Ingegneria Agraria e Prof. Giampaolo Schillaci Università di Catania.

Introduzione

Le strutture di protezione delle colture sia nell'ambito floricolo che orticolo necessitano di operazioni colturali e di preparazioni e manutenzioni caratterizzate spesso da gesti ripetuti e da posizioni scorrette e dannose a carico degli operatori. Per incrementare la produttività individuale e per facilitare il lavoro degli operatori in serra senza incorrere nella produzione dei rumori e delle vibrazioni tipiche delle attrezzature azionate da motori termici è stata progettata e poi sviluppata una piattaforma cingolata semovente multifunzione ad azionamento elettrico. Le principali funzioni richieste alla macchina già dalla fase progettuale riguardavano la raccolta del prodotto e la logistica nel suo complesso.

Attualmente, per l'impiego in serra sono disponibili, per piccoli lavori, carrelli ad azionamento interamente manuale o, per azioni di maggiore impegno, con propulsore termico ed azionamento meccanico o idraulico. Nel secondo caso si causano inquinamenti dovuti a scarichi e rumori, rischi per inalazioni di gas di scarico, rumori e vibrazioni; ma anche difficoltà dovute alle dimensioni del veicolo necessariamente notevoli in lunghezza. Gli organi di locomozione, inoltre, sono ruote per i veicoli destinati ad operare in serra, o cingoli per i veicoli di impiego

generico, in ogni caso a comando meccanico e privi di ottimizzazione della velocità relativa durante il cambio di senso di marcia al termine del filare (ed anche nelle correzioni di direzione di maggiore entità).

Questa carenza rischia di determinare deleteri effetti sulla struttura del terreno e/o sulla copertura in plastica e sulle condotte (impianti irriguo, di condizionamento, etc), spesso superficiali.

Realizzazione della macchina innovativa

Il progetto ha preso origine da un'attrezzatura sviluppata precedentemente dalla stessa Ditta costituita da un pianale elevabile manualmente dagli operatori, con avanzamento a spinta su carrello dotato di ruote pneumatiche e guida attraverso un meccanismo di sterzo azionato manualmente dall'operatore.

L'azionamento manuale è stato sostituito dalla propulsione elettrica e successivamente è stata derivata la versione cingolata (fig. 1), quindi meno compattante per il suolo, dotata di un motore elettrico a corrente continua alimentato a 24 V, con guida manuale tramite dispositivo meccanico.



Fig. 1 - Cingolo in gomma

Il pianale di lavoro sul quale alloggiavano gli operatori viene innalzato grazie ad un meccanismo a pantografo (fig. 2) con sistemi di bloccaggio dotati di idonee sicure (fig. 3).



Fig. 2 - Meccanismo di sollevamento del pianale di lavoro



Fig. 3 - Sistema di bloccaggio del meccanismo a pantografo

Due ruote di appoggio (fig. 4) applicate anteriormente incrementano la stabilità e sostengono in caso di superamento di dislivelli.



Fig. 4 - Ruote di appoggio

Per poter transitare nelle ridotte corsie delle serre, gli ingombri, trasversali e longitudinali sono stati particolarmente contenuti, rispettivamente pari a 0,6 m e 0,9 m; per la stabilità del veicolo, un importante contributo è stato ottenuto dall'alloggiamento degli accumulatori su un pianale a ridotta distanza dal suolo, così come per il motore elettrico, la trasmissione, il dispositivo meccanico per la sterzata, abbassando in tal modo il baricentro del veicolo. Il carrello cingolato, con cingolo semirigido e rulli di appoggio, partecipa nell'incrementare la sicurezza e l'equilibrio del veicolo. Nella configurazione definitiva la carreggiata del veicolo misura 0,63 m; relativamente al cingolo, il passo è 0,80 m, la larghezza è 0,18 m, lo sviluppo esterno è di 2,41 m, la lunghezza dell'impronta è di 0,70 m, l'ingombro longitudinale 1,04 m; \varnothing ruota tendicingolo (attualmente quella posteriore, non motrice) 0,23 m. Il \varnothing dei 3 rulli di appoggio 0,15

m. L'interasse 1° rullo (posteriore, tendicingolo) - rullo di sostegno: 0,21 m (variabile in funzione della tensione del cingolo); interasse rulli centrali: 0,23 m; interasse ruotino anteriore dentato - rullo di sostegno più vicino: 0,11 m.

Per poter operare vantaggiosamente in altezza in colture diffuse come il pomodoro allevato in serra ed in base a precedenti esperienze condotte in azienda, il pianale può attestarsi all'incirca a 1,7 m (fig. 5) e per poter ospitare due operatori la superficie del pianale misura 1,15 m x 0,5 m, il tutto garantendo la stabilità della macchina in ogni circostanza.



Fig. 5 - Piattaforma nelle due altezze estreme

La macchina è dotata di due accumulatori costituiti da due batterie tubolari per trazione leggera, da 12 V, 200 Ah ciascuna, poggiate su griglia metallica e poste in serie al fine di erogare tensione a 24 V. La potenza del motore (a 4 spazzole) è di 665 W, 24V, 2400 giri·min⁻¹. Il riduttore fornisce il rapporto 1/7.5 e la trasmissione avviene da Ø 160 mm (uscita del riduttore) a Ø 120 mm (in dotazione del motore) disposte con interasse 240 mm, con una velocità finale di 426 giri min⁻¹, tramite una cinghia B 33. Il cambio è a 2 rapporti oltre retromarcia ed è comandato da una leva che può assumere 3 posizioni.

Un interruttore a pedali comanda l'avanzamento e il dispositivo di controllo del livello di carica degli accumulatori è costituito da un misuratore digitale integrato nella scatola comandi.

Procedendo dal basso, vi sono tre telai rettangolari posti uno in coincidenza dell'altro: il primo è incardinato sul carrello cingolato e porta nella porzione posteriore il ripiano forato sul quale si appoggiano i due accumulatori; il secondo telaio ha sui lati lunghi la guida per lo scorrimento dei perni del pantografo che sostiene il terzo telaio. Quando il pantografo è in posizione di massima apertura (massima altezza) i due perni (quelli anteriori) che scorrono dentro il profilato distano dai perni fissi 0.37 m. Il pantografo, ponendo il telaio di sostegno come quota zero di riferimento, si innalza di 1,03 m raggiungendo la quota di 2,03 m. Il terzo telaio reca il pianale mobile di alluminio zigrinato, con funzioni antisdrucchiolo e serve da supporto per i 4 montanti della ringhiera (fig. 6).



Fig. 6 - Il terzo telaio della piattaforma con la ringhiera

Per accedere al pianale è montata una scala a due elementi, costruita in profilato scatolato più robusto ed ergonomico. La sterzata è ottenuta ricorrendo ad un'asta verticale telescopica che misura 25 x 25 x 2 esterna, 20 x 20 x 2 mm, interna, h 2,60 m sulla quale scorre un manubrio con manopole in gomma che viene bloccato dal conducente all'altezza voluta mediante un volantino filettato. Una scatola con potenziometri e leve comanda l'avanzamento, l'arresto e l'inversione del senso di marcia.

Conclusioni

Fra gli operatori presenti nel sud est siciliano, area che senz'altro può considerarsi pilota in merito alle tecnologie che riguardano gli ambienti protetti, già si è registrata molta attenzione intorno a macchine ad azionamento manuale o elettrico idonee ad operare in serra, come da esperienze condotte dall'Azienda proponente. Tuttavia il bacino di interesse della Piattaforma Semovente Cingolata a Propulsione Elettrica è ben più ampio, essendo rappresentato dagli ambienti protetti e perciò da serre di ogni tipologia e da tunnel. Le funzioni svolte dalla Piattaforma Semovente Cingolata a Propulsione Elettrica (dalla cura delle colture all'impiantistica, dalla raccolta alla logistica nel suo complesso), unite all'assenza di gas di scarico, rendono il prodotto particolarmente interessante per i 138.000 ha coltivati in ambiente protetto nel

bacino del Mediterraneo (67.000 solo in Italia), ai quali vanno aggiunte le superfici di altri Paesi. Si deve altresì tener conto che le implementazioni del veicolo possono essere molteplici, in virtù della potenzialità proprie della piattaforma, che nel prosieguo potrà alloggiare attrezzature di vario genere. Infine, come già sottolineato, le prospettive connesse alla motorizzazione elettrica riguardano anche possibilità di teleguida e funzioni non necessariamente limitate agli ambienti circoscritti.

La Piattaforma Semovente Cingolata a Propulsione Elettrica, oggetto di sviluppo nel quadro del presente progetto, si inserisce in una nicchia di mercato non occupata da macchine simili. Si tratta di un veicolo costituito da una piattaforma mobile di dimensioni appropriate per gli ambienti ristretti nei quali è destinato ad essere adoperato. Mostra manovrabilità, robustezza, avendo una massa totale di 300 kg, e stabilità fornita dalla trazione cingolata, senza considerare che questa sua caratteristica ha il vantaggio di ridurre la compattazione del terreno.

Un aspetto saliente della “Piattaforma Semovente Cingolata a Propulsione Elettrica” è la versatilità di cui è dotata che la rende idonea a poter espletare molteplici applicazioni. I sopralluoghi condotti presso la Ditta costruttrice e le esperienze effettuate hanno reso possibile la comprensione delle modifiche svolte per lo sviluppo di un progetto che porti alla costruzione di un sistema automatizzato polifunzionale.

Particolare cura è rivolta alla riduzione degli inconvenienti legati all’impiego di motori a corrente continua; una disamina dei campi di impiego e delle conseguenze tecniche ed economiche non induce a ritenere opportuna l’installazione di un inverter, almeno per il momento. In parallelo a tali interventi si potrà procedere a valutare l’implementazione del sistema studiando come installare sul pianale macchine operatrici e come utilizzare il carrello per fini di traino. Decisiva in tal senso l’introduzione di un dispositivo per il controllo elettronico dell’avanzamento, che ha eliminato le problematiche connesse ai controlli elettromeccanici e alla rapida messa in fuori uso dei contattori.

Le esperienze che si sono potute verificare in campo hanno consentito di confermare l’efficienza e l’efficacia della macchina innovativa rispetto alla possibilità di agire in un contesto produttivo (figg. 7, 8, 9).



Fig. 7 - Sistemazione dei fili in serra con l'uso della piattaforma



Fig. 8 - Sistemazione dei fili in serra con l'uso della piattaforma



Fig. 9 - Operazioni di legatura del pomodoro coltivato in serra, svolto con l'ausilio della piattaforma

I vantaggi di una macchina quale quella proposta sono numerosi e risiedono innanzitutto nella assenza di emissioni di gas di scarico nell'ambiente circoscritto della serra, di rumori e vibrazioni. La piattaforma, oltre a facilitare la raccolta, nella configurazione attuale con conducente a terra può trasportare agevolmente sino a 28 contenitori delle dimensioni 0,50 x 0,30 x 0,12 m. La Piattaforma semovente elettrica può essere guidata con grande facilità, agevola grandemente lavorazioni molto onerose per tempi e posture come quelle relative alle cure delle chiome dei pomodori quando queste divengono sviluppate in altezza, rende più spedite e meno gravose le opera-

zioni connesse all'impiantistica nelle serre (sistemazioni di condotte, fili, sostegni aerei, etc). Si tratta, inoltre, di una macchina in grado di essere implementata nella direzione di un carrello elettrico polivalente e, perciò, utilizzabile per operazioni quali i trattamenti fitosanitari.

2.1.10. ZPZ: Sistema per il taglio e la posa in cumuli ordinati di colture forestali a rapida rotazione

Ditta Z.P.Z. S.n.c. - Via Jesi, 230 - 60027 Casenuove di Osimo (AN).

Referenti scientifici: Dr. Luigi Pari, Consiglio per la Ricerca e Sperimentazione in Agricoltura - Unità di Ricerca per l'Ingegneria Agraria (Monterotondo - Roma).

Introduzione

Il CRA-ING (ex ISMA) nel 1995 iniziò a portare a avanti un'intensa attività di ricerca e monitoraggio della raccolta meccanizzata delle SRF sviluppata nel Nord Europa, provvedendo in una fase successiva a testare negli ambienti pedoclimatici italiani diversi modelli di raccoglitrlici. Da quella esperienza emersero alcuni aspetti importanti relativi alla difficoltà di adattare del tutto tali tecnologie alle nostre condizioni operative. Macchine di elevato peso (10-15 t) creano, infatti, problemi rilevanti di compattazione e destrutturazione del terreno, soprattutto in condizioni di bagnato, problemi questi che non si verificano nel nord Europa in quanto le macchine operano in condizioni di terreno gelato. Inoltre, l'alta incidenza dei costi fissi impone una superficie dominata dalla singola macchina, di almeno 400 ha/anno. Ciò ha stimolato la ricerca di soluzioni alternative ai classici cantieri di raccolta e cippatura delle piante in un unico passaggio, sviluppando e brevettando un cantiere per la raccolta delle piante intere e il loro accatastamento ordinato a bordo campo, ed una successiva cippatura del prodotto al momento dell'utilizzo (Figura 1). Tale sistema risulta costituito da due macchine, una per il taglio e una per l'accumulo.

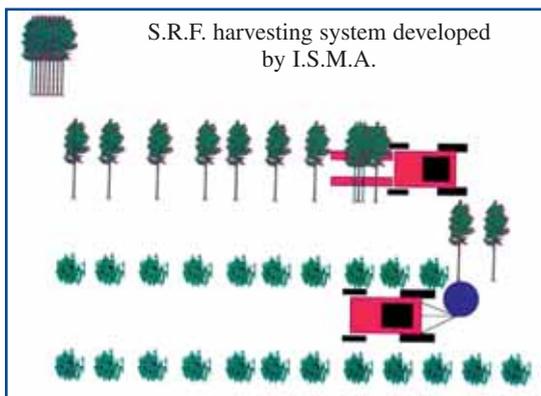


Fig. 1 - Schema del sistema abbattimento-accatastamento sviluppato e brevettato dal CRA-ING

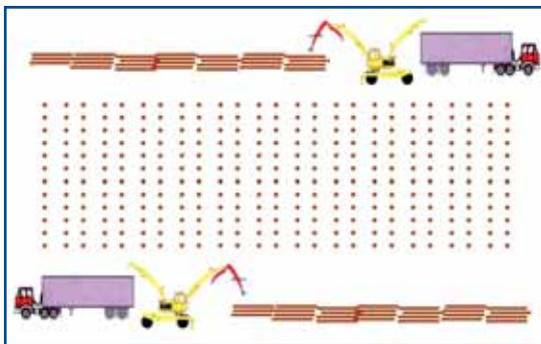


Fig. 2 - Schema della fase successiva di cippatura in campo

Realizzazione della macchina innovativa

A distanza di diversi anni la ditta ZPZ snc di Osimo (AN), a seguito del programma ENAMA di sperimentazione di macchine agricole innovative e utilizzando il brevetto CRA n. DP2002A008 del 22/11/2002, ha riproposto la realizzazione dei due prototipi di macchine per il taglio e lo stoccaggio delle piante a bordo campo.



Fig. 3 - Abbattitrice realizzata dalla ditta ZPZ. Sono visibili il dispositivo di taglio e il profilato in metallo per agevolare la caduta delle piante sul terreno perpendicolarmente alla direzione di avanzamento del trattore



Fig. 4 - Abbattitrice della ditta ZPZ snc in fase di lavoro



Fig. 5 - Macchina per la raccolta e l'accumulo delle piante abbattute a bordo campo della ditta ZPZ snc. È visibile il dispositivo idraulico per incrementare il carico della operatrice

Macchina per il taglio

La macchina per il taglio (Figura 3) è semiportata su slitte, collegata all'attacco a tre punti del trattore. Con una massa complessiva di 580 kg, risulta avere un ingombro massimo in fase di lavoro pari a 2600 mm di larghezza x 1600 mm di lunghezza e, in fase di trasferimento, pari a 1600 mm di larghezza x 2600 mm di lunghezza. Il principio di lavoro si basa su un organo di taglio a lama circolare in acciaio, del diametro di 600 mm e spessore di 4 mm, con denti di taglio rinforzati in widia riportati sul disco con saldo a brasatura. Il moto viene conferito dalla presa di potenza del trattore. Il disco, grazie ad un moltiplicatore di giri, esegue il taglio delle piante con una velocità di rotazione di 2200 giri/min ad una velocità periferica di 68,93 m/sec. L'organo di taglio è collegato al telaio della macchina in modo tale da poter essere ruotato di 90°, posizionandosi quindi dietro alla trattrice durante il trasporto su strada e, lateralmente ad essa durante la fase di raccolta, con la possibilità di regolarne l'escursione laterale in relazione alle caratteristiche dell'impianto. L'altezza di taglio è regolata da due slitte laterali che scaricano parte del peso della macchina sul terreno. Sulla trattrice è montato uno spingitore, costituito da una barra in metallo del diametro di 42 mm, a posizionamento regolabile (sia in altezza che lateralmente), che svolge la funzione di spostare lateralmente le piante prima che queste vengano tagliate (Figura 4). In questo modo si favorisce la loro caduta in posizione ortogonale alla direzione di avanzamento del mezzo. Un punto chiave è rappresentato dal fatto che tutte le piante vengono fatte cadere parallele l'una all'altra, al fine di favorire la successiva fase di raccolta e accatastamento a bordo campo.

Macchina per la raccolta e l'accatastamento delle piante abbattute

La macchina per l'accumulo (Figura 5), concepita e dimensionata secondo il primo prototipo realizzato dal CRA-ING, è una operatrice adibita alla raccolta delle piante abbattute e al loro posizionamento a bordo campo in cumuli ordinati, al fine di agevolare la successiva fase di cippatura dopo essiccazione, per mezzo di cippatrici mobili. Le piante vengono raccolte e accumulate sui puntali per tutta la



Fig. 6 - Accumulatrice della ditta ZPZ snc in fase di raccolta

lunghezza della fila e scaricate a bordo campo (Figura 6). La macchina è montata su un elevatore frontale portato da una trattore che, necessariamente, deve essere a 4 ruote motrici e con potenza di almeno 70 kW. Il prototipo è costituito da due puntali di 3,13 metri di lunghezza, paralleli e distanti 1,85 m l'uno dall'altro. All'apice dei puntali è montato uno scalpello che ha la funzione di far sì che tutte le piante siano raccolte. Allo scopo di far scivolare i puntali sul terreno, dietro allo scalpello è posizionata una slitta dello spessore di 20 cm e ad altezza regolabile. Nella parte prossimale i puntali si piegano verso l'alto fino a 1,4 m di altezza, in modo da favorire l'accumulo delle piante.

Nella parte interna i puntali sono equipaggiati con due bracci a movimento idraulico della lunghezza di 0,94 m, distanti 1,2 m dalla base della operatrice che svolgono la funzione di accumulare e trattenere le piante nel primo settore della operatrice, che risulta essere quello maggiormente recettivo. I puntali hanno una altezza da terra pari a 0,37 m per far sì che le piante abbattute, in fase di caricamento e avanzamento della trattore, non intacchino le ceppaie tagliate. Poiché il prototipo a sega circolare opera iniziando dalle file esterne dell'appezzamento, l'accumulatore frontale crea ai bordi del campo due andane opposte costituite da singoli cumuli di piante tutte disposte nella stessa direzione. In tabella 1 sono riportati i rendimenti e i tempi di lavoro ottenuti in fase di sperimentazione.

Tabella 1 - Tempi standard e operatività della abbattitrice e del caricatore frontale

<i>Tempi di lavoro</i>			
		Abbattitrice	Caricatore
Tempo effettivo (TE)	%	78,55	44,96
Tempo accessorio (TA)	%	21,45	55,04
- Tempo per voltate (TAV)	%	21,45	24,18
- Tempo per rifornimento o scarichi (TAS)	%	0	30,86
- Tempo per manutenzione (TAC)	%	0	0
Tempo di riposo (TR)	%	0	0
Tempo morto inevitabile (TMI)	%	0	0
Tempo standard	%	100	100
<i>Operatività delle macchine</i>			
Rendimento operativo R_o	%	78,55	44,96
Velocità effettiva v_e	m/s	0,80	1,58
Velocità operativa v_o	m/s	0,63	0,71
Capacità di lavoro effettiva	ha/h	0,62	1,22
Capacità di lavoro operativa	ha/h	0,49	0,55

Le andane si presentavano regolari e perpendicolari alla direzione di avanzamento della macchina (Figura 7). Non sono state registrate perdite di prodotto durante l'esecuzione delle



Fig. 7 - Posizionamento delle piante tagliate con abbattitrice della ZPZ snc

stiche degli impianti, a circa 140 piante e, con distanza delle piante sulla fila pari a 0,73 m, l'accumulatore è stato in grado di raccogliere le piante su una distanza massima di 100 m. Non si ritiene proponibile incrementare la capacità di carico della macchina, in quanto agendo sulla lunghezza dei puntali si sposterebbe eccessivamente il baricentro del sistema "caricatrice-trattrice", destabilizzandolo durante le operazioni di movimentazione del prodotto.

Conclusioni

Il sistema di raccolta del pioppo in SRF in due fasi distinte, ha dato prova di essere estremamente funzionale e adatto alle caratteristiche pedoclimatiche del nostro paese, consentendo di utilizzare, senza stravolgerlo, il parco macchine comunemente a disposizione nella maggior parte delle aziende presenti sul nostro territorio. Va comunque rilevato come risulti importante disporre di adeguati spazi a bordo campo per stoccare le piante abbattute: il sistema è difficilmente applicabile alle realtà con capezzagne del pioppeto inferiori ai 4-5 m.

Tuttavia, risulta evidente come i vantaggi di questa tecnologia, che ha incontrato l'interesse dell'industria anche a distanza di anni, rendano il sistema di raccolta brevettato dal CRA-ING estremamente interessante, rappresentando una valida alternativa a cantieri più tradizionali e consolidati. In particolare, tali vantaggi possono essere riassunti in:

- minore compattamento del terreno, soprattutto in condizioni di elevata umidità dello stesso, per il ridotto peso delle operatrici;
- impiego delle capezzagne di testa (che resterebbero altrimenti inutilizzate) per stoccare le piante intere a bordo campo;
- perdita dell'umidità del prodotto durante lo stoccaggio. Le piante intere, rispetto al cippato, risentono in misura minore dei processi biologici di degradazione, con riduzione delle perdite complessive di sostanza secca;
- cippatura del prodotto in funzione delle esigenze energetiche della centrale. Il cippato prodotto, essendo caratterizzato da un basso tenore di umidità, risulta qualitativamente migliore e più facilmente conservabile in cumuli presso i piazzali dedicati;
- la formazione di un'andana costituita da piante parallele e disposte con lo stesso orientamento basale-distale, permette la sovrapposizione delle quattro azioni della macchina cippatrice (movimentazione del prodotto, cippatura, autodislocamento e scarico - riducendo drasticamente il costo orario del lavoro. L'andana così creata permette infatti alla macchina di afferrare un fascio di piante con la pinza e, mentre queste vengono cippate, avanzare verso il fascio di piante successive scaricando il prodotto direttamente sul camion per il successivo trasporto alla centrale.

operazioni di abbattimento mentre, per quanto riguarda la qualità del taglio, il 2,07% delle ceppaie campionate ha riportato spacchi verticali di media ed elevata entità, il 2,76% uno sfrangiamento di lieve e media entità. Nel complesso, il 95,17% non ha subito danni di nessun tipo. L'altezza di taglio è risultata mediamente pari a 119 mm. La successiva fase di raccolta e accatastamento è avvenuta correttamente, con perdite di prodotto pari al 1,12% e relative solamente alla fase di raccolta.

Il limite operativo dell'accumulatore è stato individuato nella capacità di carico della biomassa, che non deve superare le 14 t, corrispondenti, a seconda delle caratteristiche

3. Conclusioni

Come spiegato inizialmente le linee di intervento su cui era focalizzato il bando “macchine innovative” erano finalizzate a individuare soluzioni innovative per la logistica che consentano un contenimento dei costi (raccolta, trasporto, movimentazione, stoccaggio, pre-trattamento), nonché sistemi di lavorazione del terreno idonei alle condizioni operative presenti nei terrazzamenti o in ambiti ristretti, lo sviluppo di macchine per la gestione del compost e, infine, macchine per la produzione di biomassa. Dai risultati ottenuti, si evidenzia come ancora una volta il programma “macchine innovative” fornisca delle risposte mirate a esigenze di meccanizzazione molto diversificate tra loro e indicative di realtà agricole molto variegata, espressione dell’agricoltura italiana.

Nel caso delle macchine per la raccolta di biomasse forestali si tratta di innovazioni richieste da nuove tipologie di coltivazioni (per esempio il pioppo in *short rotation forestry*) sempre più diffuse per la produzione di energia rinnovabile. Tale evoluzione è indicativa di un’agricoltura veramente multifunzionale che si va affermando grazie anche a linee di meccanizzazione dedicate. Particolarmente indicative in questo settore le innovazioni finanziate che coprono varie fasi delle colture forestali a ciclo breve per la produzione di biomassa.

Per esempio la calibratrice della ditta **AGRIMAT** per la produzione di talee di pioppo consente la selezione automatica delle talee prima dell’insacchettamento in base al diametro, automatizzando la fase di impianto ed evitando la laboriosa selezione in campo.

La ditta **O.N.G.** ha focalizzato il suo lavoro sul problema della riduzione delle perdite quali-quantitative del raccolto, sviluppando una pezzatrice in tronchetti di piante da biomassa; la produzione di tronchetti consente di evitare indesiderate fermentazioni durante le fasi di essiccazione e di conservazione, rappresentando perciò una valida alternativa alla cippatrice.

L’interesse dell’abbattitrice per la raccolta del pioppo presentata dalla **ZPZ** è dovuto ai vantaggi che questa tipologia di raccolta, operata con due macchine distinte, presenta rispetto al sistema di cippatura in campo: in particolare per la sua leggerezza, per cui soprattutto in condizioni di terreno bagnato, il cantiere proposto dalla ZPZ può lavorare agevolmente a differenza di cantieri riuniti molto più pesanti. Tale sistema di raccolta in due tempi prevede prima la raccolta delle piante intere e il loro accatastamento ordinato a bordo campo, quindi una successiva cippatura del prodotto al momento dell’utilizzo. Tale soluzione ha dimostrato rispetto alla raccolta in un solo passaggio una minore perdita di sostanza secca, produzione di cippato di maggior qualità e più rispondente alle esigenze delle centrali a biomasse, riduzione del costo del lavoro.

Infine la macchina semovente della Ditta **SPAPPERI** chiude la rassegna di innovazioni per la raccolta di colture forestali a ciclo breve. Tale macchina è una taglia caricatrice che adotta alcune scelte tecniche e costruttive che rispondono alle esigenze della meccanizzazione delle colture forestali a ciclo breve in particolare automatizzando l’intero processo di taglio, cippatura e raccolta, adottando il modello delle falciatrinciacaricatrici da foraggio alle colture forestali a ciclo breve destinate alla produzione di energia.

Per quanto riguarda lo sviluppo di macchine per la gestione del compost la ditta **SCIACCO** ha superato le principali criticità presentate dai tradizionali carri spandiletame (utilizzati anche per lo spandimento del compost) che sono gli ingombri notevoli, la necessità di una pala caricatrice, difficoltà di funzionamento del nastro trasportatore poggiato sul pianale, attraverso la realizzazione di uno Spandicompost compatto autocaricante con distributore a velocità variabile. L’interesse per tale macchina, dato il suo ingombro ridotto e la sua notevole manovrabilità, rende possibile il suo uso in apprestamenti protetti ma anche in vigneti e frutteti dove l’impiego del compost non si diffonde a causa della mancanza di una meccanizzazione dedicata. La macchina Spandicompost autocaricante costituirà una risposta concreta a quanti credono nell’utilità della fertilizzazione organica soprattutto nelle serre e negli altri ambienti protetti (tunnel, etc.) ma che non disponevano della macchina adeguata.

Per l'altra priorità individuata dal bando, cioè soluzioni innovative nella meccanizzazione della raccolta del foraggio, la macchina della **S & C international** per la falciatura e andatura del foraggio presenta interessanti innovazioni quali l'alimentazione dei sei elementi falcianti alimentati ognuno da un motore idraulico e l'impiego di controcoltelli oscillanti orizzontali che garantiscono nel loro complesso l'esecuzione del lavoro con continuità e senza rischi di ingolfamento riducendo i costi di esercizio della macchina.

La soluzione mecatronica per la gestione ottimizzata del taglio e della raccolta del foraggio prodotta dalla **COMER** prevede l'impiego di sensori elettronici in grado di adeguare automaticamente la risposta delle barre di taglio alle variabili condizioni di lavoro riscontrabili durante lo sfalcio. Tale soluzione permette di risolvere in tempo reale il problema della perdita di contatto tra la barra di taglio e il suolo in determinate circostanze con conseguenze indesiderate legate alla ridotta uniformità di taglio, alla perdita di stabilità del complesso trattore/operatrice, al compattamento del suolo dovuto ai rimbalzi, ai possibili contatti tra suolo e lame con conseguente imbrattamento clostridico del foraggio.

Tra le linee di intervento individuate una era rivolta specificatamente alle realtà agricole che presentano difficoltà strutturali oggettive per una meccanizzazione efficace (es. terreni in appezzamenti ristretti o su terrazzamenti, etc.) e una carenza molto accentuata di una meccanizzazione adeguata. La macchina per effettuare più interventi in un solo passaggio in ambienti ristretti elaborata dalla **FORIGO - ROTER** Italia rappresenta un validissima proposta per compiere più operazioni in un solo passaggio, in particolare prestando un particolare riguardo ad una corretta gestione dei prodotti per la disinfezione del terreno.

Anche la motovangatrice semovente dell'**AGROTEC** rappresenta un'interessante innovazione per piccoli appezzamenti di terreno, la particolarità del nuovo mezzo semovente consiste nella capacità di effettuare la lavorazione principale del terreno anche in superfici difficilmente accessibili per i normali mezzi meccanici costituiti dall'accoppiamento trattore-operatrice (aratro, vangatrice, zappatrice).

Ultimo, ma certo non meno importante, la macchina realizzata dalla ditta **VINDIGNI TRINGALI** che consiste in una piattaforma semovente cingolata a propulsione elettrica per la raccolta in ambienti protetti. In questo caso ad una brillante soluzione meccanica che incrementa notevolmente l'efficienza della logistica e la produttività degli operatori si presta una notevole attenzione e cura alla salute degli operatori medesimi, eliminando il motore a scoppio eliminando di conseguenza, il problema dell'inquinamento dell'aria in ambienti a volte molto ristretti come serre e tunnel.

In conclusione, da questa breve rassegna di macchine innovative emerge la validità delle proposte progettuali e anche la loro rispondenza alle esigenze di meccanizzazione dei vari settori agricoli interessati. I risultati ottenuti con la sperimentazione in campo di ciascuna macchina innovativa, effettuata dalle ditte costruttrici con la collaborazione del CRA ING, lasciano immaginare una prossima commercializzazione di tali macchine

STILGRAFICA srl

00159 Roma • Via Ignazio Pettinengo, 31/33
Tel. 06 43588200 • Fax 06 4385693
www.stilgrafica.com • segreteria@stilgrafica.com

Finito di stampare nel mese di Giugno 2011

