

EFFICACIA DI DIVERSE STRATEGIE DI GESTIONE DELLE INFESTANTI NEL MAIS

A. FERRERO¹, T. POZZI², S. FOGLIATTO¹, F. VIDOTTO¹, M. MILAN¹

¹Università di Torino – DISAFA - Sezione di agronomia – Grugliasco (TO)

² Agricola 2000 s.c.p.a. Tribiano (MI)

aldo.ferrero@unito.it

RIASSUNTO

Nello studio, condotto nel biennio 2014-2015 nel lodigiano, sono state poste a confronto cinque diverse strategie gestionali: diserbo di pre-emergenza; diserbo di pre-emergenza+post-emergenza; diserbo di post-emergenza; diserbo chimico + lavorazione meccanica, sola lavorazione meccanica. Gli interventi meccanici sono stati rappresentati da sarchiature e strigliature. Gli effetti sulle malerbe delle diverse linee confrontate sono stati valutati misurando la densità di infestazione, la copertura al suolo, l'efficacia complessiva su base percentuale e la resa produttiva. Nel complesso, tutte le strategie di diserbo poste a confronto hanno manifestato una elevata efficacia, con la sola esclusione di quella basata sui soli interventi meccanici, nella quale sono stati osservati cali produttivi compresi tra il 50 ed il 90%. I risultati di questo studio hanno evidenziato che gli interventi meccanici da soli non sono risolutivi e che le malerbe non controllate sono comunque in grado di determinare significativi cali produttivi. La sarchiatura rappresenta la tecnica di controllo meccanico con l'azione più energica nei confronti delle infestanti.

Parole chiave: erbicida, periodo di applicazione, controllo chimico, controllo meccanico

SUMMARY

EFFICACY OF VARIOUS MAIZE WEED CONTROL STRATEGIES

The study was conducted in 2014 and 2015 at Turano Lodigiano (Lo). Five weed control strategies were compared: chemical pre-emergence, chemical post-emergence, chemical pre+post emergence, mechanical control, and chemical and mechanical control. The mechanical weed control was based on a combination of spring-tooth harrowing and ridging. In the chemical+mechanical control, four herbicide applications were combined with ridging. The effects on weed infestation were assessed by measuring plant density and ground cover and by visually evaluating overall efficacy on a percentage basis, and determining the crop yields. Overall, the chemical control showed high efficacy towards most of the weeds. The results of this study showed that mechanical interventions applied alone give insufficient control and escaped weeds resulted in significant yield reduction. Ridging was the best mechanical means in weed control.

Keywords: herbicide, application time, chemical control, mechanical control

INTRODUZIONE

Il controllo della flora infestante costituisce una pratica agronomica fondamentale per il raggiungimento di soddisfacenti risultati produttivi nelle colture agrarie. In alcune colture, come il mais, una non ottimale gestione della vegetazione infestante può significare significative riduzioni di produzione con conseguenti danni economici. La Direttiva 2009/128/CE sull'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari ha inteso promuovere, mediante il Piano di Azione Nazionale (PAN), l'applicazione di programmi di difesa delle colture volti a contenere l'impiego di prodotti fitosanitari, ricorrendo a sistemi integrati e alternativi di protezione, allo scopo di ridurre i rischi per la salute umana, l'ambiente e la biodiversità. Nel

caso del controllo della vegetazione infestante tali obiettivi possono essere raggiunti non solo attraverso la scelta degli erbicidi più opportuni in relazione alla tipologia di infestazione ed alle caratteristiche pedoclimatiche dell'areale considerato, ma anche mediante l'integrazione di questi interventi meccanici, quali ad esempio la sarchiatura o le strigliature (Paolini, 2000). Nelle colture seminate a file distanziate, come ad esempio il mais, la sarchiatura permette un più energico controllo della flora infestante, determinando oltre al ricoprimento, anche un taglio ed uno sradicamento delle piante infestanti. Rispetto alla strigliatura questo intervento meccanico consente, inoltre, un controllo delle infestanti in stadi fenologici più avanzati. *Echinochloa crus-galli*, *Amaranthus* spp. e *Chenopodium* spp. possono essere ad esempio ben controllate fino a 4-5 cm di altezza (Ferrero e Casini, 2001). La sarchiatura fornisce anche una serie di vantaggi agronomici con benefici sulla coltura quali ad esempio l'interramento dei fertilizzanti ureici, la rottura della crosta (che favorisce la penetrazione delle acque meteoriche o di scorrimento) (Pezzuolo, 2015). La strigliatura presenta, in generale, un'azione sulle malerbe più aleatoria, essendo questa fortemente influenzata da numerosi fattori colturali e climatici, quali ad esempio la profondità di lavorazione, l'umidità del suolo, la tipologia e lo stadio di sviluppo delle infestanti (Paolini, 2000). Per quanto riguarda le strategie chimiche di diserbo, in Italia buona parte della superficie coltivata a mais viene attualmente diserbata con interventi eseguiti in pre-emergenza (Geminiani e Campagna 2014, Casagrandi e Marzocchi, 2009). Tale strategia presenta il grande vantaggio di eliminare la presenza delle malerbe sin dai primi stadi di sviluppo della coltura, nei quali queste possono esercitare gran parte del loro effetto competitivo (Crivellari *et al.*, 2010; Ferrero *et al.*, 2010; Geminiani e Campagna 2014). La strategia di post-emergenza è di interesse soprattutto negli areali caratterizzati da elevato tenore in sostanza organica dove gli erbicidi residuali vedono ridotta la loro attività, in suoli molto sciolti dove vi possono essere rischi di fitotossicità, e per le semine in secondo raccolto (Geminiani e Campagna, 2015). Gli interventi di post-emergenza sono inoltre fondamentali per contenere lo sviluppo delle infestanti perennanti e ruderali, quali ad esempio *Sorghum halepense* e *Xanthium strumarium*, non controllate dagli erbicidi di pre-emergenza (Geminiani e Campagna, 2015; Casagrandi e Marzocchi, 2009). La scelta della più corretta strategia di controllo delle malerbe appare dunque essenziale nella gestione aziendale al fine di garantire adeguati livelli produttivi nell'ambito di un approccio integrato di gestione della flora infestante, finalizzato all'individuazione della strategia più idonea in relazione alla tipologia di infestazione presente, all'ordinamento produttivo aziendale ed ai vincoli normativi eventualmente presenti. In relazione a questi aspetti si è inteso effettuare uno studio volto a disporre di informazioni utili per la scelta dei più appropriati programmi di gestione delle malerbe del mais basati sui diversi strumenti di lotta già a disposizione.

MATERIALI E METODI

Lo studio, a carattere sperimentale dimostrativo, è stato condotto nel 2014 e nel 2015 a Turano Lodigiano (Lo) presso l'azienda Cerri in due appezzamenti con un suolo di natura franco limosa e inseriti in una rotazione triennale mais-mais-soia. Nello studio sono state poste a confronto le seguenti 5 strategie gestionali: diserbo di pre-emergenza; diserbo di pre-emergenza+post-emergenza; diserbo di post-emergenza; diserbo chimico + lavorazione meccanica, sola lavorazione meccanica (tabella 1). Il livello di infestazione presente nei due appezzamenti in assenza di interventi di controllo delle malerbe è stato valutato in parcelle testimone. All'interno di ciascuna strategia gestionale sono state individuate una o più linee operative rappresentate da singoli erbicidi, miscele di erbicidi, interventi meccanici o combinazioni di erbicidi con interventi meccanici, per un totale di 24 linee operative nell'ambito di ogni prova. Nella strategia di pre-emergenza sono state impiegate 9 miscele di

prodotti erbicidi, 5 in quella di pre + post-emergenza, e 5 in quella di solo post-emergenza. La strategia integrata diserbo chimico + diserbo meccanico ha previsto l'abbinamento di erbicidi applicati in pre-emergenza (2 prodotti) o in post-emergenza (2 prodotti) con uno o più interventi di sarchiatura. La strategia basata sul solo ricorso agli interventi meccanici ha invece previsto l'esecuzione di due interventi di strigliatura e due di sarchiatura. Nei due anni di sperimentazione, la semina della coltura è avvenuta alla metà del mese di aprile. In entrambi gli anni è stato adottato un disegno sperimentale a blocchi randomizzati, con tre ripetizioni. Ciascuna parcella era separata da quella contigue attraverso degli stradini e presentava una superficie di 28 m². Il diserbo è stato eseguito utilizzando una pompa a motore Honda dotata di una barra a 5 ugelli a ventaglio di tipo Tee Jet 11002 (sulla fila 8002) con un volume di acqua di 300 L/ha. La strigliatura è stata eseguita impiegando un erpice strigliatore a denti elastici, mentre le sarchiature mediante un comune sarchiatore a zappette. Gli interventi di diserbo di pre-emergenza sono stati realizzati il giorno successivo alla semina; quelli di post-emergenza precoce e di post-emergenza tardivo allo stadio di 2^a foglia e 5^a foglia, rispettivamente. I due interventi di strigliatura sono stati eseguiti allo stadio di 2^a e 5^a foglia, le sarchiature allo stadio di 5^a e 7^a foglia. L'efficacia nei confronti delle malerbe delle diverse linee operative è stata valutata in diversi momenti del ciclo colturale utilizzando una scala percentuale (da 0 a 100, con valori buoni di efficacia a partire dall'85%). Il livello di infestazione e la composizione floristica sono invece stati valutati attraverso il rilievo della densità (piante/m²) e del grado di copertura al suolo delle infestanti al momento della chiusura delle file. Al termine della stagione colturale è stata altresì misurata la produzione areica media ottenuta da ogni linea operativa.

RISULTATI

Campagna 2014

L'infestazione osservata all'interno delle parcelle testimoni nel corso del 2014 è risultata piuttosto uniforme all'interno dell'appezzamento e con un livello di infestazione particolarmente elevato (389 piante/m² allo stadio di pre-chiusura file). La composizione floristica era rappresentata dalle seguenti specie: *Abutilon theophrasti*, *Echinochloa crs-galli*, *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album*, *Panicum dichotomiflorum*, *Poa annua*, *Portulaca oleracea*, *Setaria viridis* e *Solanum nigrum*.

L'efficacia percentuale media osservata nelle diverse strategie poste a confronto è riportata in figura 1. In tabella 2 è riportata la densità media di infestazione osservata in ciascuna linea operativa e il rispettivo valore di copertura al suolo delle infestanti osservato.

Diserbo di pre-emergenza

Tutte le miscele impiegate nel diserbo di pre-emergenza hanno fatto rilevare un'elevata efficacia nei confronti della flora infestante presente. La buona efficacia delle diverse miscele impiegate è anche da porre in relazione al favorevole andamento climatico.

Tabella 1. Strategie gestionali confrontate e rispettive linee operative

Linea operativa	Prodotti impiegati nelle diverse linee	Linea operativa	Prodotti impiegati nelle diverse linee
Strategia 1	Diserbo pre-emergenza	Strategia 3	Diserbo post-emergenza
1	Dual Gold (1,5 L/ha) + Merlin Flexx (2 L/ha) + Stomp Aqua (2 L/ha)		Post-Precoce
2	Lumax (4,5 L/ha)	15	Lumax (3,5 L/ha)
3	Dual Gold (1,5 L/ha) + Merlin Flexx (2 L/ha) + Trek P (2 L/ha)	16	Adengo (2 L/ha)
4	Aspect (2,5 L/ha) + Merlin Flexx (2 L/ha)	17	Elumis (1 L/ha) + Dual Gold (1 L/ha)
5	Camix (2,5 L/ha) + Stomp Aqua (1,3 L/ha)		Post Precoce + Post Tardivo
6	Dual Gold (1,5 L/ha) + Sulcogan (1,5 L/ha) + Challenge (2 L/ha)	18	Camix (2,5 L/ha) e Ghibli (1 L/ha) + Mondak 21 S (0,8 L/ha)
7	Adengo (2 L/ha)	19	Adengo (2 L/ha) e Laudis (2 L/ha) + Mondak 21 S (0,8 L/ha)
8	Primagram Gold (4,5 L/ha) + Sulcogan (1,5 L/ha)	Strategia 4	Diserbo chimico + meccanico
9	Dual Gold (1,5 L/ha) + Sulcogan (1,5 L/ha) + Trek P (3 L/ha)		Pre-emergenza
Strategia 2	Diserbo pre-emergenza + post-emergenza	20	Lumax (4,5 L/ha) sulla fila + 2 sarciature
5 10 4	Camix (2,5 L/ha) + Stomp Aqua (1,3 L/ha) e Ghibli (1,5 L/ha) + Mondak 21 S (0,8 L/ha)	21	Lumax (4,5 L/ha) + 1 sarciatura
11	Primagram Gold (4,5 L/ha) e Ghibli (1,5 L/ha) + Mondak 21 S (0,8 L/ha)		Post-precoce
12	Aspect (2,5 L/ha) e Ghibli (1,5 L/ha) + Mondak 21 S (0,8 L/ha)	22	Lumax (3,5 L/ha) + 1 sarciatura
13	Dual Gold (1,5 L/ha) e Sulcogan (1,5 L/ha) + Ghibli (1,5 L/ha) + Mondak 21 S (0,8 L/ha)	23	Adengo (2 L/ha) + 1 sarciatura
14	Dual G. (1,5 L/ha) + Merlin Flexx (2 L/ha) e Ghibli (1,5 L/ha) + Mondak 21 S (0,8 L/ha)	Strategia 5	Diserbo meccanico
		24	2 Strigliature + 2 sarciature

Composizione dei formulati impiegati:

Dual gold (S-metolaclor); Primagram gold (terbutilazina + S-metolaclor); Lumax (terbutilazina + S-metolaclor + mesotrione); Sulcogan (sulcotrione); Merlin flexx (isossaftolo + *cyprosulamide*); Challenge (aclofen); Aspect (flufenacet + terbutilazina); Stomp aqua (pendimetalin); Trek p (pendimetalin + terbutilazina); Adengo (isossaftolo + tiencarbazione metile); Ghibli (nicosulfuron); Mondak 21S (dicamba); Elumis (mesotrione + nicosulfuron); Camix (mesotrione + S-metolaclor); Laudis (tembottrione + *isossadifen etile*).

Il verificarsi di alcuni episodi piovosi dei giorni successivi ai trattamenti ha certamente favorito l'attività erbicida dei diversi principi attivi, garantendo un livello medio di efficacia prossimo al 100%. A distanza di circa 72 giorni dal trattamento merita segnalare un leggero calo di efficacia della miscela contenente isossafutolo e tiencarbazone-metile (Adengo 2 L/ha) nei confronti di alcune graminacee (*P. dichotomiflorum* e *S. viridis*). Tale calo non ha comunque determinato alcuna ripercussione produttiva. Alcuni temporanei sintomi di fitotossicità, riconducibili verosimilmente alla sostanza attiva aclonifen, sono infine stati osservati nelle parcelle trattate con la miscela Dual Gold (1,5 L/ha) + Sulcogan (1,5 L/ha) + Challenge (3 L/ha), anche in questo caso, però, senza alcun riflesso produttivo sfavorevole.

Diserbo di pre-emergenza + post-emergenza

La più che soddisfacente risposta ottenuta con gli interventi di pre-emergenza avrebbe di fatto reso inutili gli interventi di post-emergenza. Questi sono comunque stati mantenuti ai soli fini sperimentali. Il livello di efficacia è stato superiore al 99%, mentre la densità di infestazione è risultata del tutto trascurabile.

Diserbo di post-emergenza

Gli interventi di post-emergenza (post-precoce + post-tardivo) hanno, nel complesso, fatto registrare un buon controllo della flora infestante. Le diverse miscele impiegate hanno infatti mostrato un livello medio di efficacia intorno al 95%, valore numericamente inferiore rispetto alle strategie precedenti, ma da considerarsi del tutto soddisfacente. E' anche da segnalare un'incompleta attività erbicida (efficacia $\leq 40\%$), evidenziata a partire da 30 giorni dal trattamento, nei confronti di alcune infestanti graminacee (*S. viridis* e *P. dichotomiflorum*) del formulato Lumax (3,5 L/ha). Tale riduzione di efficacia è verosimilmente da ricondurre alla scarsa umidità del terreno presente al momento del trattamento, condizione che ha certamente limitato l'efficacia di quelle componenti della miscela caratterizzate da una minore azione fogliare, in particolare di S-metolaclof. Va peraltro ricordato che il formulato Lumax è stato utilizzato nell'impiego di post-emergenza ad una dose inferiore rispetto all'impiego di pre-emergenza.

Nelle linee operative basate sugli interventi di post-emergenza precoce la densità media di infestazione è stata pari a 33 piante/m² con una copertura superiore al 30%. Occorre tuttavia considerare che tale infestazione, peraltro rappresentata prevalentemente da *S. viridis* e *P. dichotomiflorum*, si è sviluppata a partire da 30 giorni circa dalla semina e di conseguenza gli effetti competitivi dovuti alle malerbe sono risultati trascurabili.

Diserbo chimico + lavorazione meccanica

I livelli di efficacia ottenuti dalle linee impiegate in questa strategia sono risultati nel complesso soddisfacenti. Sia le applicazioni di pre-emergenza che quelle di post-emergenza abbinate alla lavorazione meccanica hanno infatti garantito un completo controllo della flora infestante. La linea operativa caratterizzata dal diserbo di pre-emergenza eseguito sulla fila integrato con due sarchiature ha manifestato una elevata efficacia, consentendo anche una riduzione di circa il 70% del quantitativo di prodotto impiegato. La ridotta efficacia della miscela Lumax impiegata in post-emergenza, osservata nei confronti di *S. viridis* e *P. dichotomiflorum* nel lungo periodo è stata sufficientemente compensata dall'esecuzione della lavorazione meccanica che ha permesso di controllare le due specie sia nell'interfila, che parzialmente, anche sulla fila.

Diserbo meccanico

Questa strategia, basata sul solo ricorso agli interventi meccanici, ha previsto l'esecuzione di due strigliature e di due sarchiature. L'efficacia osservata a 72 giorni dal trattamento, è risultata non superiore al 65%, con una densità media di infestazione di circa 70 piante/m². Tra le due tipologie di lavorazione meccanica eseguite, la strigliatura è quella che ha mostrato i

maggiori limiti manifestando una limitata efficacia soprattutto nei confronti di alcune specie come *A. theophrasti*. Gli interventi di sarchiatura, pur manifestando una buona efficacia sulla fila non sono tuttavia riusciti ad esercitare una sufficiente azione soppressiva nei confronti delle infestanti sfuggite sulla fila, che hanno quindi potuto esercitare tutta la loro azione competitiva nei confronti della coltura.

Risultati produttivi

La produzione media delle diverse linee si è attestata intorno a 18 t/ha di granella (al 15,5% di umidità). Tale resa, che appare decisamente superiore al dato medio produttivo osservato nella zona, è da mettere in relazione alle specifiche condizioni sperimentali. In particolare, la presenza di stradine di separazione tra le parcelle, ad esempio, può aver consentito alle piante di mais delle file più esterne di beneficiare di un maggiore irraggiamento e quindi di avere un maggiore rigoglio vegetativo. Le produzioni ottenute nelle diverse strategie gestionali non sono risultate tra loro significativamente diverse, con la sola eccezione della strategia basata sul diserbo meccanico e del testimone. Nelle parcelle testimone la produzione è stata di appena 0,5 t/ha, mentre in quelle gestite con gli interventi meccanici di circa 3,4 t/ha, con un calo di oltre l'80% rispetto ai valori medi rilevati nel caso del diserbo chimico o di quello chimico-meccanico. In tabella 2 sono riportate le produzioni areiche ottenute in ciascuna linea operativa e il dato medio per ciascuna delle strategie confrontate.

Campagna 2015

Nel secondo anno di studio, la prova è stata allestita con le medesime modalità dell'anno precedente in un appezzamento localizzato in una diversa area del comprensorio aziendale. Le specie prevalenti sono risultate: *A. theophrasti*, *A. retroflexus*, *C. album*, *P. dichotomiflorum*, *P. oleracea*, *S. viridis*, *Solanum nigrum* e *S. halepense*. Quest'ultima infestante, in particolare, ha presentato un'infestazione meno uniforme e localizzata in alcune aree dell'appezzamento. La tipologia di infestazione pur non risultando molto diversa da quella dell'anno precedente per quanto riguarda la composizione floristica, è apparsa, a distanza di 62 giorni dal trattamento, invece assai inferiore in termini di densità media di infestazione, con in media 30 piante/m². Occorre tuttavia considerare che nel 2015, anche in ragione delle più favorevoli condizioni meteorologiche, le infestanti ed anche la coltura si presentavano in uno stadio fenologico più avanzato. L'efficacia percentuale media osservata nelle diverse strategie poste a confronto è riportata in figura 1 mentre in tabella 2 sono riportate la densità media di infestazione osservata in ciascuna linea operativa ed i rispettivi valori di copertura al suolo delle infestanti.

Diserbo di pre-emergenza

Anche nella campagna 2015 le miscele impiegate nel diserbo di pre-emergenza hanno mostrato un'elevata efficacia nei confronti delle malerbe presenti. Il livello medio di efficacia è risultato superiore al 97%, con una densità media di infestazione di 8,2 piante/m² ed una copertura media al suolo delle infestanti non superiore al 4,5%.

In alcune linee operative (Primagram Gold + Sulcogan e Adengo) la densità osservata è risultata superiore rispetto alla media di strategia. L'infestazione era rappresentata da pochi individui appartenenti alle specie *A. theophrasti*, *S. viridis* e *P. oleracea* che si presentavano tuttavia ai primi stadi vegetativi e che quindi, anche in relazione allo stadio di sviluppo ormai raggiunto dalla coltura, non hanno determinato alcuna significativa attività di competizione.

Diserbo di pre-emergenza + post-emergenza

Gli interventi di post-emergenza hanno permesso di contenere anche le nascite tardive di alcune specie, determinando un'efficacia media a livello di strategia superiore del 98%. Va, a

questo riguardo, osservato che, come già nell'anno precedente, questi avrebbero anche potuto essere omessi, data la buona efficacia ottenuta con gli interventi di pre-emergenza.

Diserbo di post-emergenza

Nel 2015 questa strategia ha fatto rilevare un più che soddisfacente livello di efficacia (>98%). Rispetto alla stagione precedente anche la linea operativa a base del formulato Lumax ha manifestato un ottimo controllo della vegetazione infestante, verosimilmente da attribuirsi ad una maggiore umidità del suolo al momento del trattamento. In generale gli interventi di post-emergenza precoce hanno mostrato un'efficacia leggermente inferiore (96%) rispetto a quelli che prevedevano interventi sia in post-precoce che in post tardivo (99%). Va comunque fatto rilevare che la densità di infestazione osservata a 63 giorni dal trattamento è risultata molto modesta in tutte le linee operative confrontate (< 3,2 piante/m²) e con una percentuale di copertura delle infestanti del tutto trascurabile (<1%).

Diserbo chimico + lavorazione meccanica

L'integrazione tra diserbo chimico e lavorazione meccanica ha costituito anche nel 2015 una valida soluzione operativa. L'abbinamento della sarchiatura interfila alle applicazioni di post-emergenza (Lumax 3,5 L/ha e Adengo 2 L/ha) e di pre-emergenza (Lumax 4,5 L/ha) ha fornito, infatti, un buon contenimento della flora infestante, facendo rilevare una densità media di infestazione inferiore a 8 piante/m², con una copertura al suolo inferiore al 4%. Nel caso della linea che prevedeva il diserbo di pre-emergenza sulla fila abbinato alla sarchiatura interfila, è stato osservato un non completo controllo della vegetazione infestante, in particolare di *A. theophrasti*. La presenza di questa infestazione non ha tuttavia portato ad una significativa contrazione delle rese.

Diserbo meccanico

Il controllo delle malerbe basato sul solo ricorso ai mezzi meccanici, anche in questa seconda prova, non ha fornito risultati soddisfacenti. L'efficacia complessiva degli interventi meccanici realizzati è stata inferiore a quella osservata nella stagione precedente e non superiore al 50%. La presenza della vegetazione infestante è risultata particolarmente elevata sulla fila. Tale risultato è principalmente legato alla limitata azione sulle malerbe esercitata dagli interventi di strigliatura. La densità complessiva di infestazione osservata nelle parcelle è stata pari a circa 67 piante/m². La copertura al suolo delle malerbe, osservata a 63 giorni dal trattamento, si è attestata intorno al 43%.

Risultati produttivi

Nel 2015 la produzione media ottenuta dalle strategie basate sul solo ricorso al mezzo chimico ed a quelle integrate chimico+meccanico è stata di circa 16 t/ha, senza alcuna differenza significativa tra le diverse strategie confrontate. Produzioni invece significativamente inferiori sono state osservate nella strategia basata esclusivamente sul controllo meccanico (11 t/ha) e nel testimone (7 t/ha), anche se con livelli molto superiori a quelli osservati nella stagione precedente. Nel caso del testimone, per esempio la riduzione produttiva osservata in questo secondo anno è poco superiore al 50%, mentre nel 2014 è stata di oltre il 90%. Nel caso della strategia basata sul solo controllo meccanico, la maggiore produzione osservata nel 2015 è in parte da ricondurre alla diversa natura dell'appezzamento, ma più verosimilmente ad una maggiore disponibilità azotata del suolo (legata ad una abbondante distribuzione di digestato) che ha evitato che la coltura fosse eccessivamente penalizzata dalla competizione esercitata dalle infestanti, anche in presenza di specie molto competitive quali *A. theophrasti*. In tabella 2 sono riportate le produzioni areiche ottenute in ciascuna linea operativa e il dato medio per ciascuna delle strategie confrontate.

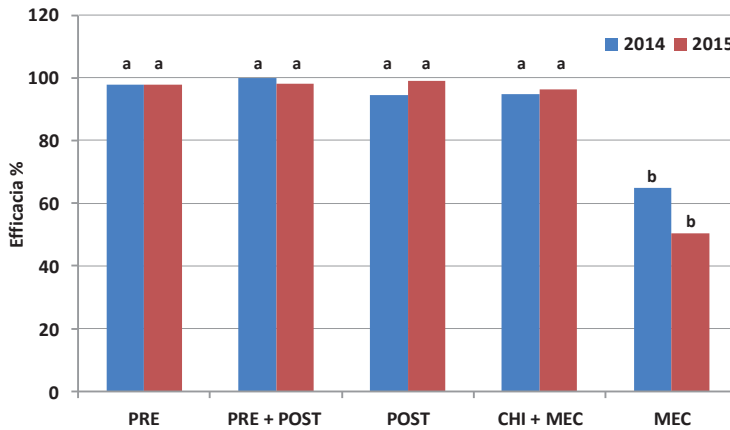
Tabella 2. Densità media di infestazione (piante/m²) e copertura al suolo (%) delle infestanti nei due anni di studio

Tesi	2014 (58 giorni dalla semina)			Tesi	2015 (63 giorni dalla semina)		
	Densità di infestazione (piante/m ² ±ES)	Copertura (%)	Resa (t/ha)		Densità di infestazione (piante/m ² ±ES)	Copertura (%)	Resa (t/ha)
Testimone	389,8 (±27,1)	98,9	0,53 c c	Testimone	119,9(±8,7)	98,9	6,97 c c
Pre + post	1,4 (±0,5)	0,5	18,50 a	Pre + post	2,3(±0,5)	2,2	15,90 a
2	1,9 (±1,9)	0,8	18,57 a	2	6,2(±2,4)	5,0	15,55 a
3	4,4 (±2,6)	1,3	18,28 a	3	1,6(±0,9)	6,0	16,14 a
4	0,7 (±0,7)	0,2	18,61 a	4	3,6(±2,4)	0,2	15,96 a
5	0	0	18,50 a	5	0	0	15,97 a
6	0	0	18,56 a	6	0	0	15,87 a
Post	20,5 (±2,9)	18,3	18,69 a	Post	3,2(±0,7)	0,9	16,01 a
7	16,2 (±6,2)	6,7	18,57 a	7	5,2(±2,3)	0,2	16,14 a
8	63,4 (±15,0)	65,0	18,29 a	8	5,5(±2,2)	3,6	15,95 a
9	19,3 (±5,7)	20,0	18,75 a	9	2,9(±2,0)	0,5	16,25 a
12	0,7 (±0,7)	0,1	18,86 a	12	0	0	15,83 a
13	2,9 (±1,4)	0,1	18,82 a	13	2,4(±1,6)	0	15,88 a
Pre	18,9 (±1,8)	7,7	18,56 a	Pre	8,2(±1,2)	11,3	16,10 a
14	3,6 (±1,3)	5,7	18,65 a	14	3,2(±1,9)	6,1	15,65 a
15	19,4 (±4,7)	9,2	18,17 a	15	24,8(±13,0)	7,8	16,36 a
16	9,4 (±4,5)	2,0	19,06 a	16	1,5(±1,5)	4,5	15,99 a
17	15,9 (±7,1)	7,7	18,17 a	17	8,0(±3,2)	4,7	16,07 a
18	16,3 (±2,7)	4,8	19,06 a	18	0,4(±0,4)	0	16,18 a
19	62,4 (±13,0)	34,5	18,53 a	19	18,7(±3,9)	11,5	16,21 a
20	13,4 (±4,1)	1,4	18,38 a	20	10,5(±4,4)	3,8	15,86 a
21	18,4 (±7,0)	2,4	18,11 a	21	5,1(±2,2)	2,1	16,32 a
22	11,0 (±3,6)	2,0	18,89 a	22	1,5(±1,5)	0,1	16,30 a
Chi + mec	10,5 (±1,7)	4,3	18,56 a	Chi + mec	18,5(±2,5)	7,8	16,05 a
23	16,9 (±3,9)	6,2	18,46 a	23	50,9(±10,8)	25,6	16,30 a
24	11,0 (±5,0)	3,4	18,65 a	24	12,0(±4,1)	3,8	16,13 a
10	13,9 (±4,3)	7,7	18,19 a	10	9,1(±3,1)	1,6	15,80 a
11	0	0	18,94 a	11	2,0(±1,6)	0,1	15,99 a
Mec	70,1(±27,5)	46,7	3,37 b b	Mec	66,9(±10,1)	43,8	10,93 b b

Note: ES: errore standard.

Valori seguiti dalla stessa lettera non sono diversi significativamente. Lettere minuscole: confronto tra linee operative (P≤0,05, test SNK). Lettere corsive: confronto tra strategie (P≤0,05, test REGWF)

Figura 1. Efficacia erbicida rilevata a 10 settimane dalla semina per le cinque strategie di diserbo confrontate nei due anni di studio



Nota: A lettere uguali corrispondono differenze non significative ($P=0,05$, REGWF test)

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

La sperimentazione condotta nel corso del biennio 2014-2015 ha permesso di formulare alcune interessanti considerazioni conclusive. Nel complesso tutte le strategie di diserbo poste a confronto hanno manifestato una elevata efficacia con la sola esclusione di quella basata sui soli interventi meccanici. In quest'ultima il limitato controllo della vegetazione infestante ha determinato cali produttivi compresi tra il 50 ed il 90%. Tra gli interventi di diserbo chimico, da questa sperimentazione è stato possibile ottenere un'ulteriore conferma della validità delle applicazioni di pre-emergenza. Occorre tuttavia segnalare che, in entrambe le stagioni, le frequenti precipitazioni successive all'applicazione dei prodotti di pre-emergenza hanno certamente favorito l'attività erbicida nelle diverse linee operative. La strategia di post-emergenza è apparsa una valida alternativa al diserbo di pre-emergenza, ma occorre sempre tenere presente che in condizioni ambientali sfavorevoli la tempestiva adozione ed applicazione di questa strategia potrebbe venire compromessa, con conseguenti eventuali riduzioni di efficacia dei prodotti utilizzati. Va anche in questo caso osservato che, soprattutto negli interventi precoci, l'efficacia erbicida è significativamente influenzata dalle condizioni climatiche, compresa la scarsa umidità del terreno al momento dell'applicazione. La strategia basata sull'abbinamento di trattamenti di pre-emergenza e di post-emergenza, seppur molto valida, risulta essere, nelle condizioni della sperimentazione, non giustificata né in termini agronomici, né economici. Gli interventi di post-emergenza eseguiti successivamente a quelli di pre-emergenza potrebbero rendersi convenientemente necessarie solo in caso di preoccupanti infestazioni da parte di specie perennanti rizomatose, quali ad esempio *S. halepense*. La strategia basata sull'integrazione del diserbo chimico con quello meccanico richiede considerazioni differenziate a seconda che l'intervento chimico sia effettuato a pieno campo o in modo localizzato. Le applicazioni di pre-emergenza e di post-emergenza a pieno campo hanno permesso di controllare efficacemente le diverse malerbe presenti; va però osservato che l'intervento meccanico ha solo ulteriormente perfezionato la già ottima azione erbicida del primo intervento chimico di pre-emergenza. Un'applicazione di pre-emergenza su tutta la superficie abbinata ad un controllo successivo nell'interfila con una lavorazione

meccanica rappresenta una soluzione ottimale, sia da punto di vista tecnico che agronomico. Anche l'applicazione di pre-emergenza localizzata sulla fila ha mostrato essere una soluzione in grado di assicurare un adeguato controllo della vegetazione infestante. Tale strategia permette peraltro di ridurre del 70% la quantità di prodotto distribuita, con indubbi vantaggi sia in termini economici che ambientali. Tale tecnica potrebbe, quindi, essere utilmente promossa nelle aree classificate come vulnerabili da prodotti fitosanitari e per quelle molecole più suscettibili ai fenomeni di trasporto. La strategia di controllo fondata esclusivamente sugli interventi meccanici ha presentato in entrambe le stagioni colturali un'efficacia piuttosto limitata. Tenuto conto che il tipo e il grado di infestazione presente nello studio sono da considerarsi tipici per la coltura del mais. I risultati di questo studio hanno infatti evidenziato che gli interventi meccanici non sono risolutivi e che le malerbe non controllate, sono comunque in grado di determinare significativi cali produttivi. Tra le due tipologie di lavorazione meccanica, la sarchiatura rappresenta la tecnica di controllo con l'azione più energica nei confronti delle infestanti. La strigliatura al contrario ha manifestato un'efficacia piuttosto limitata con un'azione molto ridotta, soprattutto sulla fila; nell'interfila infatti lo scarso effetto di questo intervento è stato in parte compensato dalla buona riuscita della sarchiatura. I risultati particolarmente sfavorevoli della strigliatura sono da porre in relazione anche all'abbondante presenza di *A. theophrasti* e dall'impossibilità di eseguire l'intervento ai primi stadi di sviluppo delle infestanti a causa dell'eccessiva umidità del suolo.

LAVORI CITATI

- Casagrandi M., Marzocchi L., 2009. Come azzerare la pressione delle infestanti in post. Speciale diserbo mais e sorgo. *Terra e Vita*, 9, 50-54.
- Crivellari A., Vidotto F., Tesio F., Savoia, W., Ferrero A., 2010 Determinazione del periodo critico di competizione nel mais. *Atti giornate fitopatologiche*, 1, 395-398.
- Direttiva 128/CE del parlamento europeo e del consiglio del 21 ottobre 2009 che istituisce un quadro per l'azione comunitaria ai fini dell'utilizzo sostenibile dei pesticidi.
- Ferrero A., Casini P., 2001. Mezzi meccanici. In: *Malerbologia di Catizone P. e Zanin G.*, Patron editore, Bologna, 252-262.
- Ferrero A., Savoia W, Tesio F., Crivellari A., Vidotto F., 2010. Verifica del periodo ottimale di intervento nella gestione delle infestanti del mais. *Atti giornate fitopatologiche*, 1, 391-394.
- Geminiani E., Campagna G., 2014. Pre-emergenza efficace contro le infestanti del mais. Prodotti dosi ed epoche di impiego. *L'informatore agrario*, 5, 50-56.
- Geminiani E., Campagna G., 2014. Post-emergenza su mais: strategie di intervento. Prodotti disponibili ed epoche di impiego. *L'informatore agrario*, 12, 74-79.
- Geminiani E., Campagna G., 2015. Strategie e prodotti contro le infestanti del mais. Interventi di pre-semina e pre-emergenza. *L'informatore agrario*, 4, 66-72.
- Casagrandi M., Marzocchi L., 2009. Pre-emergenza o post precoce. Speciale diserbo mais e sorgo. *Terra e Vita*, 9, 38-49.
- Paolini R., 2000. L'evoluzione del diserbo: le pratiche agronomiche. In: *Atti XIII Convegno SIRFI*, 19-54.
- Pezzuolo A., 2015. Sarchiatura tra polivalenza e tecnologia. Tecnologia e innovazione alla base dell'evoluzione. *L'informatore agrario*, 11, 14-17.