

Confronto tra miscele di erbicidi per il controllo della flora infestante del frumento duro

Michele Perniola¹, Stella Lovelli^{*1}, Teodoro Di Tommaso, Tommaso Caponio¹, Vittorio Fili²

¹Dipartimento di Scienze dei Sistemi Colturali, Forestali e dell'Ambiente, Università della Basilicata
Viale dell'Ateneo Lucano 10, 85100 Potenza
²Syngenta Crop Protection Spa

Data di ricevimento: 29 settembre 2007

Data di accettazione: 25 giugno 2008

Riassunto

Al fine di ampliare le possibilità di rotazione nell'uso di molecole erbicide si è voluto saggiare l'efficacia di azione di una nuova molecola, il pinoxaden, rispetto a quella di altri erbicidi comunemente impiegati per il diserbo del frumento duro.

La prova è stata condotta mettendo a confronto le seguenti miscele di erbicidi per il controllo delle infestanti: 1) Testimone non diserbato; 2) Tribenuron Metile (TM); 3) Clodinafop (C); 4) Tribenuron Metile + Clodinafop (TM+C); 5) Pinoxaden + clodinafop + propargile (PCP); 6) Pinoxaden + clodinafop + propargile + Triasulfuron (PCP+T); 7) Pinoxaden + clodinafop + propargile + Ioxinil puro e Mecoprop puro (PCP+IM).

La nuova miscela erbicida PCP+T in termini di efficacia, non si è differenziata statisticamente dal trattamento tradizionale con TMC, tuttavia è risultato pienamente soddisfacente il risultato agronomico di questa nuova miscela anche in considerazione del fatto che la messa in commercio di questo nuovo formulato non ha lo scopo di competere con altri erbicidi già presenti, bensì quello di ampliare la possibilità di rotazione nel tempo e nello spazio dei principi attivi, per ridurre il rischio di insorgenza di fenomeni di resistenza.

Parole chiave: pinoxaden, rotazione erbicidi, frumento duro.

Summary

STUDY OF DIFFERENT HERBICIDE MOLECULES FOR THE CONTROL OF DURUM WHEAT WEED

In order to enhance the chances to rotate the herbicide molecules, the effectiveness of a new molecule, pinoxaden, was tested, comparing it with other herbicides used in wheat weed control. The trial was carried out comparing the following herbicide mixtures: 1) no weed control treatment; 2) Tribenuron Methyl (TM); 3) Clodinafop (C); 4) Tribenuron Methyl + Clodinafop (TM+C); 5) Pinoxaden + clodinafop + propargile (PCP); 6) Pinoxaden + clodinafop + propargile + Triasulfuron (PCP+T); 7) Pinoxaden + clodinafop + propargile + absolute Ioxinil and Mecoprop (PCP+IM).

The new PCP+T herbicides mixture didn't differ statistically from the traditional TMC treatment in terms of effectiveness, but the agronomic result of the new mixture was totally satisfactory, even taking into account that the marketing of this mixture is not aimed to compete with other existing herbicides but to widen the chance to rotate active principles in time and space, in order to control the onset of resistance phenomena.

Key-words: pinoxaden, herbicide rotation, durum wheat.

* Autore corrispondente: tel.: +39 0971 205384; fax: +39 0971 205378. Indirizzo e-mail: stella.lovelli@unibas.it

Introduzione

Il controllo della flora infestante mediante l'ausilio del mezzo chimico ha trovato, nel recente passato, un motivo di forte preoccupazione nella comparsa di fenomeni di resistenza da parte di alcune specie di malerbe ad alcune famiglie di erbicidi (Friesen et al., 2000). L'insorgere di fenomeni di resistenza è fortemente favorito da situazioni agronomiche di monosuccessione e monodiserbo e, solitamente, acquisiscono più facilmente la resistenza le specie autogame, graminacee in particolare. Per queste ultime la comparsa di individui resistenti ad erbicidi è abbastanza nota (Devine and Shimabukuro, 1994; Heap, 1999). Anche nel sud Italia è stata segnalata la comparsa di fenomeni di resistenza da parte di popolazioni di *Lolium* e *Avena*, comuni infestanti dei campi di frumento, a erbicidi, ampiamente utilizzati per le colture cereali-cole, come ad esempio gli inibitori dell'acetil-coenzima A-carbossilasi e dell'acetolattato-sintetasi (Bravin et al., 2001).

La gestione dei problemi legati alla resistenza passa attraverso interventi di tecnica agronomica, finalizzati a evitare o a ritardare il manifestarsi della resistenza e limitarne la diffusione, e una corretta tecnica di utilizzo del mezzo chimico. Per quanto l'agrotecnica possa ritardare l'insorgenza della resistenza, non va dimenticato che, in base al modello di Gressel (1991), l'arricchimento di individui resistenti in una popolazione è un processo esponenziale, per cui, quando la resistenza si rende evidente, essa è già ampiamente diffusa e difficile da controllare. Pertanto, la corretta gestione del diserbo chimico rimane l'unico mezzo efficace, al presente, per evitare la futura insorgenza di massivi fenomeni di resistenza difficilmente controllabili. Per quanto concerne questo aspetto la rotazione nello spazio e nel tempo di differenti principi attivi di erbicidi, che presentano molecole con meccanismi di azione e di detossificazione differenti tra loro (Chokar et al., 2007) o, qualora possibile, l'utilizzo di miscele di erbicidi, rappresentano lo strumento più efficace non solo per evitare l'insorgere di questo problema, ma anche per salvaguardare nel tempo l'efficacia di azione delle attuali molecole disponibili in commercio. L'agricoltore non deve infatti sottovalutare la difficoltà e i costi che l'industria del settore deve sostenere per la ricerca e lo studio di nuove molecole che, inevitabilmente, ricadono come maggiori costi di

produzione per lo stesso agricoltore (Beckie et al., 1999). La disponibilità di nuove molecole per il diserbo delle colture, rappresenta quindi una irrinunciabile necessità per una corretta gestione del diserbo chimico e dei fenomeni di resistenza. Al fine di ampliare le possibilità di rotazione nell'uso di molecole erbicide si è voluto saggiare l'efficacia di azione di una nuova molecola, il pinoxaden, rispetto a quella di altri erbicidi comunemente impiegati per il diserbo del frumento duro. Il sito di azione di questa nuova molecola, capostipite della nuova famiglia chimica delle fenilpirazoline, è l'enzima Acetil-CoA carbossilasi (ACCase) che catalizza la formazione del Coenzima malonico A e la sintesi dei lipidi delle membrane cellulari (Zand et al., 2007). L'attività dell'ACCase nelle piante è legata a due isoenzimi localizzati in compartimenti diversi delle cellule delle piante: nei cloroplasti e nel citoplasma. Gli erbicidi attualmente in commercio e che possiedono lo stesso meccanismo di azione, inibiscono selettivamente il solo ACCase cloroplastico, Pinoxaden, invece, inibisce nelle infestanti graminacee anche quello citoplasmatico. Questa peculiare caratteristica permette di superare i principali meccanismi di sviluppo della resistenza eventualmente manifestatasi a seguito dell'impiego di altri prodotti che possiedono un meccanismo simile. Infine, va evidenziato che la tolleranza delle specie monocotiledoni a Pinoxaden si basa su differenti cinetiche metaboliche. Le colture tolleranti, come il frumento metabolizzano l'erbicida più velocemente delle infestanti graminacee. Dal momento che questa tolleranza naturale è comunque insufficiente per fornire un adeguato margine di sicurezza agronomica, il pinoxaden viene formulato con uno specifico antidoto (Cloquintocet-mexyl), che ha la funzione di accelerare il metabolismo e la detossificazione di questa molecola nella coltura, garantendo la non fitotossicità di Pinoxaden in tutte le condizioni di coltivazione.

L'obiettivo di questa ricerca è stato, dunque, quello di valutare l'efficacia erbicida di differenti miscele di principi attivi per il diserbo selettivo del frumento duro, tra i quali quello di più recente introduzione, il Pinoxaden.

Materiali e metodi

La prova è stata condotta in agro di Matera (40° 00' N 16° 00' E, 397m s.l.m.) su coltura di frumento duro (*Triticum durum*) varietà Svevo seminato il 5 novembre 2005. In tabella 1 sono ri-

portate le caratteristiche chimico fisiche del suolo su cui è stata condotta la prova. La coltura è stata seminata in successione a favino su terreno sottoposto a minima lavorazione. In particolare è stata eseguita una erpicatura con erpice a dischi a metà settembre e due passaggi di erpice a denti flessibili in ottobre. Prima dell'ultima erpicatura è stata effettuata una concimazione di fondo con fosfato biammonico apportando 18 Kg ha⁻¹ di azoto e 46 Kg ha⁻¹ di P₂O₅. La concimazione è stata completata in copertura distribuendo a fine accostamento (12-03-06) 46 Kg ha⁻¹ di azoto in forma ureica. La semina è stata effettuata con seminatrice meccanica, distribuendo 200 Kg ha⁻¹ di cariossidi con una distanza tra le file di 17 cm. La coltivazione è stata effettuata in regime asciutto. La raccolta è stata effettuata il 03-07-2006, alla maturazione di raccolta della granella (contenuto di umidità inferiore al 13%). In parcelle sperimentali di 100 m² ciascuna, nel periodo di fine accostamento-primo nodo del frumento (01-04-06), sono stati applicati, le seguenti miscele di erbicidi: 1) Testimone non diserbato; 2) Tribenuron Metile (TM) alla dose di 10 g ha⁻¹ per il controllo delle infestanti a foglia larga; 3) Clodinafop (C) alla dose di 250 ml ha⁻¹ per il controllo delle infestanti graminacee; 4) Tribenuron Metile alla dose di 10 g ha⁻¹ per il controllo delle infestanti a foglia larga + Clodinafop (TM+C) alla dose di 250 ml ha⁻¹ per il controllo delle infestanti graminacee; 5) Pinoxaden + clodinafop + propargile (PCP) alla dose di 250 ml ha⁻¹ per il controllo delle infestanti graminacee; 6) Pinoxaden + clodinafop + propargile alla dose di 250 ml ha⁻¹ per il controllo delle infestanti graminacee + Triasulfuron (PCP+T) alla dose di 37,5 gr ha⁻¹ per il controllo delle infestanti a foglia larga; 7) Pinoxaden + clodinafop + propargile alla dose di 250 ml ha⁻¹ per il controllo delle infestanti graminacee + Ioxinil puro 9% p/p e Mecoprop puro 27 % p/p (come estere butossietanologico) (PCP+IM) alla dose di 2,5 l ha⁻¹ per il controllo delle infestanti a foglia larga. A

tutti i principi attivi impiegati è stato aggiunto il Sorbitanmonooleato etossilato 12%, un coadiuvante comunemente impiegato in agricoltura per la distribuzione fogliare di prodotti veicolati con acqua, il quale ha la funzione di ridurre la tensione superficiale della miscela erbicida per favorire l'assorbimento fogliare del principio attivo e l'adesione della miscela sulla cuticola fogliare. Tutte le miscele sono state distribuite sulle parcelle mediante pompa a spalla elettrica, curando al meglio l'uniformità di distribuzione e applicando il prodotto alle prime ore del mattino, su coltura completamente asciutta e in completa assenza di vento per evitare deriva. Le miscele sono state diluite in acqua in un volume totale corrispondente a 300 l ha⁻¹. Anche sul testimone non diserbato è stato applicato lo stesso volume di acqua con aggiunta del solo Sorbitanmonooleato etossilato 12%. Infine i trattamenti a base di pinoxaden clodinafop propargile sono stati addizionati con Cloquintocet-mexyl (antidoto specifico del pinoxaden).

Al fine di valutare l'efficacia del nuovo formulato (Pinoxaden) nel controllo delle infestanti, in tutte le parcelle di ciascun trattamento sperimentale, in un'area di saggio di 1 m², è stata effettuata un'analisi floristica per il riconoscimento delle singole specie vegetali presenti al momento del rilievo il giorno prima (30 e 31-03-2006) e circa un mese dopo il trattamento di diserbo (cioè quando l'effetto del trattamento era completamente evidente). Sulla stessa area di saggio sono state contate le piante di frumento e di infestanti presenti, suddividendo queste ultime per singola specie. L'efficacia del trattamento è stata valutata in termini di percentuale di piante infestanti devitalizzate dal diserbante rispetto a quelle presenti prima del trattamento. L'efficacia delle differenti miscele nel controllo di tutta la flora infestante presente è stata, inoltre, valutata misurando l'effetto del trattamento anche in termini di variazioni dell'indice di area fogliare e di sostanza secca epigea della flora infestante nonché valutando

Tabella 1. Principali caratteristiche fisiche e chimiche del suolo su cui è stata condotta la prova (profondità 0-30 cm).

Table 1. Main physical and chemical soil characteristics concerned by the trial (0-30 cm depth).

Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	Sostanza organica (%)	Azoto totale (g/Kg)	P ₂ O ₅ assimilabile (ppm)	K ₂ O Scambiabile (ppm)	pH	Capacità di campo (-0.03 MPa)	Punto di appassimento (-1.5 MPa)
39	33	28	1.29	0.9	453	543	7.9	30.4	16.0

l'efficacia del trattamento erbicida nel contenere l'effetto competitivo della flora infestante sulla risposta produttiva del frumento. A tal fine alla raccolta è stata misurata, nei singoli trattamenti sperimentali, la produzione areica e le sue componenti (n° di culmi e di spighe m², numero di cariossidi per spiga e peso medio delle cariossidi). Le parcelle sono state disposte in campo secondo uno schema sperimentale a blocco randomizzato con tre ripetizioni. Previa analisi della varianza, le differenze significative tra i valori medi sono state calcolate mediante il test di Duncan.

Risultati e discussione

L'analisi floristica effettuata nelle parcelle di tutte le tesi sperimentali prima del diserbo (30 e 31-03-06) e al completo effetto del trattamento (04-05-06), ha evidenziato la presenza, oltre che del frumento, delle seguenti specie: *Anthemis altissima* L., *Papaver rhoeas* L., *Stellaria media* (L.) Vill., *Nigella damascena* L., *Fumaria officinalis* L., *Convolvulus arvensis* L., *Galium aparine* L., *Sinapis alba* L., *Sinapis arvensis* L., *Silybum marianum* (L.) Gaertner, *Scorpiurus muricatus* (L.), *Brassica nigra* (L.), *Diploaxis erucoides* (L.) DC., *Plantago lanceolata* L., *Daucus carota* L., *Ranunculus bulbosus* L., *Veronica hederifolia* L., *Bellevalia romana* L., *Alopecurus myosuroides* Hudson, *Lolium perenne* L., *Avena fatua* L.

Dall'analisi del numero di piante delle sin-

gole specie presenti per metro quadro di superficie campionata prima del trattamento erbicida non è stata rilevata alcuna differenza significativa tra i singoli trattamenti a confronto. La specie presente in numero maggiore di piante (circa 380 m⁻²) è ovviamente il frumento, che tuttavia costituisce meno della metà della popolazione di individui complessivamente presenti (37%, fig. 1a). Tra la flora infestante campionata, la specie numericamente più presente è risultata l'*Alopecurus*, che con circa 350 piante m⁻² costituisce ben il 33% degli individui complessivamente presenti. Sempre tra le graminacee, nettamente inferiore è risultata invece la presenza numerica del *Lolium* e dell'*Avena*, che rappresentano rispettivamente il 3 e lo 0,5% della popolazione presente al momento del rilievo. Tra le specie dicotiledoni le più presenti sono risultate il *Papaver*, l'*Anthemis* e la *Brassica nigra* che tuttavia nel complesso costituiscono appena il 23% della popolazione presente.

In termini di indice di superficie fogliare (LAI), l'*Alopecurus* è la specie che maggiormente partecipa alla copertura del terreno (LAI = 2,3) e, sebbene presente con un numero di individui leggermente inferiore al frumento, costituisce ben il 44% della superficie fogliare totale, rispetto al 39% della specie coltivata (fig. 1b). Ciò è da mettere in relazione al maggior rigoglio vegetativo e alla maggiore precocità di crescita di questa infestante rispetto al frumen-

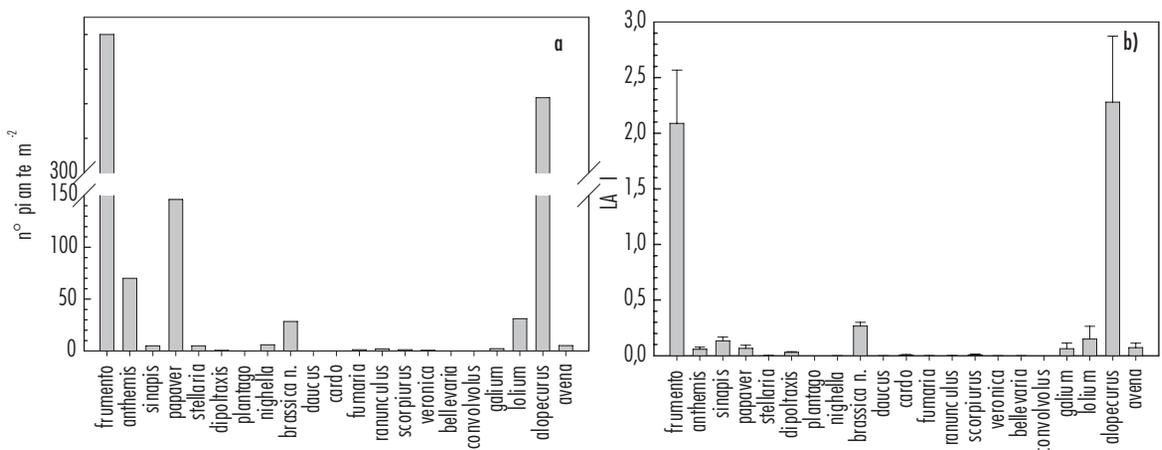


Figura 1. Numero medio di piante per metro quadro (a) e indice di area fogliare (LAI, b) prima del trattamento con i diversi principi attivi a confronto.

Figure 1. Mean number of plant/m² (a) and leaf area index (LAI, b) before treatment with the different compared active principles.

to, che ne fa dunque, in considerazione anche del numero di individui presenti, la principale specie competitoria. Decisamente trascurabile è risultata la superficie fogliare sviluppata dalle infestanti dicotiledoni, che complessivamente costituiscono appena il 12% della copertura vegetale, nonostante come numero di piante siano il 26% del totale. Ciò dipende sia dalla differente morfologia delle infestanti a foglia larga che, soprattutto, dal fatto che molte di esse si trovavano al momento del rilievo in fasi fenologiche meno avanzate rispetto al frumento e alle infestanti graminacee. Tra queste ultime, le specie a maggiore superficie fogliare sono risultate il *Papaver*, l'*Anthemis* e le tre brassicacee (*Brassica nigra*, *Sinapis* e *Diploaxis*).

Il trattamento TM non ha in alcun modo danneggiato le piante di frumento presenti, mentre ha ridotto in modo significativo la presenza della maggior parte delle specie dicotiledoni. Più in particolare sono risultate particolarmente sensibili (e quindi controllate in modo efficace dal diserbante) *Anthemis*, *Papaver*, *Diploaxis*, *Brassica nigra*, e *Ranunculus*; le rimanenti specie hanno mostrato una sensibilità media al diserbante a meno della *Scorpiurus* che è risultata resistente. Come era ovvio attendersi, il trattamento TM non ha avuto alcun effetto sulle tre graminacee presenti (*Alopecurus*, *Avena* e *Lolium*). Rispetto al campionamento effettuato prima del trattamento diserbante, il frumento ha assunto il ruolo di specie dominante (62% di presenza numerica) seguito dall'*Alopecurus* (30% di presenza). Tutte le altre specie presenti, nel complesso rappresentano appena l'8% della popolazione presente. Il trattamento C, al contrario del precedente, ha colpito in modo selettivo solo le tre graminacee infestanti presenti. Tra di esse sono risultate sensibili al trattamento *Alopecurus* e *Avena* (ridottesi rispettivamente del 96 e 89%), mentre meno sensibile è risultato il *Lolium* che si è ridotto del 72%. Come atteso in questo caso, il trattamento con TM non ha procurato variazioni significative nel numero di piante delle specie a foglia larga e del frumento. Anche in questo caso il trattamento ha modificato in maniera significativa la presenza numerica delle piante delle singole specie presenti prima del diserbo, portando ad un consistente aumento della presenza del frumento (che da un 37% di presenza prima del trattamento è passato al 63%) e a una signifi-

cativa riduzione, in questo caso, delle graminacee (che da un 38% sono scese ad appena il 4%). Dopo il trattamento con C, il rimanente 33% di piante appartengono quindi a specie dicotiledoni, e tra queste vi è una netta prevalenza del *Papaver* che costituisce ben il 23% della popolazione. Uno spettro di azione maggiore rispetto ai precedenti trattamenti è stato raggiunto grazie alla miscela Tribenuron Metile con Clodinafop (TM+C), che, coniugando l'azione diserbante contro le specie dicotiledoni del primo principio attivo e "graminicida" del secondo, ha permesso di innalzare la percentuale di presenza numerica delle piante di frumento a ben il 90% degli individui complessivamente presenti nella popolazione campionata. I principi attivi hanno manifestato nella miscela sostanzialmente lo stesso livello di efficacia riscontrato quando applicati singolarmente, per cui tra le specie presenti sono risultate meno colpite dall'azione erbicida la *Nighella*, il *Cardus* e il *Convolvulus* tra le specie "a foglia larga" e il *Lolium* tra le graminacee infestanti. La miscela TM+C (fig. 2a) ha quindi ridotto il numero di infestanti complessivamente presenti ad appena il 10% del totale; tra queste sono risultate maggiormente presenti il *Lolium* e l'*Alopecurus* tra le graminacee e la *Nighella* tra le specie dicotiledoni. Passando ora ad analizzare l'efficacia erbicida contro le infestanti graminacee del nuovo formulato commerciale (PCP), dalla figura 2b si può osservare l'ottima azione di controllo particolarmente contro *Alopecurus* e *Avena* (ridottesi rispettivamente del 96 e 94%) mentre il *Lolium* si è ridotto del 74%. Confrontando ora l'azione di controllo del PCP rispetto a quella dell'altro graminicida in prova (trattamento C), si può notare che i due principi attivi hanno esercitato un'azione pressoché simile; infatti non è risultata statisticamente differente né la percentuale media complessiva di riduzione del numero di infestanti graminacee presenti (in media 87 e 86% rispettivamente per PCP e C) né, per entrambi i principi attivi, il livello di sensibilità all'azione dell'erbicida da parte delle tre specie infestanti presenti (progressivamente decrescente passando da *Alopecurus* a *Avena* a *Lolium* per entrambi i principi attivi). L'analogia di comportamento rispetto al trattamento C risulta del tutto positiva se si considera che la messa in commercio di questo nuovo formulato non ha lo scopo di competere

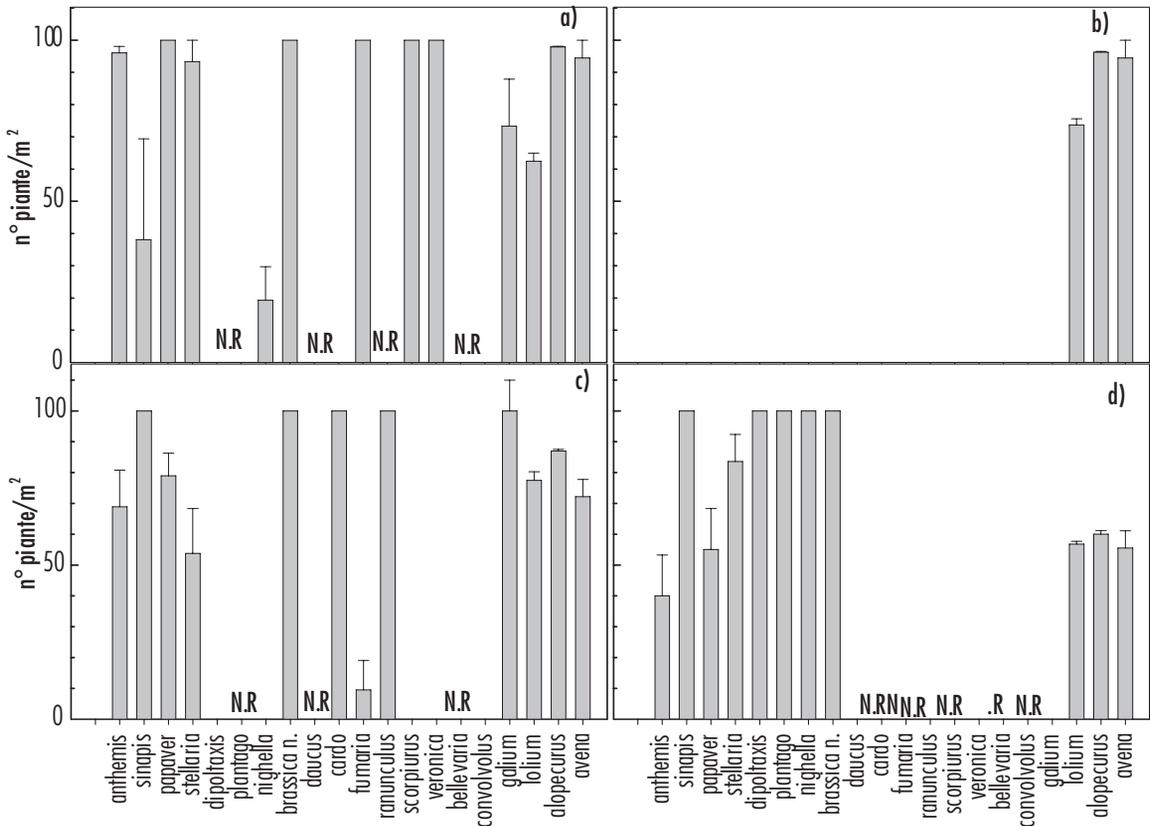


Figura 2. Riduzione percentuale del numero di piante delle specie infestanti presenti a seguito del trattamento con TM+C (a), con PCP (b), con la miscela PCP+T (c) e con la miscela PCP+IM (d).

Figure 2. Percentage reduction of weed plant number as a result of the treatments with TM+C (a), PCP (b), PCP+T mixture (c) and PCP+IM mixture (d).

con gli altri già presenti in termini di efficacia (peraltro già su livelli molto alti da parte ad esempio del Clodinafop), bensì, come ampiamente illustrato nel paragrafo introduttivo, quello di ampliare la possibilità di rotazione nel tempo dei principi attivi (che presentino ovviamente lo stesso livello medio di efficacia) per ridurre il rischio di insorgenza di fenomeni di resistenza. A seguito del trattamento con Pinoxaden-clodinafop-propargile le graminacee infestanti si sono ridotte ad appena il 4% della popolazione totale (rispetto al 37% inizialmente presente), mentre le specie dicotiledoni costituiscono, in questa tesi, il 36% della popolazione, di cui tuttavia il frumento rappresenta il 60%. In figura 2c è riportata l'efficacia della miscela PCP+T nel controllo rispettivamente delle infestanti graminacee e dicotiledoni. Come si può osservare dal confronto tra la figura 2c e 2b, in miscela il Pinoxaden ha fatto registrare

un leggero calo di efficacia nel controllo dell'*Alopecurus* e dell'*Avena* rispetto a quando utilizzato in purezza, fornendo tuttavia risultati decisamente soddisfacenti (riduzione del numero di piante di *Alopecurus* e di *Avena* rispettivamente 87 e 72%). Il triasulfuron ha mostrato una attività di contenimento delle infestanti dicotiledoni complessivamente inferiore rispetto al TM. La percentuale media totale di specie a foglia larga rimaste vitali dopo il trattamento è risultata infatti del 17%, contro il 5% della miscela TMC. Più in particolare sono risultate resistenti al triasulfuron *Cardus*, *Bellevallia*, *Convolvulus* e mediamente sensibili *Sinapis*, *Nigella*, e *Galium* (fig. 2c). L'utilizzo di questa miscela erbicida ha portato il frumento ad una percentuale di presenza numerica pari al 72% dell'intera popolazione di piante. L'efficacia erbicida della miscela PCP + IM è risultata inferiore rispetto alla precedente miscela PCP+T (fig. 2d).

Infatti, nei confronti delle infestanti graminacee, la prima miscela ha mostrato una efficacia media del 58% contro un valore di 79% della seconda. Risulta quindi significativa l'influenza negativa del prodotto dicotiledonico IM che ha abbassato sensibilmente l'attività del PCP nei confronti di tutte e tre le graminacee infestanti presenti (*Lolium*, *Alopecurus* e *Avena*) rendendola in alcuni casi quasi nulla grazie anche alla comparsa di numerosi ricacci fertili di *Avena*. Anche nei confronti delle infestanti dicotiledoni, IM ha mostrato un minor livello di efficacia rispetto a tutti i prodotti precedenti, in quanto queste specie nel complesso hanno costituito il 16% della popolazione, riducendosi di meno del 50% rispetto al loro valore iniziale. Più in particolare sono sfuggite all'azione dell'IM *Bellevialia* e *Convolvulus*, mentre mediamente sensibili sono risultate *Anthemis* e *Papaver*, queste ultime numericamente molto presenti nel campo prova e, specie l'*Anthemis*, molto competitiva nei confronti del frumento. Nel complesso è risultato quindi pienamente soddisfacente il risultato agronomico della miscela erbicida PCP+T che, in quanto ad efficacia, non si è differenziata statisticamente dal trattamento con TMC. L'efficacia del PCP in miscela con il triasulfuron è risultata tendenzialmente superiore nei confronti di *Alopecurus* (87%) rispetto ad *Avena* (72%) e *Lolium* (77%). Quanto sopra, tuttavia, richiede un ulteriore approfondimento sia per la differente prevalenza delle tre specie in contesti pedo climatici differenti, sia per il numero ancora esiguo di dati sperimentali raccolti.

In tabella 2 è riportata la risposta produttiva del frumento al diserbo effettuato con le sei miscele erbicide in prova. Come si può osser-

vare, la competizione esercitata dalla flora infestante presente nel sito di sperimentazione ha ridotto in modo significativo le potenzialità produttive del frumento che, nel testimone non diserbato, ha raggiunto i livelli di resa più bassi (3,5 t/ha⁻¹). Tra le componenti della produzione, quella più danneggiata dall'azione della flora infestante è risultato il numero di semi/spiga (mediamente pari a 22), sebbene, sempre in questa tesi, anche il numero di piante e di spighe per unità di superficie sia risultato in assoluto il più basso (rispettivamente 167 e 187 piante e spighe m⁻²). Il diserbo effettuato con TM ha determinato un incremento solo tendenziale di produzione rispetto al testimone non diserbato; significativo è risultato invece l'effetto del trattamento con Clodinafop (C) contro le infestanti graminacee, che ha permesso un incremento di produzione di 2,1 t ha⁻¹. Nonostante l'efficacia del TM nel controllo delle dicotiledoni sia risultata soddisfacente e nel complesso non inferiore all'efficacia del Clodinafop nel controllo delle infestanti graminacee, il maggior successo in termini di riposta produttiva del frumento di quest'ultima miscela è imputabile, come già evidenziato in precedenza, alla maggiore azione competitiva delle infestanti graminacee rispetto a quella delle specie dicotiledoni. La più elevata presenza numerica e, soprattutto, il maggior grado di copertura da parte del fogliame delle infestanti graminacee ha reso infatti più aggressive queste specie nei confronti del frumento rispetto alle altre; di conseguenza l'azione rinettante del Clodinafop è risultata più evidente rispetto a quella del tribenuron metile semplicemente perché ha agito sul gruppo di infestanti (e in particolare sull'*Alopecurus*) più

Tabella 2. Effetto dei diversi trattamenti in prova sulla produzione del frumento e sulle sue componenti.

Table 2. Effect of the different tested treatments on wheat yield and its components.

	n° piante/m ²	n° spighe/m ²	n° semi/spighe	Peso 1000 semi (gr.)	Produzione granella (t ha ⁻¹)
TESTIMONE	167	187	22 c	43,2	3,52 c
TM	188	199	26 abc	42,4	4,44 bc
C	219	215	30 a	45,3	5,63 ab
TM+C	218	238	28 abc	43,4	5,72 a
PCP	198	218	23 bc	44,3	4,92 ab
PCP + T	243	216	30 a	43,9	5,19 ab
PCP + IM	232	219	29 ab	42,4	5,09 ab

Values with different letters are statistically different among them according to the Duncan's test for P < 0,05 (lower-case letters) and P < 0,01 (capital letters).

aggressive. Come era ovvio attendersi la miscela TMC ha sortito in assoluto gli effetti migliori (tab. 2). Il controllo della competizione esercitata sia dalle infestanti graminacee che “a foglia larga” ha permesso infatti un incremento di produzione rispetto al testimone non diserbato di ben 2,5 t ha⁻¹, permetto al frumento di raggiungere una produzione di 5,7 t ha⁻¹.

Passando ora a considerare gli effetti del nuovo formulato PCP, sempre dalla tabella 2 si può osservare come questo graminicida sia da solo che in miscela con T o IM, ha permesso di ottenere produzioni di granella statisticamente non differenti da quanto ottenuto con Clodinafop da solo o in miscela con TM. Anche in questo caso il risultato è da considerarsi positivo se si considera, come già evidenziato discutendo della sua efficacia diserbante, che la messa in commercio di questo nuovo formulato non ha lo scopo di competere con altri erbicidi già presenti, bensì quello di ampliare la possibilità di rotazione nel tempo e nello spazio dei principi attivi, per ridurre il rischio di insorgenza di fenomeni di resistenza. I risultati analoghi ottenuti sulla produzione del frumento utilizzando il PCP da solo o in miscela con T o IM, confermano ulteriormente che le infestanti più nocive per la specie coltivata sono, nel contesto sperimentale, le graminacee.

Conclusioni

Dalla prova sperimentale condotta al fine di valutare l'efficacia erbicida di differenti miscele di principi attivi per il diserbo selettivo del frumento duro, tra i quali uno di recente introduzione, è possibile trarre le seguenti note conclusive.

L'analisi floristica effettuata nelle parcelle di tutte le tesi sperimentali prima del diserbo (30 e 31-03-06) e al completo effetto del trattamento (04-05-06), ha evidenziato la presenza, oltre che del frumento, delle seguenti specie: *Anthemis altissima* L., *Papaver rhoeas* L., *Stellaria media* (L.) Vill., *Nigella damascena* L., *Fumaria officinalis* L., *Convolvulus arvensis* L., *Galium aparine* L., *Sinapis alba* L., *Sinapis arvensis* L., *Silybum marianum* (L.) Gaertner, *Scorpiurus muricatus* (L.), *Brassica nigra* (L.), *Diploaxis erucoides* (L.) DC., *Plantago lanceolata* L., *Daucus carota* L., *Ranunculus bulbosus*

L., *Veronica hederifolia* L., *Bellevalia romana* L., *Alopecurus myosuroides* Hudson, *Lolium perenne* L., *Avena fatua* L.

Tra la flora infestante campionata, la specie numericamente più presente è risultata l'*Alopecurus*, che con circa 350 piante m⁻² costituisce ben il 33% degli individui complessivamente presenti. Tra le specie “a foglia larga” le più presenti sono risultate il *Papaver*, l'*Anthemis* e la *Brassica nigra* che tuttavia nel complesso costituiscono appena il 23% della popolazione presente.

Nel complesso e' risultato pienamente soddisfacente il risultato agronomico della nuova miscela erbicida Pinaxaden Clodinafop Propargile + Triasulfuron che, in quanto ad efficacia, non si è differenziata statisticamente dal trattamento tradizionale con TMC. L'efficacia del PCP in miscela con Triasulfuron è risultata tendenzialmente superiore nei confronti di *Alopecurus* (87%) rispetto ad *Avena* (72%) e *Lolium* (77%). Quanto sopra, tuttavia, richiede un ulteriore approfondimento sia per la differente prevalenza delle tre specie in contesti pedo climatici diversi, sia per il numero ancora esiguo di dati sperimentali raccolti.

La competizione esercitata dalla flora infestante presente nel sito di sperimentazione ha ridotto in modo significativo le potenzialità produttive del frumento che, nel testimone non diserbato, ha raggiunto i livelli di resa più bassi (3,5 t/ha⁻¹). Il nuovo formulato graminicida PCP, sia da solo che in miscela con T o IM, ha permesso di ottenere produzioni di granella statisticamente non differenti da quanto ottenuto con il tradizionale graminicida Clodinafop da solo o in miscela con TM. Questo risultato è da considerarsi positivo se si considera, che la messa in commercio di questo nuovo formulato non ha lo scopo di competere con altri erbicidi già presenti, bensì quello di ampliare la possibilità di rotazione nel tempo e nello spazio dei principi attivi, per ridurre il rischio di insorgenza di fenomeni di resistenza.

Bibliografia

Beckie H.J., Thomas A.G., Legere A., Kelner D.J., Van Acker R.C., Meers S. 1999. Nature, occurrence, and cost of herbicide-resistant wild oat (*Avena fatua*) in

- small grain production areas. *Weed Technol.*, 13:612-625.
- Bravin F., Zanin G., Preston C. 2001. Diclofop-methyl resistance in populations of *Lolium* spp. from central Italy. *Weed Research*, 41:49-58.
- Chhokar R.S., Singh S., Sharma R.K. 2007. Herbicides for control of isoproturon-resistant Littleseed Canarygrass (*Phalaris minor*) in wheat. *Crop Protection*, 27:719-726.
- Devine M.D., Shimabukuro R.H. 1994. Resistance to acetyl coenzyme-A carboxylase inhibiting herbicide. In: Powles S.B., JAM Holtum J.A.M. (eds.): *Herbicide Resistance in Plants: Biology and Biochemistry*, 141-169. Lewis Publishers, Boca Raton, FL USA.
- Friesen L.J.S., Ferguson G.M., Hall J.C. 2000. Management strategies for attenuating herbicide resistance: untoward consequences of their promotion. *Crop Protection*, 19:891-895.
- Gressel 1991. Why get resistance? It can be prevented or delayed. In: J.C. Caseley, G.W. Cussans, Atkin R.K. (eds): *Herbicide resistance in weeds and crops*, 1-25. Butterworth - Heinemann Ltd, Oxford.
- Heap I. 1999. International survey of herbicide-resistant weeds: lessons and limitations. In: *Proceedings 1999 Brighton Crop protection Conference – Weeds*. Brighton UK, 769-776.
- Zand E., Baghestani M.A., Soufizadeh S., Eskandari A., PourAzar R., Veysi M., Mousavi K., Barjasteh A. 2007. Evaluation of some newly registered herbicides for weed control in wheat (*Triticum aestivum* L.) in Iran. *Crop Protection*, 26:1349-1358.