

**Istituto Sperimentale per la Meccanizzazione Agricola
(I.S.M.A.)**

**P.F. IPPO - MiPAF
“Incremento di Produzione delle Piante Officinali”**

**Prospettive di produzione e d’impiego delle piante officinali:
la camomilla**

San Sepolcro (AR) – Pistrino (PG) 19-20 maggio 2003

Innovazioni nella raccolta meccanica della camomilla

G. Colorio, R. Tomasone, P. Pagliari, M. Bozzoli, L. Cipollaro, C. Cedrola

Introduzione

La camomilla (*Chamomilla recutita*) è una pianta annuale spontanea in Italia, largamente diffusa nel bacino del Mediterraneo ed in tutti i paesi a clima temperato. La pianta trova largo impiego nei settori erboristico, agro-alimentare, farmaceutico e cosmetico. I principi attivi sono contenuti soprattutto nel capolino: i fiori interi, con gambo più breve di 10 mm, costituiscono la “droga secca”; i fiori sbriciolati (setacciato) sono impiegati nella preparazione delle tisane; l’olio essenziale è utilizzato nei settori cosmetico e farmaceutico.

La domanda di camomilla in Italia ammonta a 1.000-1.200 t/anno, per un valore stimato di 3-4 milioni di euro. Per soddisfare il fabbisogno interno, dovrebbero esserne coltivati oltre 1500 ha. La produzione non soddisfa la domanda interna, per cui il 75% circa della camomilla è importato, in particolare dai Paesi dell’Europa dell’Est, dall’Egitto, dal Sudafrica e dall’Argentina.

Nella coltivazione su larga scala, la produzione media in fiori secchi si aggira su 0.6-0.8 t/ha con prezzi correnti di 46 €/kg. Per questo la produzione lorda vendibile risulta piuttosto elevata, pari a 3.000,00 – 4.000,00 €/ha, nonostante ciò la coltivazione nazionale non viene incrementata, rimanendo limitata a superfici esigue, stimate in poche centinaia di ettari. Infatti la produzione nazionale rimane analoga a quella del passato, quando il prodotto si otteneva dalle piante allo stato spontaneo.

La coltivazione italiana, come appare evidente, non è concorrenziale rispetto a quella dei paesi in via di sviluppo, a causa dell’alto costo della manodopera che fino a poco tempo fa era impiegata nella raccolta manuale. L’abbattimento dei costi di produzione ed in particolare del costo di raccolta, è il presupposto principale per rendere conveniente la coltura. Di conseguenza oggi, per realizzare una coltura industriale di camomilla, non si può prescindere dalla raccolta meccanica.

La scarsa diffusione della meccanizzazione nella raccolta della camomilla è certamente legata alle difficoltà create dalle colture. Infatti le piante sono molto ramificate, con altezza media alla fioritura variabile da 40 a 90 cm, talvolta superiore ad 1 m, con capolini disposti nella fascia apicale della vegetazione che fioriscono scalarmemente nei mesi di maggio e giugno. Inoltre, la limitata meccanizzazione è sicuramente dovuta alla modesta validità delle macchine raccogliatrici attualmente in commercio.

La ricerca, quindi, si pone come obiettivo la realizzazione di un sistema di raccolta efficiente che consenta sia di limitare i costi di produzione che di ottenere un raccolto di qualità elevata.

Attività di ricerca

La ricerca svolta nell’ambito del Progetto Finalizzato *IPPO* (Incremento della Produzione delle Piante Officinali), finanziato dal MiPAF, già comprende un quadriennio di studi e sperimentazioni. L’attività di ricerca, partendo dallo stato dell’arte della raccolta meccanizzata, è giunta alla realizzazione di un prototipo con cui sono state effettuate le prove sperimentali di raccolta di camomilla in coltura industriale, descritte nel presente lavoro.

L’attività di ricerca si è articolata nelle seguenti fasi:

- analisi dell’attuale stato della raccolta manuale e meccanizzata;
- ideazione e studio di un nuovo sistema meccanico per la raccolta dei capolini;
- prime esperienze con sistemi simulatori della raccolta meccanica;
- progettazione, realizzazione e messa a punto di un prototipo;
- prove di raccolta in pieno campo.

Analisi dell'attuale stato della meccanizzazione

Le macchine impiegate per la raccolta della camomilla possono essere suddivise in due categorie principali: “falciatrici-caricatrici” e “pettinatrici”.

Le macchine “falciatrici-caricatrici” eseguono il taglio e l’asportazione dello strato fiorito. Il prodotto che si ottiene è di modesta qualità, a causa della presenza tra le infiorescenze di un’elevata quantità di vegetazione, per cui è impiegato solo per usi industriali, quali l’estrazione di oli essenziali.

Le macchine “pettinatrici” realizzano il distacco selettivo dei capolini mediante il “pettinamento” della vegetazione. All’interno di questa categoria si possono distinguere due diverse tipologie di macchina. La prima impiega un solo pettine fissato anteriormente al mezzo, che raccoglie i capolini esclusivamente per spinta contro la vegetazione. I denti del pettine, attraversando velocemente, in linea orizzontale, lo strato fiorito, effettuano il distacco strappando le infiorescenze dagli steli. Per evitare che il forte attrito del pettine contro la vegetazione provochi lo strappo di una parte consistente di steli o addirittura l’estirpazione di intere piante, è necessario introdurre il pettine nella parte apicale delle piante. Perciò, dato lo spessore dello strato fiorito, maggiore di quello esplorato dai pettini e la disomogenea altezza della coltura, gran parte dei fiori non vengano staccati, per cui la resa del sistema è molto modesta.

La seconda tipologia, a cui appartengono le macchine commerciali più diffuse, utilizza una testata raccogliitrice cilindrica rotante, munita di una serie di pettini. Il pettinamento avviene frontalmente, dal basso verso l’alto e lo strappo si realizza per la combinazione della componente orizzontale della spinta contro le piante, dovuta all’avanzamento della macchina e la componente verticale di rotazione della testata (Fig. 1).



Fig. 1 – Rappresentazione grafica del cilindro a pettinamento frontale.

Tale sistema, più efficiente del precedente, dà un raccolto di discreta qualità solo a basse velocità di avanzamento ed elevate velocità di rotazione della testata. Comunque il prodotto ottenuto non è confrontabile qualitativamente con quello raccolto manualmente.

L’analisi delle caratteristiche tecniche delle macchine esistenti e lo studio dello habitus vegetativo delle colture, è stato il punto di partenza per l’ideazione e la realizzazione di un sistema di nuova concezione la cui resa, sia quantitativa che qualitativa, risulti migliore di quella degli attuali mezzi commerciali.

Ideazione e studio di un nuovo sistema meccanico

Obiettivo dello studio è stato la realizzazione di un nuovo sistema, con il quale riprodurre meccanicamente l’azione di pettinamento della raccolta manuale agevolata. I pettini utilizzati per agevolare la raccolta manuale hanno denti metallici appuntiti, di sezione circolare, distanziati in funzione delle dimensioni dei fiori. Il distacco dei capolini avviene introducendo il pettine orizzontalmente nella vegetazione, sotto la fascia fiorita, e facendolo scorrere dal basso verso l’alto. Questo movimento manuale, molto lento, favorisce il distacco dei soli capolini, limitando l’asportazione d’altre parti della pianta. Il prodotto così raccolto risulta integro con eccellenti caratteristiche qualitative.

Idealmente si è cercato di riprodurre in modo ciclico la semplice operazione descritta. Si è così ipotizzata la possibilità di realizzare una macchina dotata di una testata raccogliitrice costituita da un

cilindro orizzontale rotante, sul quale sono inseriti un certo numero di pettini per lo strappo dei capolini. Per ridurre la componente orizzontale dei pettini durante lo strappo, data dall'avanzamento della macchina, il senso di rotazione del cilindro è stato invertito rendendolo concorde con quello di rotazione delle ruote. Il percorso dei pettini è determinato da due parametri: traslazione della macchina e rotazione del cilindro. Variando i due parametri è stata individuata la traiettoria ottimale secondo la quale il pettine riproduce, il più fedelmente possibile, il movimento effettuato nella raccolta manuale.

Il sistema di raccolta è stato rappresentato graficamente con la sezione del cilindro su un piano verticale e longitudinale al mezzo. La testata di raccolta è stata così rappresentata con una circonferenza e l'asse del pettine è individuato dal punto P. Modificando la rotazione del cerchio (angolo α), ma mantenendo costante lo spostamento orizzontale, sono state ottenute le curve (cicloidi) che descrivono le traiettorie seguite dal punto P, nel suo movimento combinato di traslazione e di rotazione.

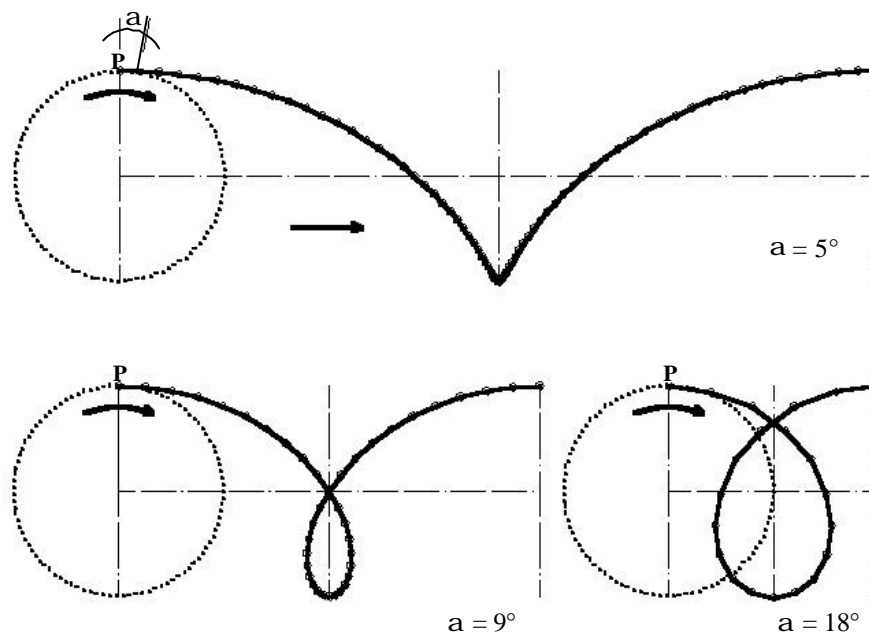


Fig. 2 – Traiettorie descritte dal punto P al variare dell'angolo di rotazione α e con uno spostamento orizzontale pari a $R/10$.

Nella figura 2 sono rappresentate tre cicloidi originate con diversi rapporti fra spostamento angolare e spostamento orizzontale, secondo la relazione:

$$x = \frac{\text{arco}}{\text{avanzamento}} = \frac{2p \cdot r \cdot a / 360}{r/10}$$

Le curve in figura sono ottenute con valori di $x=1$, $x=1,5$ e $x=3$, e rispettivi valori dell'angolo $\alpha = 5,73^\circ$, $\alpha = 8,59^\circ$ e $\alpha = 17,18^\circ$.

La seconda traiettoria con $x = 1,5$ è stata ritenuta ottimale, poiché il pettine (punto P) scende e risale quasi verticalmente nel tratto centrale della curva. La parte inferiore del tratto "a goccia", che rappresenta il passaggio della base del pettine nello strato fiorito, viene percorso in modo pressoché verticale, sia in fase d'entrata (discesa) che in fase d'uscita (risalita) dalla vegetazione. Lo spostamento

orizzontale è minimo, ma sufficiente affinché i denti penetrino orizzontalmente nella vegetazione, scorrendo in senso antero-posteriore.

Se si effettua l'analisi delle velocità risulta che, se la velocità d'avanzamento della macchina è di 1,5 km/h (0,417 m/s), avendo impostato il valore di $x=1,5$, la velocità periferica corrispondente del pettine è di 0,625 m/s. Risulta evidente che, realizzando la raccolta con senso di rotazione del cilindro invertito rispetto a quello comunemente adottato sulle macchine commerciali, la velocità di strappo dei capolini (i.e. velocità del pettine) si mantiene su valori accettabili anche con velocità di raccolta sostenute.

La modalità di pettinamento studiata realizza un sistema di raccolta nel quale il pettine penetra dall'alto verticalmente nella vegetazione, si pone orizzontale nel punto inferiore del percorso (inizio strato fiorito) e si solleva posteriormente, strappando i capolini con un moto prevalentemente verticale. Questa soluzione è migliorativa rispetto alla modalità di pettinamento adottata sulle macchine commerciali più diffuse. Infatti confrontando le due soluzioni, figura 1 e 2, si osserva che, per la macchina commerciale (fig. 1), lo spostamento nella vegetazione del pettine, ha una componente orizzontale maggiore di quella verticale. Nel prototipo innovativo (fig. 2 - $\alpha = 9^\circ$) si verifica la situazione opposta. Pertanto nel primo caso si determina una forte inclinazione in avanti delle piante, con il rischio di asportare gran parte della vegetazione, mentre nel secondo prevale la componente verticale, che non causa allettamento.

La velocità del pettine è data dalla somma vettoriale tra velocità di avanzamento e di rotazione. La risultante cambia in direzione, verso e modulo a seconda della posizione sul cilindro e si divide nelle componenti orizzontale e verticale, delle quali la seconda costituisce la più utile in fase di distacco dei capolini. Nel primo caso, la componente verticale della velocità tangenziale (sollevamento dei pettini), è nulla all'inizio del pettinamento (nel quadrante inferiore della testata) e massima quando i pettini sono già usciti dalla vegetazione (rotazione di 90° rispetto alla posizione iniziale). Nel secondo caso, invece, la componente orizzontale è sempre minima mentre quella verticale aumenta costantemente durante la fase di strappo.

Altro aspetto considerato nello studio teorico è stato l'ottimizzazione dell'inclinazione del pettine, nei vari punti del percorso, in particolare nel tratto a "goccia" della curva. Lo studio è stato effettuato rielaborando la traiettoria scelta ($x=1,5$) dopo aver inserito il pettine di raccolta sul cilindro. In figura 3 si nota l'inclinazione assunta dal pettine, punto per punto della traiettoria, quando lo stesso è rigidamente fissato in posizione tangenziale alla testata (3A). Come si può notare l'inclinazione del pettine nelle varie posizioni della traiettoria non è ottimale per effettuare il lavoro di raccolta. Nella discesa i denti sono inclinati verso la parte posteriore del cilindro ma dovrebbero essere verticali per non provocare una compressione sulle piante. Nella parte inferiore della goccia, l'apice dei denti segue una curva molto stretta, con uno spostamento antero-posteriore molto limitato, mentre la situazione ideale per la penetrazione nella vegetazione sarebbe costituita da un tratto rettilineo orizzontale. Inoltre, nella fase di risalita i pettini, anziché rimanere nella posizione orizzontale, che è ottimale per staccare i capolini, tendono a ruotare verticalmente accumulando il prodotto alla base dei denti.

Per ovviare a tali difetti si è incernierato l'asse del pettine sulla struttura del cilindro raccoglitore, in posizione periferica, al fine di poter ruotare i denti nella posizione ottimale (3B). L'inclinazione è stata corretta, nelle diverse posizioni lungo il cilindro, realizzando la rotazione opportuna mediante un manovellismo guidato da una camma opportunamente sagomata (3B).

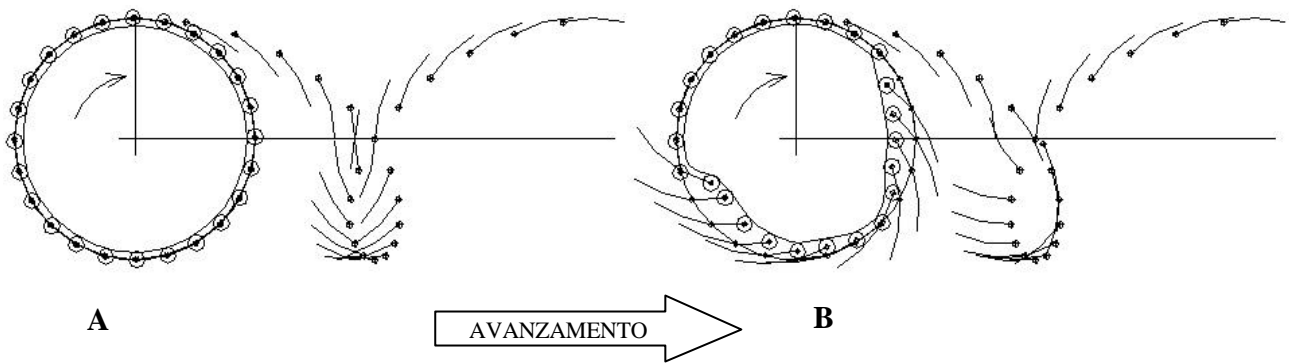


Fig. 3 - Variazione dell'inclinazione del pettine lungo la traiettoria percorsa:
 A - pettine fissato tangenzialmente al tamburo;
 B - pettine incernierato e orientato con manovellismo a camma eccentrica.

Infine è stato determinato il numero minimo di pettini che devono essere inseriti sulla testata di raccolta, considerando che pettini adiacenti raccolgono fasce successive e che, per ottenere la raccolta dell'intera superficie coltivata, le aree non devono essere disunite. Questa condizione si ottiene disponendo un certo numero di pettini sulla testata ad una appropriata distanza reciproca. La fascia di vegetazione ispezionata da un singolo pettine dipende dalla lunghezza del dente, dal suo orientamento e dalla distanza orizzontale percorsa dalla punta del dente nella vegetazione. Il numero esatto di elementi richiesti si ottiene dal rapporto fra traslazione orizzontale compiuta della macchina per una rotazione completa della testata, e ampiezza della fascia raccolta da un singolo pettine. Inoltre è stata prevista una parziale sovrapposizione (25%) delle fasce successive, per aumentare la copertura della superficie. In base alle suddette considerazioni teoriche sul cilindro sono stati inseriti 6 pettini (Fig. 4).

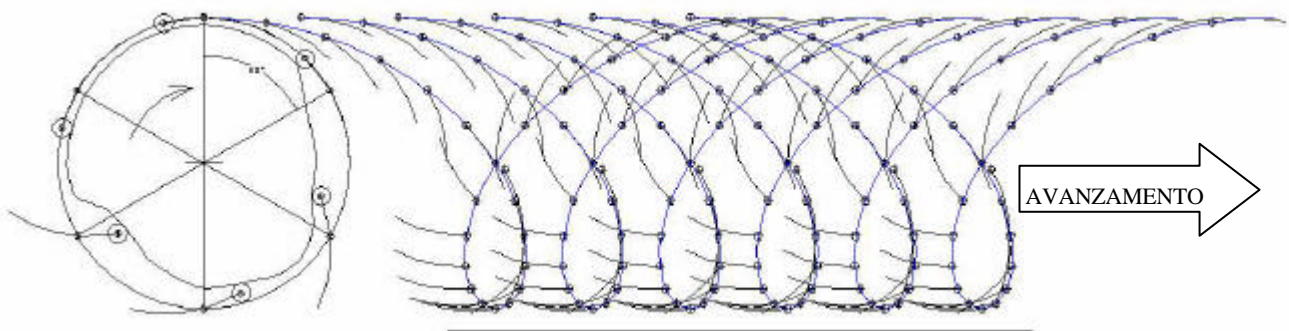


Fig. 4 - Rappresentazione delle traiettorie descritte da ciascuno dei 6 pettini in un ciclo completo di rototraslazione.

Prime esperienze con sistemi simulatori della raccolta meccanica

I principi teorici acquisiti durante questa fase preliminare sono stati la base per lo sviluppo di un prototipo di limitate dimensioni, semplice ed economico, per eseguire le prove iniziali.

Per realizzare il sistema si è utilizzato un motocoltivatore che fungeva da macchina motrice ed una testata con due soli pettini contigui, disposti ad una distanza angolare di 60°, al posto dei sei pettini previsti nel progetto iniziale della raccogliitrice (fig. 5).



Fig. 5 – Prototipo di limitate dimensioni utilizzato per le prime prove pettinamento.

camomilla con caratteristiche diverse, utilizzando differenti velocità di rotazione della testata e d'avanzamento della macchina.

Le indicazioni scaturite dalle prove preliminari, durante le quali sono state realizzate le opportune regolazioni sugli organi progettati, hanno permesso di ricavare utilissime indicazioni sulla bontà del progetto. In particolare, per variare il rapporto fra velocità di avanzamento e rotazione dei pettini, realizzato con una trasmissione a catena dalle ruote del motocoltivatore alla testata, sono stati provati diversi pignoni. Si è così confermata l'esattezza del rapporto di trasmissione $x=1,5$, che permette il corretto percorso del pettine durante la raccolta. Anche la lunghezza dei denti dei pettini è parsa adeguata alla necessità di penetrare sufficientemente nella vegetazione. La velocità molto lenta dello strappo effettuato dai pettini è apparsa subito idonea a strappare correttamente moltissimi capolini di prima qualità.

Dalle prove sono però scaturite anche precise indicazioni sulla necessità di migliorare ed integrare il progetto iniziale. Per sostenere e azionare la testata, piuttosto pesante, si è innanzitutto evidenziata la necessità di utilizzare un mezzo semovente di massa e potenza superiore al motocoltivatore. Altra importante indicazione è che occorre adottare un sistema per una facile regolazione dell'altezza della testata, operazione da cui non si può prescindere data la variabilità dell'altezza dello strato fiorito. Si è inoltre notata una certa perdita di capolini nella parte posteriore dei pettini in fase di strappo. Ancora maggiore risulta la caduta a terra di una percentuale non indifferente del prodotto durante ritorno nella posizione tangenziale al cilindro dei pettini ed il loro ribaltamento. È parso quindi necessario studiare un sistema di palette elastiche che sostengano il prodotto fino al momento della caduta sulla doccia semicilindrica posta nel centro della testata. Si è inoltre osservato che dopo numerosi passaggi dei pettini nella vegetazione, i pochi steli dei fiori e materiale vegetativo che sporgevano dalla parte inferiore dei pettini, tendono ad accumularsi alla base dei denti. È parso evidente che l'intasamento dei pettini è dovuto dall'interspazio eccessivamente ristretto fra i denti. Si è comunque avvertita la

I pettini erano dotati di denti cilindrici del diametro di 8 mm reciprocamente distanziati di 4 mm, fissati su una base cilindrica, in grado di ruotare sul proprio asse. La rotazione dei pettini, secondo lo schema in precedenza indicato, avveniva con un rudimentale sistema di manovellismi ed eccentrici. Si è realizzato anche il meccanismo di scarico del prodotto dai pettini e della loro intercettazione. Il sistema ha previsto il rovesciamento dei pettini nella zona superiore del loro percorso e la caduta dei capolini verso il centro del cilindro. In tale posizione, in linea con l'asse centrale è stata collocata una doccia in grado di intercettare il prodotto raccolto dai pettini.

Con quest'attrezzatura sono state eseguite numerose prove sperimentali in vari campi di

necessità di adottare un sistema di spazzole cilindriche rotanti, in grado di strappare gli steli dai pettini nella parte esterna e di liberare i capolini incastrati fra i denti verso la parte opposta.

Tutte le principali indicazioni ed i risultati più significativi descritti, scaturiti dalle prove preliminari, sono stati utili per sviluppare il progetto di una macchina più perfezionata.

Progettazione e realizzazione del prototipo

La seconda fase del programma ha riguardato la realizzazione del progetto di una macchina raccoglitrice maggiormente perfezionata. Le indicazioni ottenute dalle prime esperienze di raccolta con l'attrezzatura simulatrice sono state basilari per tale realizzazione. Infatti in questo progetto e nella successiva realizzazione del prototipo, sono state applicate le soluzioni ritenute ottimali per tutti gli elementi considerati: rapporto fra le velocità; orientamento dei pettini; dimensione del semovente; interspazio fra i denti; intercettazione dei capolini; ecc.. Il prototipo realizzato in questa fase è raffigurato nella figura 6. Per sostenere e azionare la nuova testata si è utilizzato un mezzo semovente di massa e potenza superiore al motocoltivatore, dotato di quattro ruote: due ruote motrici e sterzanti sull'asse posteriore e due ruote fisse sull'asse anteriore. La testata, accoppiata anteriormente al semovente, è disposta perpendicolarmente alla linea di avanzamento dello stesso. Il collegamento della testata al semovente è realizzato mediante una struttura a doppio parallelogramma articolato sollevato da una coppia di martinetti idraulici. La regolazione dell'altezza dell'operatrice portata è importantissima per mantenere costantemente gli organi raccoglitori al livello ottimale nella vegetazione che quasi mai presenta un'altezza uniforme.



Fig. 6 - Testata di raccolta

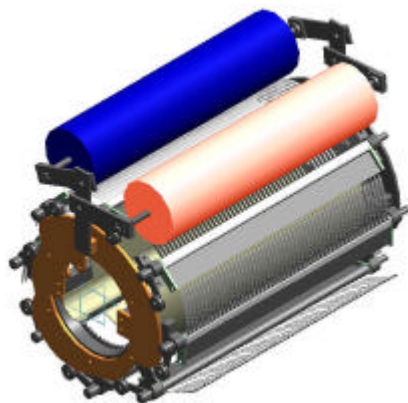


Fig. 7 - Progetto della testata.

Il cilindro di base della testata è stato realizzato con un fronte di lavoro ridotto rispetto alla larghezza della macchina, in quanto l'obiettivo era di mettere a punto e di sperimentare l'efficienza del sistema. Il tamburo realizzato ha un diametro di circa 750 mm ed una larghezza (fronte di lavoro) di 600 mm.

Lo schema progettuale della macchina è riportato in figura 7 nella quale si nota la testata cilindrica di raccolta, su cui sono inseriti i pettini, sormontata dalle due spazzole per la pulizia dei pettini.

La testata di raccolta si compone di due elementi principali: un telaio strutturale e un modulo raccoglitore che ruota sul suo asse.

Il telaio portante è costituito da una struttura di base composta da due piastre laterali, collegate tra loro con due longheroni. Oltre alla funzione strutturale, le due piastre laterali, con la particolare forma ad eccentrico, costituiscono le guide che consentono la variazione dell'inclinazione dei pettini lungo il percorso nei diversi settori del cilindro. Su questa struttura portante è ancorato il supporto per l'attacco al semovente e tutte le staffe ed i sostegni per gli altri elementi fissi della raccoglitrice.

Il modulo cilindrico raccoglitore è realizzato con una coppia di dischi, collegati internamente alle piastre eccentriche laterali tramite due ralle che ne permettono la rotazione attorno al proprio asse, pur mantenendo aperto un ampio passaggio centrale. L'uso di ralle, del diametro interno di 300 mm, è stato necessario per avere una apertura centrale al cilindro abbastanza ampia da consentire l'inserimento del

sistema per l'allontanamento del prodotto. Infatti il tamburo presenta una cavità centrale per l'alloggiamento della doccia di raccolta e della coclea che convoglia i capolini all'esterno della testata, verso il contenitore di stoccaggio. Sulla circonferenza esterna dei dischi sono imperniati gli assi dei sei pettini raccoglitori. Ciascuno dei dischi di sostegno è costituito da un anello su cui sono inseriti 6 prolungamenti disposti a 60° tra loro, all'estremità dei quali sono collocati i cuscinetti a sfere entro i quali ruotano gli assi dei pettini.

Il tamburo viene messo in rotazione, concorde con quella delle ruote del semovente, dal moto di avanzamento del mezzo. In particolare, per mantenere costante il rapporto tra avanzamento e rotazione, prescindendo dalla velocità di raccolta, è stata utilizzata una trasmissione meccanica a corona dentata e pignone. Il rapporto di trasmissione (velocità di avanzamento : velocità di rotazione = 1 : 1,5) è stato impostato sulla base dallo studio teorico e delle indicazioni ricavate dalle prove preliminari. La rotazione del cilindro deriva direttamente dalle ruote anteriori della macchina. La trasmissione a catena, che parte dal mozzo delle ruote, dà il moto ad un albero munito di pignoni che gira all'interno del cilindro. I pignoni a loro volta mettono in movimento i dischi portapettini entro i quali è stata ricavata una corona dentata con diametro sufficientemente ampio per permettere l'inserimento della doccia di raccolta.

La testata è stata dotata di sei pettini con denti della lunghezza di 160 mm, con raggio di curvatura pari a quello del cilindro (375 mm). Sono state realizzate due diverse serie di denti in profilato metallico: una triangolare e l'altra con sezione circolare, leggermente smussata nella parte superiore. La scelta del tipo di materiale è stata effettuata in base alla resistenza all'ossidazione, all'usura e alle caratteristiche di elasticità, mentre la scelta delle dimensioni del profilato (diametro, altezza, larghezza) è stata attuata in funzione della resistenza meccanica a flessione e sforzo del dente. La lunghezza del singolo elemento è stata determinata dall'esigenza di garantire l'intercettazione della maggior parte delle infiorescenze con la penetrazione del pettine nella vegetazione (figura 8). La spaziatura dei denti sui pettini è stata scelta in base alle caratteristiche morfologiche e dimensionali del capolino, del livello di ramificazione e del diametro degli steli. È stato scelto uno spazio fra i denti tondi di 5 mm mentre tra quelli triangolari di 6 mm, al fine di avere maggiori variabili sperimentali in prova



Fig. 8 – Pettine orizzontale che effettua lo strappo verticalmente

Ciascun pettine è realizzato assemblando tre parti fondamentali: un albero a sezione cilindrica, una piastra di base su cui sono inseriti i denti ed una lama d'acciaio affilata (coltello). I pettini sono imperniati sulla struttura mobile del tamburo e possono ruotare liberamente attorno al proprio asse. Alle estremità dell'asse sono inserite le manovelle dotate di rotelle per l'orientamento del pettine. Queste scorrono sulla guida eccentrica, a cui sono mantenute elasticamente sempre in appoggio. I pettini, dopo essere entrati verticalmente nella vegetazione, ruotando si dispongono in posizione orizzontale e rimangono tali per tutta la fase di strappo dei capolini, rientrando successivamente in posizione tangenziale al cilindro raccoglitore. In questa posizione si è realizzato il meccanismo di scarico del prodotto dai pettini e del suo avvio verso lo stoccaggio. Il sistema è stato studiato prevedendo lo scarico dei capolini dai pettini verso il centro del cilindro, nella zona superiore del loro percorso, durante la fase di rovesciamento. L'allontanamento dei capolini dai pettini avviene per semplice caduta in corrispondenza dell'arco superiore del cilindro, punto in cui il pettine si trova capovolto rispetto alla posizione di strappo. In tale posizione, in linea con l'asse centrale del cilindro, è stata collocata una doccia di sezione semicilindrica per l'intercettazione dei capolini in fase di caduta.

Nel tratto precedente tale posizione, numerosi capolini raccolti tendono a scivolare a terra dal

retro dei pettini prima che raggiungano la doccia, per questo è stato necessario studiare e realizzare un sistema per il loro contenimento. Per chiudere il varco creato in tale zona, sono state realizzate una serie di palette aderenti elasticamente al semicilindro, che accompagnano il prodotto raccolto fino al bordo superiore del settore cilindrico.

Il progetto è stato completato con l'adozione di due spazzole cilindriche rotanti, poste nella parte posteriore e superiore della testata, necessarie, la prima per strappare e allontanare gli steli sporgenti dalla parte inferiore dei pettini e la seconda per aiutare la caduta dei capolini raccolti, rimasti incastrati fra i denti. La prima è collocata nel punto in cui i pettini ritornano in posizione tangente al cilindro. La seconda spazzola cilindrica controrotante è posta nel punto più alto della rotazione del cilindro.

Dalla doccia centrale di intercettazione del raccolto, tramite coclea, il prodotto viene trasportato all'esterno del cilindro e da qui, con nastri convogliatori, passa al contenitore di stoccaggio sul pianale posteriore del mezzo semovente. Inoltre, si è aggiunto un sistema di nastri trasportatori che convogliano il prodotto raccolto verso la zona di stoccaggio. Infine è stata montata una serie di carter per la protezione degli organi di trasmissione.

Il prototipo è stato sperimentato per più anni nel corso dei quali è stato sottoposto ad ulteriori migliorie. Infatti nelle prove di raccolta sono emerse problemi legati, in particolare, a tre aspetti: l'impossibilità di esplorare tutta la superficie produttiva durante il passaggio della testata che lascia strisce di fiori non raccolti intermedie fra il passaggio di due pettini contigui; la permanenza di troppi steli nella faccia inferiore dei pettini; l'accumulo, tra gli spazi interdentali, di numerosi capolini, che non cadono nello scarico.

Per evitare di lasciare zone non raccolte il numero dei pettini è stato aumentato ad otto. Si è quindi ottenuta una maggiore sovrapposizione delle aree di strappo dei singoli pettini, entro lo strato fiorito, aumentata di un terzo della precedente (circa 35%).

Per migliorare la pulizia dei denti dagli steli dei fiori e dalla vegetazione raccolta, si è adottata una spazzola metallica più rigida. La spazzola, realizzata con setole di acciaio disposte in mazzetti ritorti, ruota ad alta velocità ed è tenuta elasticamente aderente ai pettini. Il taglio degli steli e dei residui vegetali avviene per contrasto delle setole contro

la lama inserita sull'asse dei pettini, alla base dei denti. Per facilitare l'allontanamento di tutti i fiori che non cadono autonomamente per gravità, è stata sostituita la seconda spazzola controrotante con una che, mantenuta aderente al pettine con apposite molle, infigge le setole rigide di nylon entro gli spazi interdentali, spingendo i capolini incastrati.

In definitiva questa prima fase di prova, di verifiche e di miglioramento dell'apparato di raccolta ha permesso di concretizzare il prototipo utilizzato per le prove di campagna eseguite nel 2003 (figura 9).



Fig. 9 - Macchina completa: testata e mezzo semovente.

Prove di raccolta in pieno campo

Metodologia di prova di campo

Le prove di raccolta in pieno campo sono state effettuate, a partire dal 2001, presso l'azienda agricola "Corpo del Sole" (Sansepolcro-AR), della ditta Aboca Erbe, nella quale si coltivano circa 100 ha di camomilla. La ricerca si è svolta in due fasi distinte: studi agronomici e ricerche meccaniche.

La fase preliminare ha visto il rilievo delle caratteristiche morfologiche della camomilla. Lo studio è iniziato analizzando le seguenti caratteristiche di 100 piante: altezza; numero degli steli; numero di fiori; altezza minima della fascia fiorita; spessore della fascia fiorita. Il diametro del talamo fiorale ed il peso medi dei capolini è stato rilevato su 500 elementi.

Questi dati sono successivamente serviti per lo studio delle soluzioni che, in fase progettuale, hanno reso possibile l'individuazione di tutte le caratteristiche del sistema meccanico per la raccolta dei capolini. In particolare sulla scorta dei rilievi si sono individuati i seguenti parametri: il valore dell'escursione verticale del sistema per mantenere la testata al livello ottimale; il percorso verticale dei pettini per lo strappo dell'intera fascia fiorita; la tipologia dei pettini; l'interspazio fra i denti.

A completamento dei rilievi morfo-vegetativi e produttivi della coltura sono stati acquisiti ulteriori parametri con la seguente metodologia. È stato rilevato il peso dei capolini freschi ed essiccati, (media di 500 unità). Si è calcolata la produttività potenziale media della coltura, prelevando manualmente tutti i fiori presenti, da sei differenti aree di saggio, delle dimensioni di 1 m² ciascuna.

È stata misurata la resistenza al distacco dei capolini, utilizzando un dinamometro munito di un gancio a forma di forcina ed il prodotto così ottenuto è stato suddiviso in classi di lunghezza dei peduncoli.

Nella seconda fase delle prove, successiva alla messa a punto del prototipo, è stata valutata in campo l'efficacia della macchina nella raccolta dei capolini di camomilla. La capacità lavorativa del prototipo è stata determinata organizzando una serie di prove di raccolta meccanica.

Nelle prove di raccolta si sono sperimentate due tipologie di pettini con denti a sezione circolare e denti a sezione triangolare, con spazi interdentali rispettivamente di 5 e 6 mm.

La raccolta meccanica è stata eseguita su fasce di lunghezza di 100 m e larghezza di 50 cm, corrispondente alla dimensione del fronte di lavoro degli organi raccoglitori (figura 10). Poiché la larghezza utile di raccolta della macchina risulta inferiore alla carreggiata del semovente, la potenzialità lavorativa del prototipo è calcolata considerando solo la produzione relativa all'area delle fasce raccolte. Di conseguenza non è significativo effettuare un confronto con la produzione che si ottiene con una testata raccoglitrice di una macchina di dimensioni commerciali, in quanto in questo caso viene effettivamente raccolta tutta la superficie coltivata.

Nel corso delle varie prove sperimentali si è cercato di mantenere velocità di avanzamento del mezzo più uniformi possibili, con valori di circa 2.000 m/h.

La capacità lavorativa della macchina è stato desunta dal rilievo della quantità di capolini raccolti, dal prodotto che la macchina non è stata in grado di staccare dalle piante e da quella dei fiori persi



Fig. 10 – Aspetto della fascia prima e dopo la raccolta.

cadendo a terra. La produzione raccolta è stata pesata prelevandola direttamente nel cassone di stoccaggio. Gli altri due parametri sono stati rilevati staccando tutti i fiori rimasti in pianta e raccogliendo tutti i capolini caduti a terra, all'interno di sei parcelle delle dimensioni di 1 m² ciascuna, randomizzate nell'area di raccolta della macchina. La produzione potenziale, riferita all'unità di superficie della coltura, è stata calcolata sommando al peso del prodotto raccolto dalla macchina quello dei fiori perduti a terra e quello dei fiori rimasti in pianta.

Infine è stata valutata la qualità commerciale del prodotto raccolto, selezionando i capolini e suddividendoli nelle seguenti tre categorie merceologiche (figura 11):

- prodotto di prima scelta (fiore senza peduncolo);
- prodotto di seconda scelta (fiore singolo con peduncolo utilizzato per setacciato);
- scarto (utilizzabile solo per distillazione).

È stata messa a confronto la qualità del prodotto raccolto con i due tipi di pettini utilizzati, con denti a sezione rotonda e triangolare. I campioni sono stati prelevati in quantità di circa 50 kg per parcella, massa di prodotto sufficiente per effettuare le operazioni di selezione con un vaglio meccanico dotato di due cilindri forati concentrici e controrotanti. La valutazione qualitativa è stata condotta dall'azienda Aboca Erbe, secondo la consueta metodologia di lavorazione post-raccolta.

Occorre infine ricordare che la Ditta Aboca Erbe è in possesso di una macchina raccoglitrice di camomilla di costruzione estera. Nonostante tale presenza non è stato possibile effettuare una razionale sperimentazione comparativa fra i dati di raccolta riferiti al prototipo e quelli relativi alla macchina commerciale della ditta stessa.

Risultati delle prove di campo

I risultati acquisiti nella prima fase della ricerca di carattere agronomico, che riguardano le caratteristiche morfo-vegetative delle piante di camomilla, sono riportati nella tabella 1. la tabella esprime anche il peso medio del capolino (fiore fresco e fiore secco), calcolato sulla base di 500 fiori.

Tab. 1 – Caratteristiche morfo-vegetative delle piante in coltura			
Parametri	Massima	Minima	Media
Altezza delle piante (mm)	750	550	637
Steli per pianta (n°)	10	5	7,9
Altezza inizio fascia fiorita (mm)	550	450	481
Spessore fascia fiorita (mm)	250	100	165
Fiori per pianta (n°)	185	34	92,4
Diametro del talamo (mm)	10,1	6	7,8
Peso capolino fresco (g)	-	-	0,0560
Peso capolino essiccato (g)	-	-	0,0165

Tali risultati sono stati fondamentali per realizzare la progettazione di vari componenti della macchina: tipologia, numero, dimensione e posizione degli elementi costitutivi della testata di raccolta. Infatti, grazie a questi risultati è stato possibile arrivare alle soluzioni meccaniche precedentemente descritte.



Fig. 11 - Prodotto all'uscita dalla coclea .

La tabella 2 presenta i valori delle produzioni potenziali della coltura, calcolata sui soli capolini presenti nel campo, espressi in kg/ha di peso fresco e secco.

Parcella	Peso fresco kg/ha	Peso secco kg/ha
1	3076	905.6
2	2854	840.2
3	2954	869.6
4	3280	965.6
5	3250	956.8
6	3230	950.9
Media	3107	914.8

I risultati del carico di rottura dei peduncoli sono ottenuti dalle prove di resistenza al distacco dei capolini. I dati rilevati tramite dinamometro munito di forcina, sono espressi nella tabella 3. Tali dati sono correlati alla lunghezza dei peduncoli e al diametro del talamo dei fiori.

TESI	Massima	Minima	Media
Forza di distacco dei fiori (N)	7,30	1,30	3,40
Lunghezza dei peduncoli staccati (mm)	100,00	0,00	15,03
Diametro dei capolini (mm)	10,30	6,00	8,13

La tabella 4 mostra i valori in percentuale delle classi di lunghezza dei peduncoli dei fiori staccati con il dinamometro.

<10 (mm)	10-20 (mm)	20-30 (mm)	>30 (mm)
57,5 %	26,8 %	8,7 %	7,1 %
<20 = 84,3 %		>20 15,8 %	
<30 = 92,9 %			>30 7,1 %

I risultati dimostrano che la maggior parte dei fiori, al momento del distacco, presenta un peduncolo di 10 mm (57.5 %). È necessario, comunque, specificare che il fiore della camomilla si stacca casualmente lungo lo stelo e non sul punto di intersezione, come avviene in altre specie.

I risultati ottenuti nella seconda fase di prove, successiva alla realizzazione del prototipo, riguardano l'efficienza operativa della macchina in campo. La tabella 5 riporta i principali risultati quantitativi e qualitativi delle prove di raccolta meccanica della camomilla. La capacità di raccolta della macchina (A) calcolata sul peso del prodotto fresco immagazzinato corrisponde alla effettiva produttività del sistema. L'efficienza della macchina non può prescindere dal valore dei fiori non raccolti rimasti in pianta (B) e da quelli caduti a terra dopo la raccolta (C). La somma delle quantità A,B,C corrisponde alla produzione totale della coltura di camomilla. In tabella 5 è riportato, inoltre, il valore percentuale della produzione raccolta, ricavato in funzione della produttività della coltura.

Tab. 5 - Efficienza di raccolta del prototipo nella raccolta dei capolini di camomilla

Misure	A	B	C	A+B+C	Qualità del raccolto	
	Raccolto a macchina	Fiori rimasti in pianta	Fiori caduti a terra	Produzione effettiva	Solo fiori	Scarto
	(g/m ²)	214	32	12,5	258,5	151,8
%	82,8	12,4 %	4,8 %	100,0 %	70,9 %	29,1 %

Si può notare l'ottima efficienza della macchina nella raccolta della camomilla presente in pianta. Le perdite a terra, nonostante i grossi progressi ottenuti dal prototipo, sono ancora molto elevate.

Del prodotto raccolto dalla macchina (valore medio 214 g/m²), in base alla selezione effettuata meccanicamente, circa il 70% risulta essere di 1^a qualità. In questo caso il restante 30% (definito scarto) è servito all'industria per la produzione di "setacciato". In questo caso non c'è stata distinzione tra prodotto di 2^a qualità e scarto, come avviene normalmente.

I risultati delle prove di raccolta effettuate con due tipologie di pettini, con denti a sezione circolare e denti a sezione triangolare, sono riportati nella tabella 6. Nei due casi l'efficienza d'intercettazione, ottenuta dal rapporto fra fiori raccolti e produzione effettiva, appare piuttosto elevata e con differenze poco significative. Anche nei riguardi delle perdite in pianta e a terra, le differenze sono minime, anche se i risultati tendono a indicare una maggiore efficienza dei denti di sezione triangolare.

Tab. 6 - Efficienza di intercettazione dei capolini con diverse tipologie dei pettini: denti tondi e triangolari

Tipologia dei pettini	Fiori raccolti		Fiori in pianta		Fiori a terra		Produzione effettiva	
	g/m ²	%	g/m ²	%	g/m ²	%	g/m ²	%
Denti a sezione circolare	203,4	77,4	33,1	12,6	26,1	9,9	262,6	100,0
Denti a sezione triangolare	232,9	84,3	28,7	10,4	14,6	5,3	276,2	100,0

I risultati riguardanti la qualità dei capolini raccolti con i due tipi di pettini utilizzati sono riportati nella tabella 7.

Tab. 7 - Analisi qualitativa del prodotto raccolto (%)

Tipologia dei denti dei pettini	1 ^a qualità %	2 ^a qualità %	Scarto %
Denti di sezione circolare	61,7	28,1	10,2
Denti di sezione triangolare	69,4	22,3	8,3

Dall'analisi qualitativa condotta presso l'azienda Aboca Erbe, la macchina dotata di denti a sezione triangolare ha dato un prodotto sensibilmente migliore. Con tali pettini circa il 70% del raccolto rientra nella categoria di prima qualità, mentre con i denti a sezione circolare solo il 60% circa.

Conclusioni

La richiesta di camomilla in Europa è in continua crescita, ma la massiccia offerta dei Paesi in via di sviluppo deprime il valore commerciale del prodotto. Gli alti costi di produzione ed in particolare della manodopera, rendono non competitiva la nostra produzione. Attualmente, la sopravvivenza della coltura italiana di camomilla è legata all'adozione di nuove macchine che riescano a contenere i costi di produzione, rispettando la qualità del prodotto.

In questo ambito l'I.S.M.A. ha progettato e realizzato un prototipo di macchina raccogliitrice innovativa molto interessante. L'innovativa soluzione ideata prende avvio dal tentativo di riprodurre la raccolta manuale, agevolata da pettini per lo strappo dei capolini. Essenziale è stata l'intuizione di invertire la rotazione del tamburo raccogliitore, rapportandone la velocità a quella d'avanzamento del mezzo. Si è così realizzato una traiettoria cicloidale che ha permesso ai pettini di effettuare un percorso verticale, attraverso la vegetazione, nella fase di strappo dei fiori.

L'alternanza di numerosi interventi meccanici e di prove in campo ha permesso di mettere a punto un prototipo che ha raggiunto livelli di efficienza quantitativamente e qualitativamente piuttosto elevati. Queste considerazioni non sono tratte da vere prove comparative, che non si sono potute effettuare nonostante la Ditta Aboca Erbe possedesse una raccogliitrice operante in zona. I dati forniti dai tecnici di Aboca, specializzati nella coltivazione della camomilla, indicano che la macchina da loro utilizzata raggiunge una velocità operativa di circa 900 m/h e della produzione totale il 50 % al massimo risulta di prima qualità. Confrontando questi valori con quelli relativi alla produttività e alla qualità del prodotto raccolto con il prototipo ISMA, emergono risultati nettamente migliori (velocità di raccolta pari a 2.000 m/h, anziché 900 m/h e prodotto di 1^a qualità 70 % anziché il 50 %). Evidentemente il percorso verticale dei pettini permette uno strappo dei capolini più veloce e delicato.

Lo stesso prototipo è stato utilizzato per effettuare prove di raccolta su altre colture di specie officinali: iperico, achillea e calendula. I primi risultati, più che soddisfacenti, fanno prevedere un ulteriore sviluppo applicativo del mezzo, oltre che nella camomilla, in molte altre specie officinali.

A nostro avviso, i promettenti risultati raggiunti e l'interesse che hanno sollevato, meritano l'avvio di una seconda fase operativa della ricerca, volta al perfezionamento del prototipo, in vista di uno sbocco commerciale della macchina.

Bibliografia

- ARSSA (2000) - Speciale piante officinali. Le coltivazioni, gli utilizzi, le aziende, il mercato. Terra e Vita, Supplemento n. 1 al n. 1.
- AA.VV. (1992) - Speciale piante officinali, CeMPO: risultati del progetto. Agricoltura Ricerca 132.
- Baraldi G., Bentini M., Guarnieri A. (1985) - Mechanical harvesting of *Anthemis nobilis*: first results. Atti del Convegno Internazionale della Società Italiana di Fitochimica "Chamomille in Industrial and Pharmaceutical use", Trieste 27-29 Giugno 1985, 22-26.
- Bentini M., Guarnieri A. (1988) - Primi risultati di prove sulla raccolta meccanica della camomilla romana (*Anthemis nobilis*). Rivista di Ingegneria Agraria 4, 193-197.
- Bovelli R. (1996) - Meccanizzazione della raccolta della camomilla. Atti Convegno Internazionale: "Coltivazione e miglioramento di piante officinali". Trento, 2-3 giugno 1994, 469-474.
- Bezzi A., Aiello N., Ghidini G. (1991) - La coltivazione della camomilla nell'Italia settentrionale. Vari tipi di camomilla comune coltivati in Trentino - Alto Adige. L'Informatore Agrario 19, .
- Bezzi A., Aiello N., Guerra A. (1991) - Coltivazione della camomilla comune in diverse regioni italiane. Scelte varietali. Ambiente prealpino. L'Informatore Agrario 39, .
- Bezzi A. (1994) - La coltivazione della camomilla comune [*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert]. L'Informatore Agrario, 22, 63.
- Bezzi A., Aiello N. (1994). Camomilla comune: scelte varietali per l'ambiente prealpino. L'Informatore Agrario 22, 64-66.
- Cavazzani M.A. (1991) - Meccanizzazione della raccolta "Speciale camomilla". L'Informatore Agrario 39, 74-76.
- Chiumenti R., Da Borso F., Bizzotto A. (1996) - Una macchina selezionatrice per i capolini di camomilla. Atti Convegno internazionale: "Coltivazione e miglioramento di piante officinali". Trento, 2-3 giugno 1994, 469-474.
- Circella G., De Mastro G., D'Andrea L., Nano G.M. (1994) - Camomilla: prove di confronto fra biotipi in ambiente meridionale. L'Informatore Agrario 22, 71-73.
- Dellacecca et al. (1992). [Speciale piante officinali: prima parte Camomilla]. Camomilla (*Chamomilla recutita* (L.) Rausch.). Primi risultati ottenuti nell'ambito del progetto: "Coltivazione e Miglioramento delle Piante Officinali". Agricoltura e Ricerca 131, 77-86.
- Dellacecca et al. (1991). Primi risultati sulla camomilla in Emilia. IA 91 n°19
- Dellacecca V., Marotti M., Giovanelli E. (1994) - La coltivazione di camomilla comune in Emilia: prove di confronto varietale, densità di semina e raccolta meccanica. L'Informatore Agrario 22, 67-70.
- Franz C., Olzl J., Mathé A., Winklhofer A. (1985) - Recent result on cultivation, harvest time and breeding of chamomille. Atti del Convegno Internazionale della Società Italiana di Fitochimica "Chamomille in Industrial and Pharmaceutical use", Trieste 27-29 Giugno 1985, 6-11.
- Franz C. (1992) - Genetica, biochimica e coltivazione della camomilla [*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert]. Agricoltura Ricerca 131, 87-96.
- Leto C., Carrubba A. (1994) - Valutazione bioagronomica di camomilla comune nella Sicilia interna. L'Informatore Agrario 22, 74-75.
- Marzi V. (1999) - Dossier piante officinali. La situazione e le prospettive in Italia. Insetto a Terra e Vita, 7.
- Subbioni F. (2000) - Piante officinali trainate dall'industria. Terra e Vita 1, 92-93.