

SOCIETÀ ITALIANA PER LA RICERCA SULLA FLORA INFESTANTE
S.I.R.F.I.

atti

**Il controllo della flora infestante:
un esempio di ottimizzazione a vantaggio
dell'ambiente e della produzione**

MILANO, 5-6 DICEMBRE 2000

SOCIETÀ ITALIANA PER LA RICERCA SULLA FLORA INFESTANTE
S.I.R.F.I.

atti

**Il controllo della flora infestante:
un esempio di ottimizzazione a vantaggio
dell'ambiente e della produzione**

a cura di

PASQUALE MONTEMURRO e ANDREA ONOFRI

MILANO, 5-6 DICEMBRE 2000

ATTI DELL' XII CONVEGNO BIENNALE S.I.R.F.I.

“Il controllo della flora infestante: un esempio di ottimizzazione a vantaggio dell'ambiente e della produzione ”

Milano, 5-6 dicembre 2000

INDICE

Relazioni generali

L'evoluzione del diserbo: gli erbicidi <i>P. Piccardi</i>	1
L'evoluzione del diserbo: le pratiche agronomiche <i>R. Paolini</i>	19
L'evoluzione del diserbo: il ruolo dei mezzi di distribuzione <i>P. Balsari e M. Tamagnone</i>	55
L'ottimizzazione del diserbo nella barbabietola da zucchero <i>P. Meriggi e P. Sgattoni</i>	69
L'ottimizzazione del diserbo nel mais <i>M. Airoidi</i>	93
L'ottimizzazione del diserbo nel riso <i>A. Ferrero e M. Tabacchi</i>	111
L'ottimizzazione del diserbo nel pomodoro da industria <i>P. Montemurro e P. Preziosa</i>	151

Contributi sperimentali

Ottimizzazione delle dosi d'impiego di triflurosulfuron-methyl nella barbabietola da zucchero <i>G. Covarelli e E. Pannacci</i>	175
Ulteriori verifiche di integrazione tra diserbanti di pre e post-emergenza della barbabietola da zucchero <i>G. Campagna, D. Bartolini e G. Rapparini</i>	185
Prove di lotta contro l' <i>Abutilon theopasti</i> Medicus infestante il mais <i>G. Rapparini, G. Campagna e F. Paci</i>	201
Influenza del momento di esecuzione del trattamento sull'attività erbicida di diserbanti applicati su mais in pieno campo <i>G. Rapparini, G. Vandini e F. Paci</i>	219
Valutazione della banca seme di infestanti in alcuni sistemi colturali a diverso impatto ambientale <i>S. Benvenuti, N. Silvestri, V. Bimbi, G. Simonelli e M. Macchia</i>	225
Assorbimento di ¹⁴ C diclofop-methyl in popolazioni italiane di <i>Lolium</i> spp resistenti: primi risultati <i>G. Dinelli, M. Minelli, A. Bonetti, P. Catizone, G. Zanin e F. Bravin</i>	253

Relazioni generali

L'evoluzione del diserbo: gli erbicidi

P. PICCARDI

Isagro Ricerca S.r.l., Novara

Riassunto

I cambiamenti introdotti nelle tecniche colturali e la ricerca di tecnologie innovative per il controllo della flora infestante costituiscono motivi di sfida, ma anche di opportunità, per lo sviluppo di nuovi agenti di diserbo. Notevoli progressi sono stati realizzati nella comprensione dei meccanismi d'azione delle principali classi di prodotti erbicidi e la ricerca industriale mondiale continua a mettere in luce altre strutture chimiche attive in ciascuna classe. Questa rassegna intende illustrare le attuali tendenze nella ricerca dei moderni erbicidi, dando un breve resoconto dei composti più recenti in commercio o in avanzato stadio di sviluppo.

Parole chiave: evoluzione diserbo, erbicidi.

Summary

The evolution of weed control: the role of herbicides

Changing or new agricultural techniques present important, challenging incentives for developing new herbicides and growth regulators. Some of them have even contributed to such changes and new ones could do so in the future. Advances have been made in our understanding of the biochemical mode of action of the major classes of herbicides and continued research has unearthed new structural types in each class. This review is designed to highlight a number of newer approaches in the search for safe, efficient methods of weed control, giving a short account of the most recent products on the market or in an advanced stage of development.

Key words: weed control evolution, herbicides.

Introduzione

La ricerca e sviluppo dei prodotti erbicidi è un'affascinante storia di successi, iniziata nell'immediato dopoguerra e in continuo progresso sotto la spinta delle migliorate conoscenze di biochimica e fisiologia vegetale e dell'evoluzione dei sistemi colturali. Fino alla fine degli anni '70 le pratiche di diserbo si basavano su numerose classi chimiche elencate nella figura 1; il drastico

incremento nella ricerca di nuovi erbicidi, al primo apparire degli inibitori dell'acetolattato sintetasi (ALS), ha reso ben presto disponibile un'ampia gamma di principi attivi, caratterizzati da un elevato grado di controllo delle erbe infestanti, grande flessibilità d'uso e notevole sicurezza per l'uomo e l'ambiente.

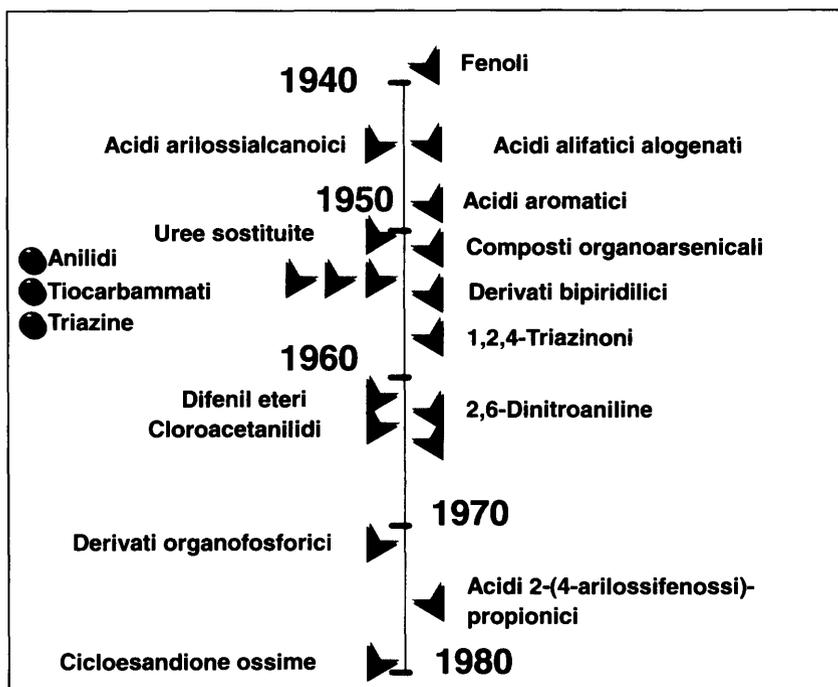


Figura 1. Cronistoria della scoperta delle diverse famiglie chimiche ad attività erbicida.

In termini monetari, gli erbicidi continuano a detenere il primo posto nell'intero settore dei fitofarmaci, con un valore di vendite mondiali di circa 15 miliardi di dollari all'anno. Tale successo è stato determinato dall'evidenza, ormai accertata anche in molti Paesi in via di sviluppo, dell'utilità del diserbo chimico per l'incremento dei raccolti e per l'ammodernamento delle coltivazioni.

L'applicazione massiva di diserbanti su mais, frumento, soia, riso, bietola e colture legnose da frutto è praticata da oltre un quarantennio. Essa è una delle migliori espressioni del progresso sociale nelle campagne, destinata ad affrancare l'agricoltore da una delle sue più dure fatiche. E' però noto che l'impiego eccessivo di prodotti molto persistenti, come quelli di prima generazione (nitroanilidi, triazine, e cloroacetammidi), utilizzati a dosi dell'ordine di 2-3 Kg di principio attivo (p.a.) per ettaro, ha spesso portato a fenomeni d'inquinamento della falda acquifera. Nel crescente interesse ai problemi della salvaguardia dell'ambiente appare più che giustificato vigilare sui possibili fattori d'inquinamento causati dall'agricoltura intensiva. La soluzione a questo problema

deve essere però ricercata entro una strategia di sopravvivenza, se è vero che la popolazione umana ha ormai superato i sei miliardi e la superficie di terre arabili non è illimitata. In uno scenario dove è divenuto sempre più urgente lo sfruttamento delle risorse rinnovabili, l'agricoltura si propone non solo come insostituibile componente della produzione alimentare ma anche come fonte di materie prime per l'industria e l'energia. Se confrontiamo queste necessità con l'esigenza di conciliarne il rapporto con l'ambiente, appare chiaro come sia richiesto nel settore agricolo un notevole sforzo innovativo, non certo rinunciando al diserbo chimico ma razionalizzandolo in modo da mantenere i vantaggi che esso si propone, riducendone al minimo le conseguenze negative. Tutto questo ha dischiuso prospettive di grandi interesse nello sviluppo di nuovi erbicidi e ha portato alla messa a punto di principi attivi, poco persistenti e applicabili a dosi dell'ordine dei 100-300 g p.a. ha⁻¹, fino a qualche tempo fa impensabili. Essi hanno anche dischiuso prospettive di grande interesse nella ricerca di tecniche di lavorazione più adeguate ai diversi tipi di suolo, sia in relazione alla capacità produttiva del terreno che all'evoluzione nel tempo della sua fertilità biologica ed agronomica. E' oggi possibile controllare le malerbe bersaglio in modo economicamente vantaggioso, impiegando prodotti altamente selettivi e attivi a piccole dosi, intervenendo il più possibile in post-emergenza, evitando di ricorrere ogni anno al medesimo principio attivo e tornand' a considerare il trattamento chimico come strumento complementare e non totalmente sostitutivo dei mezzi meccanici e fisici di controllo delle piante infestanti.

Questa relazione ha lo scopo di illustrare le attuali tendenze nella ricerca dei moderni erbicidi, dando un breve resoconto dei composti più recenti o in avanzato stadio di sviluppo. Nella esposizione che segue si sono raggruppate le diverse classi di diserbanti in funzione del loro meccanismo d'azione, trascurando, per motivi di spazio, alcuni composti, pure importanti, in favore di una scelta basata su alterazioni biochimiche accertate.

1. Inibitori della biosintesi di catene amminoacidiche ramificate.

Gli amminoacidi a catena ramificata, leucina, isoleucina e valina, sono prodotti secondo processi biosintetici simili, catalizzati nella loro fase iniziale dall'enzima acetolattato sintetasi (ALS). Questo enzima è il bersaglio di alcuni potenti erbicidi appartenenti a cinque diverse classi chimiche: solfoniluree, imidazolinoni, triazolopirimidine solfonanilidi, eteri pirimidinici e solfonilamminocarbonil-triazolinoni.

1.1 Solfoniluree

La scoperta delle solfoniluree, avvenuta nei laboratori di DuPont, ha rappresentato una delle tappe più importanti nella storia degli erbicidi. Introdotte sul mercato agli inizi degli anni '80, le solfoniluree sono in breve divenute oggetto di studio della ricerca accademica e industriale mondiale. Questo fervore innovativo ha reso possibile nel volgere di pochi anni la messa a punto di

molecole specifiche per il diserbo di cereali, mais, soia, barbabietola da zucchero, colza, arachide, tappeti erbosi e riso. Esse presentano un ampio spettro d'azione, ottenibile a dosaggi molto bassi, efficacia nelle applicazioni sia in pre- sia in post-emergenza, alto grado di selettività ed elevata sicurezza ambientale (Levitt, 1991). La tabella 1 riassume le caratteristiche principali dei più recenti prodotti commerciali.

Bensulfuron-methyl (Bassi, 1987) è stato il primo inibitore di ALS impiegato per il controllo delle infestanti perenni a foglia larga e delle ciperacee del riso. Il suo impiego in Giappone e nella maggior parte dei paesi risicoli dell'Asia ha rivoluzionato la tecnica tradizionale di controllo delle malerbe del riso trapiantato, basata su almeno due interventi di diserbo in stadi diversi di sviluppo della coltura. L'abbinamento del bensulfuron a un prodotto giavonicida ha permesso di realizzare miscele "one shot" in grado di risolvere tutti i problemi della flora infestante con una sola applicazione.

Il successo tecnico ed economico del bensulfuron-methyl ha stimolato ulteriormente la ricerca in questo settore, rendendo disponibili numerosi prodotti di combinazione (Tab. 2) che oggi detengono oltre il 70% del mercato degli erbicidi da riso nel solo Giappone.

1.2 Imidazolinoni

La scoperta degli imidazolinoni, così come quella delle solfoniluree, risale alla metà degli anni '70 ed è avvenuta in modo casuale notando una debole attività erbicida in composti di interesse farmaceutico (Wepplo, 1990). Imidazolinoni e solfoniluree sono esempi istruttivi di come la perseveranza della ricerca chimica, sorretta da un'efficiente valutazione biologica, possa permettere il raggiungimento di risultati pratici eccezionali.

I requisiti strutturali per l'attività erbicida dei derivati dell'imidazolinone sono facilmente deducibili dai composti inseriti nella figura 2. Mentre l'attività biologica è modulata dai cambiamenti nella funzione acida o nella parte aromatica delle molecole, la presenza del gruppo 4-isopropile-4-metile sull'anello dell'imidazolinone è fondamentale.

Attualmente la famiglia comprende i sei prodotti riportati nella figura 2, di cui cinque sono utilizzati nel diserbo di colture erbacee, mentre il sesto è destinato ad usi non agricoli. La flessibilità applicativa degli imidazolinoni è esaltata dall'associazione a erbicidi tradizionali, utilizzati a dosi ridotte (Fig. 3). Queste combinazioni permettono di risolvere le più difficili problematiche di diserbo delle colture maggiori, scegliendo tra interventi di pre o post-emergenza. Tali miscele hanno trovato un grande consenso tra gli agricoltori degli USA, soprattutto dopo l'introduzione commerciale di varietà di mais resistenti (IMI-Corn®) agli Imidazolinoni, ottenute in modo naturale, utilizzando tecniche non transgeniche, quali la selezione di colture cellulari e la mutagenesi del polline.

Tabella 1. Solfoniluree erbicide di recente lancio commerciale o in sviluppo avanzato

Nome Comune	Società¹	Coltura e dose di applicazione di p. a. (g ha⁻¹)	Anno²
Halosulfuron-methyl	Nissan Chemical	Mais (36-70 POE; 73-105 PRE)*, tappeti erbosi (35-200)	1991
Rimsulfuron	DuPont	Mais (15), patate, pomodoro (10-35)	1992
Imazosulfuron	Takeda Chem. Industries	Riso, frumento, orzo (90)	1993
Cyclosulfamuron	American Cyanamid	Riso (45-60), frumento e orzo (25-50)	1993
Prosulfuron	Ciba Geigy	Mais(15-40), frumento, sorgo	1993
Ethoxysulfuron	Hoechst	Riso (15-60), cereali (15-30), canna da zucchero(60-120)	1995
Azimsulfuron	DuPont	Riso (20-25)	1995
Oxasulfuron	Ciba Geigy	Soia (45-80)	1995
Sulfosulfuron	Takeda Chem. Industries	Frumento (10-35)	1995
Triflusaluron-methyl	DuPont	Barbabetola da zucchero (15-30)	1995
Anthrasulfamuron ³	Isagro Ricerca	Riso (40-60)	1999

(1) Società che ha sviluppato il prodotto; (2) anno di presentazione pubblica del prodotto; (3) nome proposto alla BSI.

(*) POE = post-emergenza; PRE = pre-emergenza.

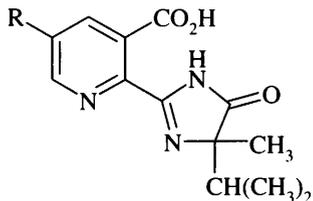
Tabella 2. Combinazioni sviluppate in Asia per il diserbo del riso trapiantato in applicazioni “one-shot”

Solfonilurea	Partner	Società¹	Anno²
Ethoxysulfuron	Anilofos	AgrEvo ³	1998
	Anilofos + Benfuresate	AgrEvo	2000
	Anilofos + Daimuron	AgrEvo	2000
	Anilofos + Daimuron + Benfuresate	AgrEvo	2000
	Fenoxaprop-P-ethyl	AgrEvo	2001
	Propanil	AgrEvo	2001
Bensulfuron-methyl	Benfuresate	AgrEvo	1997
	Benfuresate + Dimepiperate	AgrEvo	1994
	Cafenstrole + Daimuron	DuPont	1997
	Cafenstrole + Daimuron + Cyhalofop-butyl	DuPont	2001
	Azimsulfuron-methyl + Cafenstrole + Daimuron + Cyhalofop-butyl	DuPont	2001
	Thenylchlor	Tokuyama Corp.	1994
	Azimsulfuron-methyl + Daimuron + Thenylchlor	DuPont	2000
Cyclosulfamuron	Cafenstrole + Daimuron	Cyanamid of Japan	1997
Imazosulfuron	Pyributicarb + Daimuron	Takeda Chem. Ind.	1994
	Mefenacet + Daimuron	Takeda Chem. Ind.	1994
	Esprocarb + Daimuron	Takeda Chem. Ind.	1994
	Dimethametryn + Pretilachlor + Daimuron	Takeda Chem. Ind.	1994
Pyrazosulfuron-ethyl	Cafenstrole	Nissan chemical	1997
	Cafenstrole + Cyhalofop-butyl	Nissan Chemical	1997

(1) Società che ha sviluppato il prodotto

(2) Anno di lancio commerciale o di prevista registrazione

(3) Ora Aventis

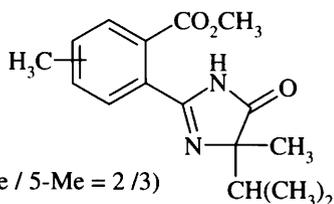


R = H **Imazapyr**
(Erbicida per aree non coltivate, 1981)

R = CH₃ **Imazapic**
(Erbicida per arachidi e canna da zucchero, 1988)

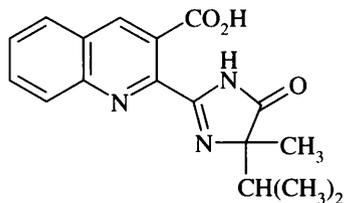
R = CH₃CH₂ **Imazethapyr**
(Erbicida per soia, mais e arachidi, 1984)

R = CH₃-O-CH₃ **Imazamox**
(Erbicida per soia, 1991)



(4-Me / 5-Me = 2 / 3)

Imzamethabenz-methyl
(Erbicida per cereali, 1982)



Imazaquin
(Erbicida per soia, 1991)

Figura 2. struttura chimica degli Imidazolinoni sviluppati da American Cyanamid

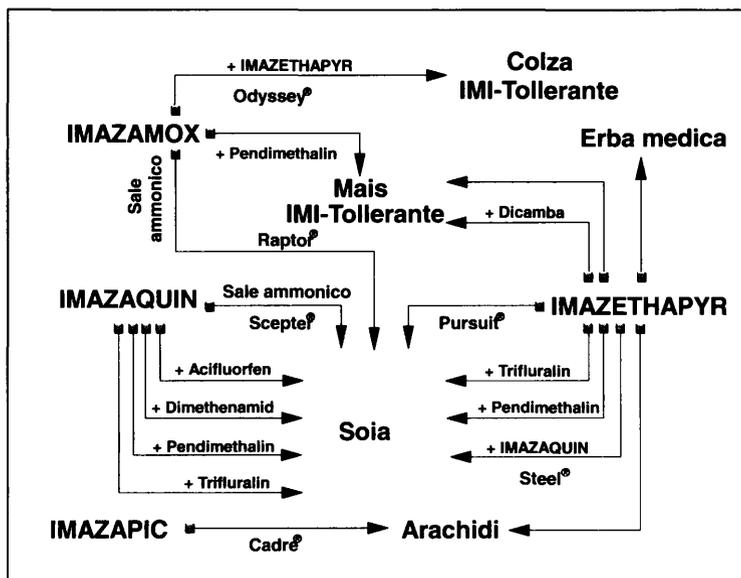


Figura 3. Principali associazioni di imidazolinoni con erbicidi tradizionali.

1.3 Triazolopirimidine solfonanilidi

La scoperta di questa famiglia di inibitori dell'ALS è stata ottenuta dai ricercatori di DowElanco (Kleschick *et al.*, 1990) attraverso l'elaborazione strutturale delle solfoniluree basata sull'ipotesi che il carbonile del ponte ureico potesse essere rimpiazzato da un gruppo stericamente equivalente, quale un doppio legame carbonio-azoto. Tale approccio sintetico è stato ulteriormente elaborato fondendo l'azoto del legame C=N con uno degli azoti dell'anello pirimidinico (Fig. 4), ottenendo alcuni derivati benzensolfonici di ammine bicicliche dotate di buona attività erbicida. Invertendo la funzionalità del gruppo solfonammidico fu possibile preparare composti che esibivano un'eccellente attività biologica.

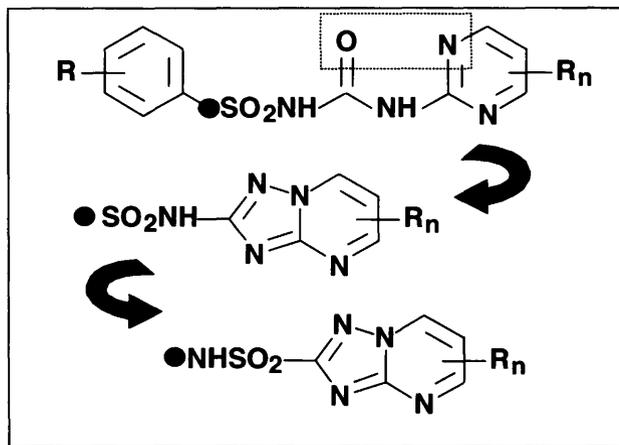


Figura 4. Approcci di sintesi seguiti da Dow AgroSciences nella ricerca degli inibitori ALS

Flumetsulam e metosulam furono i primi termini commerciali della famiglia. Il primo è un erbicida di pre-emergenza (Kleschick *et al.*, 1992; Wolt *et al.*, 1992) destinato al controllo delle infestanti dicotiledoni del mais [dose applicativa (d.a.): 79 g p.a. ha^{-1}] e soia nelle Americhe e in Australia. Il secondo è un diserbante di post-emergenza (Maycock *et al.*, 1993), che ha trovato impiego in Europa nella difesa del mais (d.a.: 25 g p.a. ha^{-1}) e dei cereali (d.a.: 10-15 g p.a. ha^{-1}) dalle principali malerbe a foglia larga, *Galium aparine* L. inclusa.

Cloransulam-methyl e diclosulam sono prodotti di più recente introduzione commerciale, sviluppati per essere impiegati su soia. Cloransulam-methyl (Wolt *et al.*, 1996) è un dicotiledonico di pre- (d.a.: 35-44 g p.a. ha^{-1}) o post-emergenza (d.a.: 17,5 g p.a. ha^{-1}), la cui attività è complementare a quella del flumetsulam. Il principio attivo viene velocemente assorbito dalle radici e dalle foglie e da qui veicolato ai meristemi apicali. Al momento del trattamento può essere mescolato con altri erbicidi per controllare un maggior numero di infestanti dicotiledoni.

Dow AgroSciences ha recentemente lanciato negli USA una combinazione con flumetsulam per la difesa della soia da infestanti difficili come *Abutilon theophrasti* Medicus, *Cassia obtusifolia* L., *Sida spinosa* L. e *Ipomea* spp. . Diclosulam (Brewer, 1998; Bailey, 1999) è stato sviluppato essenzialmente per il controllo in pre-emergenza (d.a.: 17-35 g p.a. ha⁻¹) di malerbe a foglia larga in colture di soia e arachide.

Florasulam (Thompson *et al.*, 1999) è l'ultimo nato della famiglia e come i precedenti prodotti è attivo nei confronti delle malerbe dicotiledoni. Esso possiede una vita particolarmente breve nel terreno ed è quindi innocuo per le colture in rotazione. Dow sta sviluppando l'erbicida per impieghi in post-emergenza (d.a.: 5 g p.a. ha⁻¹) su cereali in Europa e Canada e su tappeti erbosi in Giappone.

1.4 Eteri pirimidinici

Gli eteri pirimidinici (Fig. 5) sono potenti inibitori di ALS, scoperti e sviluppati da Kumiai Chemical.

Pyrithiobac-sodium (Sunderland & Coble, 1994; Harrison *et al.*, 1996; Wilcut, 1998) è un diserbante per il cotone (d.a.: 70 g p.a. ha⁻¹), attivo nei confronti di un ampio spettro di infestanti a foglia larga, tra cui *A. theophrasti*, *Amaranthus retroflexus* L. e specie del genere *Ipomea*. Esso è finora l'unico erbicida che può essere irrorato sul fogliame del cotone non transgenico. La sua azione è piuttosto lenta e può essere migliorata con l'ausilio di opportuni adiuvanti siliconici o tensioattivi non ionici. Usato su cotone transgenico, tollerante il bromoxynil o il glyphosate, potenzia lo spettro d'azione di questi erbicidi, controllando le malerbe resistenti. Il prodotto è stato registrato negli Stati Uniti nel 1995 e quindi introdotto in Australia e in diversi stati dell'America Meridionale.

Pyriminobac-methyl (Shimizu *et al.*, 1994; Tamaru *et al.*, 1997) è un graminicida impiegato (d.a.: 30-90 g p.a. ha⁻¹), in qualsiasi stadio di sviluppo del riso, per estirpare i giavoni. L'attività residua del composto, circa sette settimane, è tale da consentire un unico trattamento per stagione. E' stato lanciato in Giappone nel 1996.

Bispyribac-sodium (Yokoyama *et al.*, 1993; Schmidt, 1999) è un altro termine della classe, proposto per applicazione fogliare su riso a semina diretta, per il controllo (d.a.: 15-45 g p.a. ha⁻¹) di giavone, ciperacee e numerose infestanti a foglia larga.

Pyribenzoxim (Cho *et al.*, 1997; Koo *et al.*, 1997) è un analogo del prodotto precedente, che trova i maggiori impieghi nel diserbo in post emergenza del riso, sia quello trapiantato che a semina diretta (d.a.: 30-50 g p.a. ha⁻¹). Frutto della ricerca di LG Chemical, è stato lanciato nella Corea del Sud nel 1998, come il primo fitofarmaco scoperto e sviluppato in questo paese.

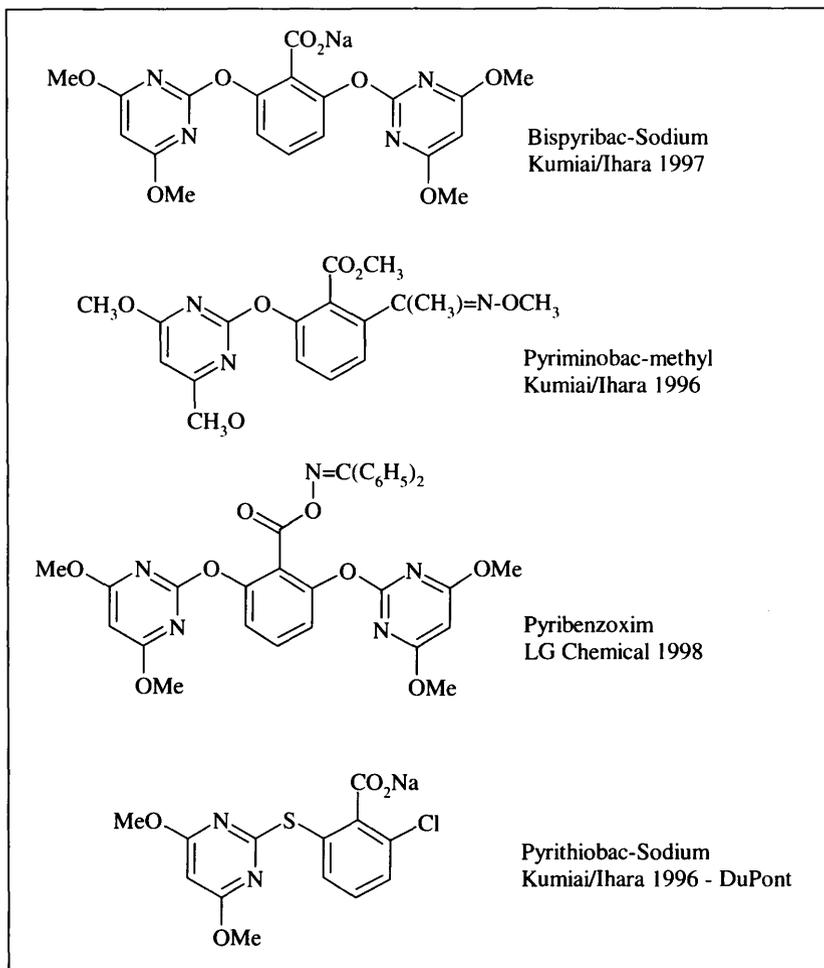


Figura 5. Strutture chimiche degli eteri pirimidinici commerciali.

1.5 Solfonilamminocarboniltriazolinoni

La struttura base delle solfoniluree è stata oggetto di numerose modifiche; una molto innovativa è stata realizzata dai ricercatori Bayer mediante sostituzione della porzione amminopirimidinica delle solfoniluree con un anello del triazolinone. Ne è nata una nuova classe chimica di inibitori di ALS con due termini in avanzata fase di sviluppo.

Il primo di questi, flucarbazone-sodium (Santel *et al.*, 1999), è un erbicida di post-emergenza, attivo nei confronti di importanti infestanti dicotiledoni del grano. Alla dose di applicazione di 30 g p.a. ha^{-1} , è in grado di controllare anche varietà di avena selvatica e panico selvatico resistenti ai diserbanti tradizionali.

Il secondo prodotto, procarbazono-sodium (Feutch *et al.*, 1999), è anch'esso destinato al diserbo selettivo dei cereali. A differenza del flucarbazone mostra caratteristiche più graminicide e viene proposto alla dose di 30-70 g p.a. h⁻¹a, per il diserbo del grano, avena e triticale. E' particolarmente efficace contro *Alopecurus mysuroides* Hudson, *Apera spica-venti* (L.) Beauv., *Bromus* spp., ed *Elymus repens* (L.) Gould. .

Resistenza agli ALS-inibitori

L'uso continuo degli inibitori di ALS ha determinato la comparsa di alcune popolazioni di malerbe resistenti alla loro azione erbicida. La resistenza è di tipo genetico e quindi coinvolge tutte le classi chimiche sopra descritte. Per contrastare questo fenomeno, è consigliabile usare un inibitore di ALS in associazione o in alternanza a un diserbante a diverso modo d'azione.

2. Inibitori della Protoporfirinogeno-IX ossidasi (Protox)

Questa famiglia di erbicidi è caratterizzata dalla grande varietà strutturale dei suoi termini più recenti e dalla straordinaria rapidità d'azione sulle malerbe suscettibili. I Protox-inibitori inducono l'accumulo anomalo di protoporfirina-IX nei cloroplasti; ciò causa la distruzione foto-ossidativa delle membrane tilacoidali (Wakabayashi & Böger, 1999).

Il flumioxazin (Yoshida *et al.*, 1991) ha segnato il rilancio della classe, rappresentata fino alla fine degli anni '80 dai soli eteri difenilici. Scoperto da Sumitomo, è stato sviluppato principalmente come un erbicida a largo spettro d'azione per il diserbo in pre-emergenza della soia e delle arachidi (d.a.: 50-100 g p.a. ha⁻¹). Il prodotto agisce per contatto, essendo facilmente assorbito dai germogli dove induce, in meno di 24 ore, appassimento, necrosi e clorosi. Il flumioxazin è immobile nel suolo, dove viene degradato dai microrganismi del terreno, e quindi non presenta rischi di inquinamento della falda acquifera. Applicato in post-emergenza, a dosi superiori ai 600 g p.a. ha⁻¹, serve al diserbo delle colture stanziali.

Flumiclorac-pentyl (Haworth & Hess, 1988) è il secondo erbicida perossidante lanciato da Sumitomo a metà anni '90; esso vanta l'invidiabile primato di avere ottenuto una rapida autorizzazione alle vendite negli USA come fitofarmaco a basso rischio per il controllo in post-emergenza di malerbe dicotiledoni in soia e mais (d.a.: 40-90 g p.a. ha⁻¹).

Fluthiacet-methyl (Miyazawa *et al.*, 1993) è stato scoperto nei laboratori di ricerca di Kumiai Chemical e sviluppato congiuntamente a Novartis (ora Syngenta) come un erbicida di post-emergenza per il diserbo di soia e mais da difficili infestanti a foglia larga come *A. theophrasti* e *Chenopodium album* L. . La dose d'impiego è particolarmente bassa (4-5 g p.a. ha⁻¹) e viene sfruttata nella miscela di combinazione con oxasulfuron. E' interessante notare che il fluthiacet-methyl funge da pro-erbicida (Shimizu, 1995) in quanto, una volta assorbito dai tessuti vegetali,

viene trasformato ad opera della glutatione-S-transferasi nella sua forma urazolica biologicamente attiva.

Il sulfentrazone (Van Saun *et al.*, 1991; Dayan *et al.*, 1996) è stato scoperto da FMC e lanciato in Brasile, Argentina, Paraguay (1994) e negli USA (1997) come un erbicida a largo spettro per impieghi in pre-emergenza nel diserbo della soia e della canna da zucchero (d.a.: 400-500 g di p.a. ha⁻¹). Esso integra le prestazioni del clomazone, un altro prodotto proprietario di FMC, e del chlorimuron-ethyl di DuPont. Il sulfentrazone non è mobile nel terreno, dove subisce una lenta degradazione microbica con un'emivita di 18 mesi.

Il carfentrazone-ethyl (Van Saun *et al.*, 1993; Tutt *et al.*, 1995; Shires *et al.*, 1997) è il secondo erbicida triazolinonico di FMC, sviluppato per il controllo in post-emergenza di malerbe dicotiledoni, *G. aparine* inclusa, nei cereali in Europa (d.a.: 12-26 g p.a. ha⁻¹) e in soia, grano, riso e mais (d.a.: 4-17 g p.a. ha⁻¹) nelle Americhe. Il prodotto non ha attività residuale nel suolo, e quindi non desta preoccupazioni per le colture in rotazione. Esso deve venire però applicato con attenzione in quanto potrebbe avere una certa fitotossicità nei confronti di cotone, girasole, patata e barbabietola da zucchero eventualmente adiacenti ai campi trattati.

Il pyraflufen-ethyl (Miura *et al.*, 1993; Murata *et al.*, 1995) è un altro termine della classe, scoperto da Nihon Noyaku, e sviluppato per impieghi su grano e orzo per il controllo di malerbe dicotiledoni (d.a. in post-emergenza: 9-12 g p.a. ha⁻¹) in combinazione con prodotti complementari. Un erbicida, con caratteristiche molto simili al precedente, è il cinidon-ethyl (Gosselin *et al.*, 1998; Nuyken *et al.*, 1998) raccomandato da BASF in associazione con mecoprop-P (d.a.: 50 + 900 g p.a.ha⁻¹) per trattamenti di pre-emergenza dei cereali vernini.

Il *fluzolate* (Prosch *et al.*, 1997) è il Protox inibitore scoperto da Monsanto e sviluppato in "Joint Venture" con Bayer per il diserbo in pre-emergenza del frumento (d.a.: 125-175 g p.a. ha⁻¹). Esso dovrebbe integrare le prestazioni su cereali di sulfosulfuron (solfonilurea di post-emergenza Takeda/Mosanto) e competere in Europa con isoproturon. Un'importante caratteristica è la sua attività nei confronti di *A. myosuroides* resistente a fenoxaprop e chlorotoluron.

Azafenidin (Amuti *et al.*, 1997; Sanchis *et al.*, 1998) è un derivato del triazolone scoperto e sviluppato da DuPont per il diserbo di colture stanziali quali vite, agrumi e olivo (d.a.: 240 g p.a. ha⁻¹) o come erbicida totale in aree non agricole in miscela con glyphosate.

Un Protox-inibitore, riconosciuto come tale solo recentemente, è l'ossadiazone, erbicida ampiamente usato per applicazioni su riso. La sua attività ha stimolato la ricerca di nuovi erbicidi perossidanti da impiegare nel controllo delle malerbe del riso. Prodotti di questo tipo sono l'oxadiargyl (Dickmann *et al.*, 1997) di Aventis e il pentoxazone (Somasundaram *et al.*, 1994; Ugai *et al.*, 1994) di Kaken, lanciati da qualche anno nei paesi risicoli asiatici per il controllo di infestanti dei generi *Echinochloa*, *Elatine*, *Monochoria* e di *Cyperus difformis* L..

3. Inibitori della divisione cellulare

L'accrescimento e lo sviluppo di tutti gli organismi sono condizionati dall'accrescimento e dalla moltiplicazione delle loro cellule. L'azione erbicida di thiazopyr e di flufenacet sembra essere in relazione alla loro capacità di interagire con i gruppi tiolici o amminici presenti in proteine essenziali per la divisione cellulare. Questa ipotesi è stata del resto usata per spiegare, almeno parzialmente, il meccanismo d'azione delle cloroacetammidi, che inibiscono lo sviluppo della germinazione o arrestano la crescita delle pianticelle in modo simile a quello degli erbicidi sopra citati. Il thiazopyr (Kapusta *et al.*, 1993; Warner & Holmdal, 1995; Batts & York, 1997; Feng *et al.*, 1998) è un derivato fluorurato della piridina, scoperto nel 1984 da Monsanto e successivamente ceduto a Rohm and Haas. Usato come erbicida residuale, è dotato di buona efficacia nei confronti di malerbe monocotiledoni; il prodotto viene applicato al suolo prima della semina di colture, a lavorazione ridotta del terreno, per il diserbo di cotone (d.a.: 200-560 g p.a. ha⁻¹), agrumi (d.a.: 600-1200 g p.a. ha⁻¹), soia (d.a.: 224-448 g p.a. ha⁻¹), arachidi (d.a.: 200-480 g p.a. ha⁻¹) e canna da zucchero (d.a.: 240-480 g p.a. ha⁻¹).

Flufenacet (Deege *et al.*, 1995) è una nuova ossiacetammide sviluppata da Bayer per il diserbo in pre-semina dei cereali (d.a.: 120-240 g p.a. ha⁻¹), mais (d.a.: 540-600 g p.a. ha⁻¹), riso e girasole (d.a.: 480-600 g p.a. ha⁻¹). Il prodotto è attivo nei confronti di numerose infestanti monocotiledoni e trova un allargamento del suo spettro d'azione in miscela con metribuzin e con diflufenican.

Vi sono infine altri prodotti che devono essere menzionati in questa classe come il thenylchlor, (Kato *et al.*, 1998) nuova cloroacetammide per il diserbo del riso della giapponese Tokuyama, l'acetochlor (Owen *et al.*, 1995) rilanciato in associazione con un antidoto (dichlormid di Zeneca o MON 4660 dei Monsanto) per il diserbo selettivo del mais e l'anilofos (Langeluddekep *et al.*, 1981), derivato fosfororganico di Aventis usato su riso trapiantato.

4. Inibitori di 4-idrossifenil-piruvato deossigenasi

I trichetoni ciclici rappresentano dei composti di recente introduzione che, malgrado la frammentarietà di conoscenze sul modo d'azione, devono essere classificati tra gli inibitori di 4-idrossifenil-piruvato deossigenasi. I prodotti più rappresentativi sono sulcotrione (Béraud *et al.*, 1991; Béraud, 1993) e mesotrione (Béraud & Le Siourd, 1998) di Zeneca entrambi diretti al diserbo del mais.

Un altro potente inibitore è il derivato dell'isossazolo, isoxaflutole (Luscombe *et al.*, 1995), sviluppato da Aventis a livello mondiale per il controllo in pre-emergenza delle principali infestanti di mais (d.a.: 75-130 g p.a. ha⁻¹) e canna da zucchero. Il prodotto è un pro-erbicida in quanto assorbito dai semi in germinazione e dalle giovani radichette viene trasformato, con l'apertura

dell'anello eterocilico, in un cianodichetone che è il vero principio attivo. Aventis sta cercando, mediante tecnologie di ingegneria genetica, di rendere la soia resistente all'azione fitotossica di questo erbicida per sfruttarne la potenzialità in post-emergenza.

5. Considerazioni conclusive

Tra i fattori che hanno determinato la profonda evoluzione delle tecniche colturali, a cui si è assistito negli ultimi anni, va certamente evidenziato il ruolo svolto dall'industria agrochimica che attraverso nuovi indirizzi di ricerca è stata in grado di fornire una vasta gamma di prodotti per il contenimento mirato della flora infestante. Le tecnologie di diserbo che oggi possiamo usare possono effettivamente contribuire a risolvere problemi di produttività e di impatto ambientale, proponendo soluzioni che si basano sui fatti e sui riscontri che la ricerca scientifica mondiale può offrire, garantendo un livello di sicurezza altissimo.

Bibliografia

- AMUTI K, TROMBINI A, GIAMMARRUSTI L, SBRISCIÀ C, HARDER H, GABARD J. (1997) Azafenidin: a new low use rate herbicide for weed control in perennial crops, industrial weed control and forestry. In: *Proceedings 1997 Brighton Crop Protection Conference – Weeds, Brighton, UK* 59-66.
- BAILEY WA. (1999) Response of peanut (*Asrabidopsis hypogaea*) and selected weeds to diclosulam. *Weed Technology: a journal of the Weed Science Society of America*. Oct/Dec 1999 **13**, 771-776.
- BASSI A. (1987) Erbicidi solfonilureici. *Informatore fitopatologico* **10**, 19-30.
- BATTS RB, YORK AC. (1997) Weed management in no-till cotton (*Gossypium hirsutum*) with Thiazopyr. *Weed Technology* **11**, 580-585.
- BERAUD JM. (1993) La sulcotrione herbicide du maïs. *Phytoma* **456**, 55-57.
- BERAUD JM, LE SIOURD J. (1998) ZA 1296 a novel triketone herbicide for the post-emergence control of annual grass and broad-leaved weeds in the maize crop. *Columa* **17**, 481.
- BERAUD JM, CLAUMENT J, MONTURY A. (1991) BAY FOE 5043: ICIA0051, A new herbicide for the control of annual weed in maize. In: *Proceedings 1991 Brighton Crop Protection Conference – Weeds, Brighton, UK*. 51-56.
- BREWER KD. (1998) Soybean (*Glycine max*) variety response to diclosulam. In: *Proceedings 1999 Southern Weed Science Society. Southern Weed Science Society (US)*. **51**, 274.

- CHO JH, AHN SC, KOO SJ, JOE KH, OH HS. (1997) LGC-40863: a new broad spectrum postemergence herbicide. In: *Proceedings 1997 Brighton Crop Protection Conference – Weeds, Brighton, UK*. 39-44.
- DAYAN FE, GREEN HM, WEETE JD, HANCOCK HG. (1996) Postemergence activity of Sulfentrazone: effects of surfactants and leaf surfaces *Weed Science* **44**, 797-803.
- DEEGE R, FÖRSTER H, SCHMIDT RR, *et al.* (1995) BAY FOE 5043: A new low rate herbicide for preemergence grass control in corn, cereals, soybeans and other selected crops. In: *Proceedings 1995 Brighton Crop Protection Conference – Weeds, Brighton, UK*. 43-48.
- DICKMANN R, MELGAREJO J, LOUBIERE P, MONTAGNO M. (1997) Oxadiargyl: A novel herbicide for rice and sugarcane. In: *Proceedings 1997 Brighton Crop Protection Conference – Weeds, Brighton, UK*. 51-57.
- FENG PCC, RUFF TG, RANGWALA SH, RAO SR. (1998) Engineering Plant Resistance to thiazopyr herbicide via expression of a novel esterase deactivation enzyme. *Pesticide Biochemistry and Physiology* **59**, 89-103.
- FEUCHT D, MÜLLER KH, WELLMANN A, SANTEL HJ. (1999) BAY MKJ 6561 – A new selective herbicide for grass control in wheat, rye and triticale. In: *Proceedings 1999 Brighton Crop Protection Conference – Weeds, Brighton, UK* 53-58.
- GOSELIN N, BEY J, PETAT J. (1998) BAS 165 H a new herbicide for the control of dicotyledonous weeds in cereals. *Coluna* **17**, 663-639.
- HARRISON MA, HAYES RM, MUELLER TC. (1996) Environment affects cotton and velvetleaf response to pyriithiobac *Weed Science* **44**, 241-247.
- HAWORTH P, HESS FD. (1988) The generation of singlet oxygen (O_2) by the nitrodiphenyl ether herbicide oxyfluorfen is independent of photosynthesis. *Plant Physiology* **86**, 672-676.
- KAPUSTA G, KRAUSZ RF, MATTHEWS JL. (1993) MON 13200 early preplant controls giant foxtail (*Setaria faberi*) season-long in no-till soybean (*Glycine max*). *Weed Technology* **7**, 872-878.
- KATO S, SUYAMA T, TAKEMATSU T. (1998) Development of Paddy Rice herbicide “Thenylchlor”. *Journal of Synthetic Organic Chemistry* **56**, 221-226.
- KLESCHICK WA, COSTALES MJ, DUNBAR JE, *et al.* (1990) New herbicidal derivatives of 1,2,4-triazolo [1,5-*a*]pyrimidine. *Pesticide Science* **29**, 341-355.
- KLESCHICK WA, GERWICK BC, CARSON CM, MONTE WT, SNIDER SW. (1992) DE-498 A new acetolactate synthase inhibiting herbicide with multicrop selectivity. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* **40**, 1083-1085.

- KOO SJ, AHN SC, LIM JS, *et al.* (1997) Biological activity of the new herbicide LGC-40863 {benzophenone O-[2,6-bis[(4,6-dimethoxy-2-pyrimidinyl)oxy]benzoyl]oxime}. *Pesticide Science* **51**, 109-114.
- LANGELUDEKEP P *et al.* (1981) In: *Proceedings 8th Asian Pacific Weed Science Society Congress*, , 449.
- LEVITT G. (1991) Discovery of the sulfonylurea herbicides. In: *Synthesis and Chemistry of Agrochemicals II* (eds Baker DR Editor, Feynes JG Editor, Moberg WK Editor) ACS Symposium Series 443. 16-31. American Chemical Society, Washington DC.
- LUSCOMBE BM, PALLETT KE, LOUBIERE P, MILLET JC, MELGAREJO J, VRABEL TE. (1995) RPA 201772: A novel herbicide for brad leaf and grass weed control in maize and sugar cane. In: *Proceedings 1995 Brighton Crop Protection Conference – Weeds, Brighton, UK*. 35-42.
- MAYCOCK R, BUTCHER S, HASTINGS M, *et al.* (1993) Residue profile of metosulam – a new broad-leaf herbicide. In: *Proceedings 1993 Brighton Crop Protection Conference – Weeds, Brighton, UK*. 843-848.
- MIURA Y, OHNISHI M, MABUCHI T, YANAI I. (1993) ET-751: A new herbicide for use in cereals. In: *Proceedings 1993 Brighton Crop Protection Conference – Weeds, Brighton, UK*. 35-40.
- MIYAZAWA T, KAWANO K, SHIGEMATSU S, *et al.* (1993) KIH-9201, A new low-rate post-emergence herbicide for maize (*Zea mays*) and soybeans (*Glycine max*). In: *Proceedings 1993 Brighton Crop Protection Conference – Weeds, Brighton, UK*. 23-28.
- MURATA S, YUDA A, NAKANO A, *et al.* (1995) Mechanisms of selective action of the peroxidizing herbicide ET-751 on wheat and *Galium aparine*. In: *Proceedings 1995 Brighton Crop Protection Conference – Weeds, Brighton, UK*. 243-248.
- NUYKEN W, GROSSMANN K, LANDES M, GERBER M. (1998) Cinidon-ethyl - a new active ingredient for broadleaf weed control in cereals. *Columa* **17**, 561-568.
- OWEN MDK, HARTZLER RG, LUX J. (1993) Wolly cupgrass (*Eriochloa villosa*) control in corn (*Zea mays*) with chloroacetamide herbicides. *Weed Technology* **7**, 925-929.
- PROSCH SD, CIHA AJ, GROGNA R, HAMPER BC, FEUCHT D, DREIST M. (1997) JV 485: A new herbicide for pre-emergence broad spectrum weed control in winter wheat. In: *Proceedings 1997 Brighton Crop Protection Conference – Weeds, Brighton, UK*. 45-50.
- SANCHIS P, GABARD J, BERTIN G. (1998) Une nouvelle matière active pour le déserbage de la vigne. *Columa* **17**, 577-584.

- SANTEL HJ, BOWDEN BA, SORENSEN VM, MUELLER KH. (1999) Flucarbazone-sodium – a new herbicide for the selective control of wild oat and green foxtail in wheat. In: *Proceedings 1999 Brighton Crop Protection Conference – Weeds, Brighton, UK*. 23-28.
- SCHMIDT LA. (1999) Performance of V-10029 (bispyribac-sodium) in rice weed control programs. In: *Proceedings 1999 Southern Weed Science Society. Southern Weed Science Society (US)*. **52**, 49-50.
- SHIMIZU T. (1995) A novel isourazole herbicide, fluthiacet-methyl, is a potent inhibitor of protoporphyrinogen oxidase after isomerization by glutathione S-transferase. *Plant and cell physiology* **36**, 625-632.
- SHIMIZU T, NAKAYAMA I, NAKAO T, *et al.* (1994) Action mechanism of pyrimidinyl carboxy herbicides. In: *Proceedings 1994 Eight IUPAC International Congress of Pesticide Chemistry, Washington DC*. Poster 669.
- SHIRES SW, BOURDOUXHE LA, CROSSMAN AR, GENOT B, LAFFRANQUE JP, LEBLANC J. (1997) Carfentrazone-ethyl: a new herbicide for the rapid control of key cereal broad-leaf weeds. In: *Proceedings 1997 Brighton Crop Protection Conference – Weeds, Brighton, UK*. 117-122.
- SOMASUNDARAM L, WOODWARD MD, SCOTT MT, KIRKPATRICK D, MAYO BC. (1994) Environmental fate of Triflurosulfuron methyl. In: *Proceedings 1994 Eight IUPAC International Congress of Pesticide Chemistry, Washington DC*. Abstract 247.
- SUNDERLAND SL, COBLE HD. (1994) Differential tolerance of Morningglory species (*Ipomoea* sp.) to DPX-PE350. *Weed Science* **42**, 227-232.
- TAMARU M, IONUE J, HANAI R, TACHIKAWA S. (1997) Studies of the new herbicide KIH-6127 - Crystal structure of KIH-6127 and quantitative structure – Activity relationship of the iminoxy moiety of KIH-6127 derivatives. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* **45**, 2777-2783.
- THOMPSON AR, McREATH AM, CARSON CM, HER RJ, deBOER GJ. (1999) Florasulam: a new, low dose herbicide for broadleaf weed control in cereals 73-80.
- TUTT SF, BAHR JT, HOTZMAN FW, *et al.* (1995) F8426 – A new low-rate herbicide for the postemergence selective control of broadleaf weeds in maize. In: *Proceedings 1995 Brighton Crop Protection Conference – Weeds, Brighton, UK*. 731-736.
- UGAI S, YOSHIMURA T, NAGATO S, YANO T, HIRAI K, HORI M. (1994) Herbicidal activity of new Oxazolidinedione derivatives. In: *Proceedings 1994 Eight IUPAC International Congress of Pesticide Chemistry, Washington DC*. Abstract 138.

- VAN SAUN WA, BAHR JT, CROSBY GA, *et al.* (1991) F6285 –A new herbicide for the pre-emergence selective control of broad-leaved and grass weeds in soybeans. In: *Proceedings 1991 Brighton Crop Protection Conference – Weeds, Brighton, UK.* 77-82
- VAN SAUN WA, BAHR JT, BOURDOUXHE LJ, *et al.* (1993) F8426 – A new, rapidly acting, low rate herbicide for the post-emergence selective control of broad-leaved weeds in cereals. In: *Proceedings 1993 Brighton Crop Protection Conference – Weeds, Brighton, UK.* 19-22.
- WAKABAYASHI K, BÖGER P. (1999) General physiological characteristics and mode of action of peroxidizing herbicides. In: *Peroxidizing Herbicides.* (eds. BÖGER P Editor & WAKABAYASHI K Editor) 163-190. Springer. Berlin, Germany.
- WARNER HL, HOLMDAL JA. (1995) Thiazopyr weed control in perennial crops. In: *Proceedings 1995 Brighton Crop Protection Conference – Weeds, Brighton, UK.* 943-946.
- WEPPLLO P. (1990) Imidazolinone Herbicides: synthesis and novel chemistry. *Pesticide science* **29**, 293-315.
- WILCUT JW. (1998) Influence of Pyriithiobac-sodium on purple (*Cyperus rotundus*) and yellow nutsedge (*C. esculentus*). *Weed Science* **46**, 111-115.
- WOLT JD, SCHWAKE JD, BATZER FR, *et al.* (1992) Anaerobic aquatic degradation of Flumetsulam [N-(2,6-difluorophenyl)-5-methyl[1,2,4]triazolo[1,5-a]pyrimidine-2-sulfonamide]. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* **40**, 2302-2308.
- WOLT JD, SMITH JK, SIMS JK, DUEBELBEIS DO. (1996) Products and kinetics of Cloransulam-methyl aerobic soil metabolism. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* **44**, 324-332.
- YOKOYAMA M, WATANABE O, KAWANO K, SHIGEMATSU S, WADA N. (1993) KIH-2023, a new post-emergence herbicide in rice. In: *Proceedings 1993 Brighton Crop Protection Conference – Weeds, Brighton, UK.* 61-65.
- YOSHIDA R, SAKAKI M, SATO R, *et al.* (1991) S-53482 – A new N-phenyl phthalimide herbicide. In: *Proceedings 1991 Brighton Crop Protection Conference – Weeds, Brighton, UK.* 69-75.

L'evoluzione del diserbo: le pratiche agronomiche

R. PAOLINI

Dipartimento di Produzione Vegetale, Università della Tuscia-Viterbo

Riassunto

Vengono presentati e discussi i mezzi agronomici di controllo delle infestanti (fisici, meccanici, culturali). Per ogni mezzo, viene considerato il meccanismo responsabile dell'effetto e sono delineate sia le possibilità applicative in rapporto agli oneri ed ai vincoli che esso comporta, sia l'ambito strategico nel quale esso di preferenza può collocarsi (controllo integrato chimico o non chimico).

Particolare enfasi é riservata al mezzo culturale (ovvero, alle scelte che favoriscono l'abilità competitiva della coltura nei confronti delle infestanti), presentato come un ulteriore strumento ancora poco valorizzato, ma di notevoli potenzialità ai fini del controllo integrato delle infestanti. Infatti, il mezzo culturale abbina un'ampia generalizzabilità degli effetti ad una maggior convenienza d'impiego rispetto ai mezzi meccanici ed a certi mezzi agronomici, in confronto con i quali può talora presentare una minore surrogabilità del mezzo chimico, ma certamente consente una drastica riduzione degli oneri e dei vincoli operativi.

Sulla base di quanto discusso, vengono infine prospettate alcune priorità nell'impiego dei mezzi non chimici e nelle linee di ricerca che ne riguardano lo studio, con particolare attenzione alla necessità di realizzare itinerari tecnici di controllo integrato che rispondano alle esigenze pratiche dell'agricoltore.

Parole chiave: evoluzione diserbo, mezzo non-chimico, mezzo culturale, controllo integrato.

Summary

The evolution of weed control: the role of non-chemical means

Agronomic weed control practices (agronomic, physic, mechanical and cultural means) are presented and discussed. For any mean, the mechanism determining their effect is considered. Moreover, its practical importance is outlined, as related to costs and constraints which its use implies; finally, its preferential appliability in an integrated chemical or non-chemical weed control strategy is suggested.

Special emphasis is given to the cultural mean (i.e., to crop husbandry interventions which can favour the competitive ability of the crop relative to the weeds), which is here presented as a further, still little efforted but greatly interesting mean to be used in integrated weed management. Indeed, the cultural mean presents a wide expressivity of weed control effects, and a clear use advantage as compared to mechanical or some agronomic means. As compared to those, it sometimes gives lower replaceability of the chemical mean, but also cuts down costs and practical constraints.

Some priorities are finally suggested, concerning both application of non chemical means and their research needs, with special attention to the exigence for implementing weed control techniques which can meet farmer's practical requirements.

Key words: weed control evolution, non-chemical means, cultural means, integrated weed management.

Introduzione

Questa relazione ha un primo, prevedibile obiettivo nel presentare un quadro aggiornato dei mezzi non chimici di controllo della flora infestante: ognuno di essi, infatti, in quanto applicabile ad una coltura od all'intero sistema colturale, è per definizione una pratica agronomica.

Tale presentazione, tuttavia, è funzionale non tanto a delineare l'ampia casistica dei mezzi non chimici oggi disponibili (già affrontata in modo probabilmente più dettagliato ed esaustivo in lavori recenti, cfr. Ferrero e Vidotto, 1998), quanto piuttosto a confrontare tali mezzi sulla base delle loro reali possibilità applicative, per riuscire quindi ad esprimere un giudizio di massima sulla loro opportunità di attuazione e di diffusione nelle strategie di controllo delle infestanti. Per quanto possibile, i vari mezzi non chimici sono quindi considerati sulla base sia della loro efficacia, sia degli oneri e dei vincoli che essi comportano, sia dei limiti che essi presentano, nella convinzione che anche il mezzo non chimico possa essere un valido strumento per l'agricoltore solo nella misura in cui risponda alle sue esigenze pratiche. Rispetto al passato, tali esigenze sono oggi più differenziate, e possono trovare soddisfazione nell'ambito di sistemi di coltivazione differenti capaci di valorizzare strategie di controllo integrato che nella grande maggioranza dei casi rispondono a concezioni e a strutture dei costi colturali significativamente diverse: un *controllo chimico integrato* (peraltro oggi di gran lunga il più diffusamente applicabile) ed un *controllo non chimico integrato*. Anche un giudizio sulla collocazione preferenziale dei mezzi di controllo non chimici in questo ambito può essere utile.

Classificazione dei mezzi non chimici

Una delle classificazioni più semplici e ricorrenti dei mezzi non chimici è quella che li distingue in *agronomici, fisici e meccanici*. Tale distinzione si basa sul tipo di effetto del mezzo stesso, fisico nel secondo caso, meccanico nel terzo e semplicemente basato su scelte colturali che non possono essere definite ad effetto del tutto fisico né del tutto meccanico nel primo caso. Data la crescente attenzione che essi stanno suscitando, riteniamo opportuno enucleare dai mezzi agronomici (di cui in base alla definizione precedente essi peraltro fanno sostanzialmente parte) i mezzi *colturali* (Autori vari, 1999), definibili come scelte agronomiche nell'ambito di un itinerario tecnico riservato ad una singola coltura attuate allo scopo di favorirne l'abilità competitiva nei confronti dei propri competitori (Paolini, 1996). In tabella 1 è schematizzato un quadro dei principali mezzi non chimici di controllo delle infestanti oggi disponibili.

Caratteristiche dei mezzi non chimici

Mezzi agronomici

Avvicendamento colturale

L'avvicendamento delle colture é uno dei cardini della tecnica agronomica: esso dà in genere una serie di vantaggi fondamentali che va ben oltre il semplice effetto di rinettamento delle infestanti ed influisce spesso in misura determinante sul successo dell'intero sistema colturale (cfr. Innocenti *et al.*, 2000; Toderi *et al.*, 2000; Triberti *et al.*, 2000). L'efficacia dell'avvicendamento colturale nel contenere lo sviluppo delle infestanti e nel limitarne la dinamica di popolazione trova semplice ed essenziale presupposto in una sistematica ed articolata "diversificazione del disturbo" di origine antropica cui le infestanti stesse vengono sottoposte (lavorazioni ad epoca diversa, diversa stagionalità delle colture, alternanza delle tecniche di controllo e dei principi attivi distribuiti, ecc.), che nella grande maggioranza dei casi riesce a contrastare efficacemente la selezione di specie e/o popolazioni resistenti particolarmente aggressive e difficili da controllare con qualsiasi mezzo (Bàrberi e Paolini, 2000; Sattin *et al.*, 2000).

L'effetto rinettante dell'avvicendamento non risulta necessariamente dal confronto di casi estremi (ovvero, regolare avvicendamento delle colture in paragone con una prolungata omosuccessione), ma può essere evidente anche dopo pochi cicli colturali. Gli effetti "principali" (singoli) di maggior rilievo possono essere individuati nella stagionalità delle specie avvicendate e nel tipo di precessione colturale; tuttavia, anche gli effetti "anno" e "grado di intensivizzazione colturale", come pure quelli interattivi fra due o più di questi fattori, possono svolgere un ruolo importante (Silvestri *et al.*, 1995).

In riferimento al primo punto, notiamo che in genere l'effetto rinettante è molto più evidente avvicinando colture di diversa stagionalità (ad esempio una primaverile-estiva con un'autunno-vernina) piuttosto che colture di stessa stagionalità (ad esempio autunno-vernine o primaverili-estive fra loro). Un chiaro esempio al riguardo è riportato in tabella 2 in riferimento all'infestazione

Tabella 1. Principali mezzi non chimici di controllo delle infestanti

Mezzo	Effetto rinettante	Effetto prevalente sulle infestanti
<i>Agronomico</i>		
Avvicendamento colturale	<i>non prevalente</i>	riduzione emergenze
Lavorazione principale terreno	<i>non prevalente</i>	riduzione emergenze
Lav. secondarie (falsa semina)	<i>esclusivo</i>	riduzione emergenze
Colture di copertura	<i>non prevalente</i>	riduzione emergenze (sovescio, <i>dead mulch</i>) e riduzione abilità competitiva individui* (<i>living mulch</i>)
Consociazione	<i>non prevalente</i>	riduzione abilità competitiva degli individui
<i>Fisico</i>		
Pacciamatura	<i>non prevalente</i>	riduzione emergenze
Solarizzazione	<i>non prevalente</i>	riduzione emergenze
Piro-diserbo	<i>esclusivo</i>	riduzione emergenze abbinata a riduzione abilità competitiva degli individui
Calore umido	<i>esclusivo</i>	riduzione emergenze abbinata a riduzione abilità competitiva degli individui
<i>Meccanico</i>		
Lavorazioni consecutive	<i>prevalente</i>	riduzione emergenze abbinata (attrezzi con parziale azione sulla fila) a riduzione abilità competitiva degli individui
<i>Colturale</i>		
Scelta della cultivar	<i>esclusivo</i>	riduzione abilità competitiva degli individui
Fertilizzazione azotata (epoca)	<i>esclusivo</i>	riduzione abilità competitiva degli individui
Fertil. azotata (modal. distrib.)	<i>esclusivo</i>	riduzione abilità competitiva degli individui
Epoca di semina	<i>esclusivo</i>	riduz. emergenze ed abil. compet. individui

* In questo caso e negli altri in tabella, la locuzione "riduzione dell'abilità competitiva degli individui" si riferisce ad un effetto sulla crescita della pianta infestante, mentre è ovvio che, come tale, qualsiasi mezzo di controllo riduce l'abilità competitiva della comunità di infestanti.

Tabella 2. Infestazione media di avena spontanea su cereali autunno-vernini in diverse condizioni di lavorazione principale del terreno e di successione colturale in rotazioni biennali con o senza specie estive (% di superficie ricoperta dall'infestante) (da Toderi *et al.*, 2000)

Lavorazioni principali	Frumento avvicendato con specie estive			Omosuccessioni e frumento avvicendato con cereali vernini ⁽¹⁾		
	I biennio	II biennio	III biennio	I biennio	II biennio	III biennio
<i>1987-92</i>						
m1/d1	---	---	---	12,9	13,3	12,5
m1/ar25	1,1	0,9	0,2	---	---	--
ar25/ar25	3,6	0,1	0,0	4,9	4,0	5,4
ar25/ar50	1,2	0,0	0,1	5,6	1,5	5,0
<i>1993-96</i>						
m1/d1	---	---	---	13,2	24,7	---
m1/ar25	0,3	0,3	---	---	---	---
ar25/ar25	0,6	0,0	0,0	3,3	1,1	---
ar25/ar50	0,0	0,0	---	3,6	0,4	---

⁽¹⁾ Dati medi ottenuti con frumento, triticale, orzo. Lavorazione princ. terreno: m1/d1: fresatura (10-15 cm) alla coltura autunno-primaverile (AP)/doppia lavorazione con discissura (50 cm) + fresatura (10-15 cm) alla coltura estiva (CE); m1/ar25: fresatura (10-15 cm) ad AP/aratura (25 cm) a CE; ar25/ar25: aratura a 25 cm ad AP e CE; ar25/ar50: aratura a 25 cm ad AP ed aratura a 50 cm a CE.

da *Avena* spp. in ordinamenti colturali in cui alcuni cereali autunno-vernini erano coltivati in omosuccessione od in avvicendamento tra loro piuttosto che in avvicendamento con specie estive.

In riferimento al tipo di precessione colturale (e quindi al tipo di avvicendamento), questa può influenzare notevolmente sia la densità che la composizione dell'infestazione in una determinata coltura. Ciò presumibilmente a causa di condizioni diverse di sviluppo relativo delle infestanti e della coltura indotte da pratiche agronomiche differenti (ad esempio, epoca e modalità di aratura, epoca delle lavorazioni di preparazione del letto di semina) imposte dalle varie precessioni colturali (Silvestri *et al.*, 1995). Un esempio del genere è riportato in tabella 3 con riferimento alla densità d'infestazione rilevata su frumento tenero in successione a colture diverse nell'arco di un quadriennio.

Tabella 3. Effetto della precessione colturale sulla densità di infestanti in frumento tenero (media di quattro anni e tre livelli di intensivizzazione colturale: ridotto, intermedio, intensivo) (da Silvestri *et al.*, 1995, modificato)

Precessione colturale	Densità di infestanti (n m ⁻²)
Barbabietola	35,9 b
Girasole	33,6b
Mais	46,1 a
Soja	26,3 c

Medie seguite da lettere uguali non sono significativamente diverse per $P < 0,05$ (test SNK)

Nonostante si tratti indubbiamente di un vincolo operativo cui corrispondono oneri più o meno consistenti, l'avvicendamento delle colture è una scelta strategica dalla quale ben raramente si dovrebbe derogare. In riferimento al controllo delle infestanti, esso può essere considerato non tanto un mezzo di controllo integrato, quanto il presupposto stesso per la buona riuscita di questa e di ogni altra strategia di lotta nel medio e nel lungo periodo (Bàrberi e Paolini, 1998).

Lavorazione principale del terreno

I metodi di lavorazione principale del terreno possono avere notevoli effetti diretti ed indiretti sulla flora infestante reale e potenziale, con un'influenza sia sulla loro consistenza (livello di infestazione) che sulla loro composizione (tipo di infestazione). Gli effetti diretti sono sostanzialmente riconducibili al disturbo che le lavorazioni provocano con la loro azione meccanica, i secondi consistono in tutta quella serie di effetti che rendono il terreno più "abitabile" per la pianta coltivata, che quindi emerge più rapidamente e si accresce più velocemente nelle prime fasi, realizzando un vantaggio competitivo che si riflette sullo sviluppo e sull'accrescimento dei propri competitori (Ziliotto *et al.*, 1992).

In genere, l'aratura e l'aratura-ripuntatura tendono a ridurre in misura più o meno considerevole l'entità della flora reale e potenziale del terreno. Ciò in primo luogo in virtù del fatto che il rivoltamento della fetta causa una più uniforme distribuzione dei semi lungo il profilo del terreno, che si mantiene invece più sbilanciata verso gli strati superficiali nel caso della minima lavorazione e della non lavorazione (Cantele *et al.*, 1986). D'altra parte, la quota relativamente elevata di semi inglobati negli aggregati in seguito alla lavorazione tende a mantenersi in uno stato di dormienza secondaria (Chadoeuf-Hannel, 1985) che, se garantisce maggiore vitalità alla popolazione, riduce le possibilità che si realizzino densità d'infestazione particolarmente elevate. Infine, e ciò rende principalmente ragione dell'effetto delle lavorazioni sulla composizione della flora reale e potenziale, l'aratura tende decisamente a

sfavorire le infestanti perenni, portandone in superficie gli organi di propagazione (rizomi, tuberi, ecc.) che sono in tal modo esposti all'azione devitalizzante degli agenti atmosferici. In assenza od in ridotta presenza di disturbi meccanici lungo il profilo del terreno (minima lavorazione, non lavorazione) gli organi vegetativi si mantengono invece vitali in numero molto più elevato o tendono addirittura a moltiplicarsi (ad esempio per effetto della fresatura): in tali condizioni, che fanno seguito a fenomeni di più o meno intensa predazione e mortalità dei semi (maggiormente concentrati negli strati superficiali) e che fanno frequentemente registrare anche interventi chimici che tendono ad eliminare la presenza delle specie annuali, le specie perenni restano in genere quelle nettamente dominanti nell'infestazione (Ziliotto *et al.*, 1992).

In realtà, lavorazione convenzionale (aratura) da un lato e minima o non lavorazione dall'altro tendono a determinare modificazioni più articolate della flora reale e potenziale, che tuttavia non è qui il caso di discutere in dettaglio. Basti al riguardo considerare che tra le specie perenni, via via che le lavorazioni si approfondiscono, tendono a scomparire prima le specie con stoloni, poi quelle con rizomi, con tubercoli, con bulbi, ed infine quelle con polloni radicali (Montegut, 1983). Anche fra le specie annuali, esiste una risposta differenziata all'azione delle lavorazioni. Le specie a diffusione anemofila, con seme molto piccolo, capace di "annidarsi" e posizionarsi opportunamente nel terreno (spesso anche in virtù di strutture extraovulari quali il pappo) anche su superfici non lavorate, ed a ridotta dormienza (Chancellor, 1984) (ciò che permette di sfruttare condizioni favorevoli alla germinazione non appena esse si virifichino), sono in genere favorite rispetto alle altre dalle condizioni indotte dalla minima lavorazione o dalla non lavorazione (Ziliotto *et al.*, 1992). E' il caso ad esempio di varie Asteracee (*Conyza canadensis* (L.) Cronq., *Sonchus oleraceus* L., che sono pertanto anche efficienti "colonizzatrici".

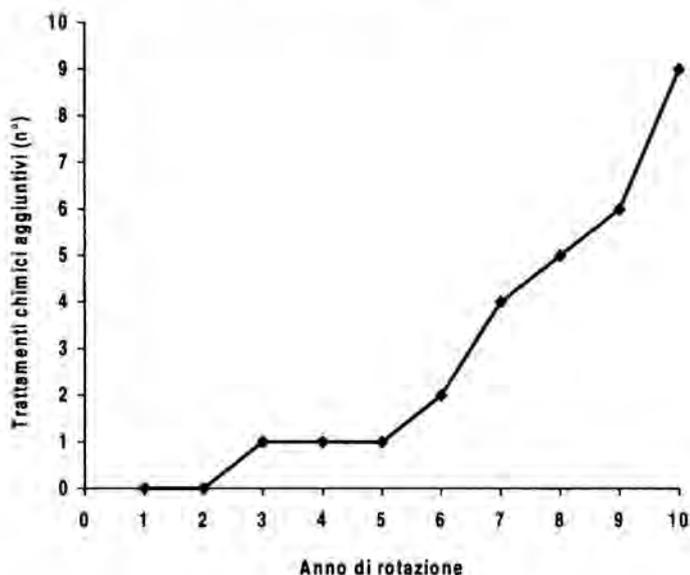
In generale, comunque, rispetto all'aratura, la minima lavorazione e la non lavorazione presentano maggiori problemi di contenimento delle infestanti, sia per la necessità di ricorrere ad interventi chimici in pre-semina (non lavorazione), sia per la necessità di interventi di controllo aggiuntivi sulle colture in atto (Fig. 1), che ne garantiscano la produzione e permettano di evitare il rischio di una evoluzione delle comunità di infestanti verso situazioni che ne renderebbero molto più difficoltoso il controllo in anni successivi (Ziliotto *et al.*, 1992).

L'aratura sembra quindi una scelta preferenziale ai fini della realizzazione di una gestione chimica integrata delle colture, mentre appare una scelta pressoché obbligata qualora si intenda ricorrere ad un controllo integrato non chimico.

Lavorazioni secondarie (falsa semina)

Questo intervento consiste nella preparazione anticipata del letto di semina allo scopo di creare condizioni favorevoli alla germinazione delle infestanti, per poi eliminarle in assenza della coltura con interventi meccanici o chimici con erbicidi totali non residuali (applicabili in quest'ultimo caso dopo la semina della coltura su colture ad emergenza lenta, Ferrero e Vidotto, 1998). Pur indubbiamente efficace, questa tecnica contrasta in modo significativo solo specie che, per lo più, emergono contemporaneamente alla coltura (ad esempio, non è questo il caso di molte infestanti graminacee dei cereali a ciclo autunno-primaverile). D'altra parte, essa pone alcuni oneri e vincoli

Figura 1. Andamento cumulato dei trattamenti aggiuntivi resisi necessari con la minima lavorazione rispetto alla lavorazione tradizionale (aratura) in una rotazione bietola/frumento/mais condotta per un decennio (da Zilotto *et al.*, 1992, modificato)



operativi (lavorazioni secondarie aggiuntive, notevole tempestività d'intervento, condizioni sfavorevoli allo sgrondo superficiale delle acque e quindi in molti casi alla semina stessa della coltura) difficilmente superabili nella pratica operativa, a meno di condizioni del tutto particolari che giustifichino una certa concezione e struttura dei costi colturali in situazioni peraltro di facile trafficabilità e lavorabilità del terreno (ad esempio, ordinamenti produttivi ad alto reddito condotti "in organico" su terreni sciolti).

Colture di copertura

Si definiscono "di copertura" colture realizzate a fini in genere non produttivi, la cui funzione sostanziale è quella di impedire che il terreno rimanga nudo fra una coltura principale e quella successiva. Ciò allo scopo di ottenere vantaggi importanti che, pur variabili in assoluto ed in termini relativi a seconda delle condizioni ambientali, della specie utilizzata e del tipo di gestione della coltura di copertura stessa, possono essere sostanzialmente individuati in una riduzione dei fenomeni erosivi, in un arricchimento del terreno in sostanza organica ed elementi nutritivi (particolarmente nel caso di impiego di specie leguminose), in un miglioramento della ritenzione idrica del terreno e, infine, in un contenimento dello sviluppo delle infestanti (Shennan, 1992). Quest'ultimo effetto può concretizzarsi sia attraverso una riduzione delle emergenze, sia attraverso una riduzione dell'accrescimento degli individui nel periodo autunnale, invernale e primaverile

(cfr. Campiglia, 1999): per la loro funzione, quantomeno in ambiente mediterraneo, le colture di copertura trovano infatti la loro logica collocazione nell'intervallo compreso fra la raccolta della coltura autunno-vernina e la semina della successiva primaverile. E' chiaro quindi che il loro effetto rinettante può esplicarsi non solo nel medio periodo (a favore della successiva coltura a semina autunnale), ma anche nel breve periodo a favore della coltura primaverile immediatamente seguente, se è possibile protrarre la copertura stessa fino a primavera. A seconda delle possibilità operative e del tipo di effetto che si intende prevalentemente ottenere, la coltura può essere sovesciata, trinciata con spandimento dei residui sul campo (*dead mulch*) o lasciata in piedi in consociazione temporanea con la coltura principale seguente (*living mulch*) (Campiglia, 1999).

In genere, le colture di copertura hanno un effetto rinettante ottimo, anche se non sempre facile da ottenere. Ad esempio, nel caso delle *living mulch* (vere e proprie consociazioni temporanee ottenute "traseminando" la coltura principale in quella di copertura) l'effetto rinettante (come molti altri) è subordinato alla realizzazione di una complementarità ecologica fra le specie associate (Caporali *et al.*, 1987; Paolini *et al.*, 1993), in assenza della quale l'effetto di competizione interspecifica è maggiore di quello della competizione intraspecifica, e la coltura principale subisce un decremento di resa che può in gran parte vanificare quantomeno i vantaggi immediati della copertura. Peraltro, in ogni caso la coltura di copertura comporta oneri di conduzione cui, come accennato, ben raramente corrisponde una produzione vendibile. Tali oneri (lavorazioni preparatorie, semina e, di frequente, sovescio o trinciatura), pur ancora in assenza di riscontri sperimentali specifici, sono tuttavia facilmente quantificabili in un costo di alcune centinaia di migliaia di lire ha⁻¹ che, salvo casi piuttosto rari (ad esempio, concomitante esigenza di prevenire concreti rischi di forte erosione), non sembrano giustificati dal solo effetto di contenimento delle infestanti (che può essere ottenuto anche con mezzi assai meno onerosi) nell'ambito di una strategia

di controllo chimico integrato, che comunque corrisponde a situazioni in cui si fa un certo impiego di prodotti di sintesi. In pratica, l'impiego delle colture di copertura sembra quindi proponibile quasi esclusivamente nell'ambito di sistemi di coltivazione particolari ("organici"), nei quali il mezzo di controllo e la concezione e la struttura stessa dei costi colturali assumono una fisionomia peculiare.

Consociazione

L'effetto rinettante della consociazione deriva da una maggiore efficienza di utilizzazione delle risorse da parte delle colture consociate rispetto alle corrispondenti colture pure (Caporali *et al.*, 1987). In tal modo, le specie consociate si inseriscono nella nicchia ecologica delle infestanti deprimendone accrescimento e sviluppo. Un chiaro esempio di tale effetto é riportato in tabella 4 per consociazioni fra cereali autunno-vernini e pisello (Caporali *et al.*, 1998). D'altra parte, sia pure in termini diversi rispetto ad altri mezzi sopra discussi (riconducibili in tal caso ad una obiettiva difficoltà nel soddisfare concomitanti eppur diverse esigenze di specie molto dissimili), salvo il caso di alcune colture foraggere, anche la consociazione presenta oneri e vincoli operativi troppo pesanti per poter presentare quantomeno un'applicabilità immediata nell'ambito di sistemi di coltivazione in cui sia proponibile il controllo chimico integrato. Come già discusso a proposito delle colture di copertura, più facilmente essa può presentare margini di fattibilità in sistemi "di nicchia" caratterizzati da più elevato valore aggiunto dei prodotti e particolare struttura dei costi colturali.

Mezzi fisici

Pacciamatura

La pacciamatura consiste nel ricoprimento parziale (in genere con materiali cartacei o *film* plastici) della superficie interessata da una coltura. La pacciamatura consente sia una drastica riduzione della germinazione e dello sviluppo delle infestanti, sia una serie di altri effetti positivi per lo sviluppo e la crescita della coltura, con riferimento alla temperatura, all'umidità ed alla struttura del terreno, all'attività della microflora ed alla disponibilità di elementi nutritivi. Molti di questi effetti, sia pure in modo non sovrapponibile rispetto a quanto si verifica con la pacciamatura applicata in presenza della coltura qui considerata, può essere ottenere anche con una *dead mulch* "applicata", come visto in precedenza, in pre-semine di una coltura attuata sui residui di una coltura di copertura la cui biomassa sia previamente trinciata e lasciata sul campo. Nel primo caso,

Tabella 4. Decremento di resa granellare (% della coltura non infestata) per effetto delle infestanti in sistemi di colture consociate e pure, mediato su cereale e pisello, o non mediato (in corsivo: c = cereale; p = pisello) (media di 2 anni). I dati non mediati danno l'idea delle necessità di controllo in coltura pura.. **: diverso da 0 ($P < 0,01$); medie angolari in parentesi (da Caporali *et al.*, 1998)

	N ₀		N ₁₀₀	
	Consociazione	Coltura pura	Consociazione	Coltura pura
Frumento/pisello	3,5 (10,9)	20,8 (27,5) <i>16,5** c; 25,0** p</i>	18,1 (25,2)	25,5 (30,6) <i>24,2** c; 22,0** p</i>
Orzo/pisello	2,6 (9,4)	23,8 (29,3) <i>22,5** c; 25,0** p</i>	24,2 (29,5)	10,2 (18,6) <i>0,2 c; 22,0** p</i>
D.M.S. interazione ($P \leq 0,05$)			(6,3)	

tuttavia, il vantaggio competitivo della coltura nei confronti delle infestanti è presumibilmente maggiore, dato il più avanzato stadio di sviluppo della pianta coltivata cui è applicato l'intervento, pur in copertura del terreno solo parziale e non totale, come nel caso della *dead mulch*.

Tra i mezzi fisici di controllo, pur entro precisi limiti di applicabilità che giustifichino costi comunque piuttosto elevati, la pacciamatura è certamente quella che offre le maggiori possibilità di attuazione in campo, peraltro notoriamente sfruttate in orticoltura. In tal caso, d'altra parte, la convenienza d'impiego si basa su una serie di effetti positivi che va ben oltre la semplice azione di controllo delle infestanti (Dellacecca *et al.*, 1993). La pacciamatura sembra un mezzo di controllo facilmente integrabile con quello chimico, ma trova probabilmente possibilità di sfruttamento anche nell'ambito di una strategia di controllo integrato non chimico. Ad esempio, Saccardo e Paolini (dati inediti), hanno ottenuto un ottimo controllo delle infestanti su pomodoro da mensa abbinando una pacciamatura cartacea a due sarchiature effettuate 30 e 60 giorni dopo il trapianto. La carta pacciamante era stata applicata con semovente commerciale a strisce di terreno larghe 60 cm che includevano file binate di pomodoro con intrabina di 25 cm ed interbina di 145 cm, con una percentuale di superficie ricoperta di poco superiore quindi al 30% della totale e costi di realizzazione paragonabili a quelli richiesti dall'applicazione di *film* plastici. L'uso della carta evita lo smaltimento del rifiuto plastico, e non dà problemi nel caso di scarsa resistenza alle sollecitazioni meccaniche della sarchiatura (ad esempio, per la trinciatura di parte dei lembi interrati).

Solarizzazione

La solarizzazione può definirsi un metodo per la disinfestazione del terreno umido attraverso il suo riscaldamento per effetto combinato di un *film* plastico e della radiazione solare (Sauerborn *et al.*, 1989), in presenza o meno di sostanze “attivanti” in grado di accelerare il processo. La solarizzazione sembra decisamente efficace sia nel contenere vari agenti di avversità biotica (fra i quali certamente le infestanti, tabella 5), sia nel favorire la disponibilità di elementi nutritivi per la

Tabella 5. Effetto della copertura del terreno sulla biomassa infestante (g m^{-2} , s.s.) alla raccolta della rucola (*Eruca sativa* Miller tipo comune) (media dei dati raccolti in serre coperte con polietilene o etilen-vinil-acetato). In ogni riga, valori senza lettere in comune sono significativamente diversi per $P < 0,05$ (da Temperini *et al.*, 1998, modificato).

Specie infestante	Tipo di copertura del terreno (<i>film</i> in polietilene)		
	Trasparente	Nero	Assente
<i>Anagallis arvensis</i>	< 0,1 ns	0,1 ns	0,2 ns
<i>Anchusa arvensis</i>	0,0 ns	0,2 ns	0,3 ns
<i>Lamium amplexicaule</i>	0,0 ns	0,0 ns	0,6 ns
<i>Oxalis</i> spp.	0,3 b	0,4 b	21,3 a
<i>Stellaria media</i>	< 0,1 b	1,0 b	22,8 a
<i>Urtica urens</i>	0,0 ns	0,2 ns	0,2 ns
Totale	0,4 b	1,9 b	46,4 a

coltura, ma presenta un campo di applicabilità piuttosto circoscritto. In linea generale, infatti, il suo effetto si concretizza solo se negli strati superficiali del terreno (di consistenza variabile entro la profondità di circa 15 cm a seconda del tipo di agente di avversità biotica - funghi, insetti od infestanti - che si intende preferibilmente colpire) si riesce ad ottenere temperature superiori a 45°C per almeno 5-6 ore al giorno per un congruo numero di giorni (Temperini *et al.*, 1998), e deve compiersi in tempi piuttosto rapidi (3-5 settimane) per la necessità di minimizzare il periodo improduttivo in ordinamenti ad alto reddito (generalmente orticoli), gli unici che permettano di sostenere gli elevati costi di questa tecnica. Per conseguenza, la solarizzazione sembra proponibile solo in ambienti caldi o relativamente tali (individuabili nel nostro Paese solo in alcune aree delle regioni del Centro e, più estesamente, del Meridione), preferibilmente su colture protette o comunque forzate (Barone, 1992).

Lo sfruttamento della solarizzazione nell'ambito di una strategia di controllo chimico integrato sembra senz'altro possibile. Lo stesso probabilmente non può dirsi nel caso di una strategia di controllo non chimico, quantomeno finché non si saranno potute verificare le effettive possibilità di applicazione di questa tecnica in pieno campo.

Piro-diserbo

Questo mezzo consiste nell'impiego controllato del calore prodotto dal fuoco (secondo l'etimologia della parola) o da generatori elettromagnetici ed elettrici, con un effetto di contatto sulle infestanti (distruzione delle membrane cellulari e coagulazione delle proteine a temperature superiori a 50-60° C) analogo a quello di un erbicida ad azione fogliare. L'uso del fuoco per distruggere le infestanti risale al secolo scorso, ma ha trovato applicazione (pur solo sperimentale) con attrezzature di una certa affidabilità solo negli ultimi decenni, specie in orticoltura. Fra gli studi condotti in Italia, ricordiamo quelli di Balsari *et al.* (1994) su lattuga e di Calamai e Martini (1994) su cipolla e peperone.

Le apparecchiature finora sperimentate, più spesso a fiamma diretta, hanno costi di esercizio ancora troppo elevati per essere competitive con altri mezzi di controllo. Se opportunamente perfezionata, tuttavia, questa tecnica potrebbe avere una pur limitata diffusione nel controllo non chimico integrato in virtù di un'azione sulla fila della coltura difficilmente ottenibile con altri mezzi. Un'applicazione del pirodiserbo nell'interfila della coltura da abbinare a trattamenti chimici a dose ridotta (controllo chimico integrato) è invece da scartare a causa dei costi proibitivi.

Calore umido (vapore acqueo)

Questo mezzo consiste nell'applicazione di getti di vapore acqueo ad elevata temperatura (in genere compresa fra 100 e 150°C, Hansson, 1999), che agiscono per contatto sulle infestanti in modo analogo a quello discusso a proposito del pirodiserbo. L'uso del vapore è efficace, ma richiede l'impiego di apparecchiature di dimensioni notevoli, caratterizzate da scarsa maneggevolezza, limitata autonomia e costi di esercizio elevati, in termini sia energetici che di manodopera richiesta, vista anche la necessità di eseguire vari trattamenti nel corso dello stesso ciclo colturale. Tale mezzo presenta quindi oneri addirittura ben più elevati rispetto al precedente, e risulta improponibile per il controllo delle infestanti, in qualunque ambito esso possa essere pensato (controllo integrato chimico o non chimico).

Mezzi meccanici

I mezzi meccanici si identificano con le lavorazioni in presenza della coltura (cosidette "consecutive"). Esse possono essere eseguite con attrezzi di vario tipo (in ogni caso riconducibili a

sarchiatrici o erpici) in grado di lavorare uno spazio fra le file della coltura più o meno ampio, e talora capaci di garantire anche un'azione più o meno parziale sulla fila.

Sarchiatura

Si tratta di un intervento applicabile nell'interfila delle colture seminate a file spaziate (45 cm ed oltre). L'effetto della sarchiatura è selettivo nei confronti della coltura e, generalmente, molto efficace purché si intervenga tempestivamente (in genere non oltre 30 giorni dopo l'emergenza della coltura): non a caso, è questo l'intervento meccanico di gran lunga più diffuso. Il limite principale della sarchiatura consiste nella limitata capacità di contenere l'infestazione sulla fila, responsabile di decrementi produttivi comunque non trascurabili in presenza di specie aggressive che sviluppino in colture scarsamente competitive, quali ad esempio soia e barbabietola da zucchero. L'impiego di sarchiatrici a denti gommati oggi disponibili permette una certa operatività sulla fila di colture più resistenti all'azione meccanica; tuttavia, essa si risolve con troppa frequenza in un danno alle pianta coltivata che finisce per non essere neppure bilanciato da questo ulteriore effetto di contenimento delle infestanti (Bàrberi, 1997).

In anni recenti, si è dato spesso risalto alla possibilità di integrare l'effetto della sarchiatura con quello del controllo chimico sulla fila o in banda (Balsari *et al.*, 1989; Covarelli, 1989; Rapparini *et al.*, 1998), in modo da ottenere un'ottima efficacia fitocida con una riduzione delle dosi di erbicida del 60-70%. Nel concordare sulla validità tecnica di tale scelta, restiamo molto perplessi sulla sua convenienza economica e, come verrà discusso in un paragrafo successivo, riteniamo poco felice la scelta della sarchiatura nell'ambito di una strategia di controllo integrato delle infestanti. Questo stesso intervento può invece essere applicabile nell'ambito di una strategia di controllo non chimico, magari in abbinamento con un mezzo culturale su colture già in partenza piuttosto competitive. Colture decisamente competitive come topinambur (Paolini *et al.*, 1998) e girasole (Paolini, dati inediti) possono addirittura essere spesso condotte con il solo ricorso al controllo meccanico.

Spazzolatura

La spazzolatura consiste nell'impiego di una macchina che estirpa le infestanti per mezzo di spazzole in polipropilene azionate dalla presa di potenza della trattrice e ruotanti su un asse orizzontale o verticale (Lampkin, 1992). Le spazzolatrici ad asse orizzontale permettono solo il controllo nell'interfila della coltura, mentre quelle ad asse verticale permettono un certo grado di controllo anche sulla fila. Rispetto alla sarchiatura, la spazzolatura dà il vantaggio di un rimescolamento dello strato superficiale del terreno molto ridotto, ciò che riduce il rischio di nuove, successive emergenze da parte delle infestanti e consente di lavorare a contatto con la pianta

coltivata senza danneggiarne le radici (Vester e Rasmussen, 1989). D'altra parte, essa non dà altri vantaggi della sarchiatura (ad esempio interruzione della capillarità del terreno), mentre rispetto a questa presenta il doppio svantaggio di una scarsa efficacia nei confronti di piante in stadio avanzato e di richiedere maggiori tempi di esecuzione (Ferrero e Vidotto, 1998).

In termini strettamente tecnici, le possibilità applicative della spazzolatura non sono molto diverse da quelle della sarchiatura; rispetto ad essa, tuttavia, essa pone oneri e vincoli operativi più pesanti. La possibilità di realizzare una quantomeno parziale azione sulla fila le conferisce un certo interesse nell'ambito del controllo integrato non chimico: ciò può lasciarle un qualche spazio applicativo nonostante la ridotta capacità operativa delle macchine oggi disponibili.

Erpicoltura

Nelle colture seminate a spaglio o ad interfila stretto (cereali autunno-vernini, cipolla, carota), oltre alla strigliatura (vedi successivo paragrafo), l'erpicoltura con erpice a maglia o a denti flessibili é l'unico mezzo di controllo meccanico possibile. Pur non assicurando un effetto completo, essa permette abbastanza di frequente di contenere lo sviluppo delle infestanti entro limiti accettabili (Boydston, 1995), principalmente a causa di un effetto dicotiledonocida che si esplica soprattutto con un azione di ricoprimento delle plantule (Rasmussen, 1991). Un primo limite di questa tecnica consiste in una sensibile variabilità dell'effetto erbicida. Esso si rivela, infatti, limitato su plantule che abbiano superato i primissimi stadi di sviluppo (4-6 foglie vere, Rasmussen, 1996) e sulle monocotiledoni, ed é decisamente condizionato dalle caratteristiche del terreno (umidità negli strati superficiali, tessitura, Rasmussen, 1993). Un secondo limite consiste negli effetti negativi sulla coltura, talora superiori a quelli provocati dalla competizione delle infestanti (Rasmussen, 1996).

In termini di complementarità di efficacia fitocida, l'erpicoltura potrebbe abbinarsi ad un diserbo chimico a dose ridotta nell'ambito di una strategia di controllo integrato; con riferimento alla sua convenienza d'impiego in questo ambito, tuttavia, permangono e si rafforzano le perplessità espresse a proposito della sarchiatura e della spazzolatura. Questa tecnica sembra invece più facilmente applicabile in situazioni di controllo non chimico, in abbinamento o meno con altri mezzi.

Strigliatura

La strigliatura rappresenta sostanzialmente un'evoluzione dell'erpicoltura discussa in precedenza, e presenta grossomodo lo stesso raggio applicativo (colture seminate a spaglio o a file strette). Precisamente, essa consiste nell'impiego di erpici a denti elastici opportunamente conformati e

montati in serie su telai snodati e modulari. L'azione rinettante è causata dalla vibrazione dei denti intorno al proprio asse, con lacerazione, estirpatura e ricoprimento con terreno delle infestanti (Peruzzi *et al.*, 1998). Pur garantendo in genere un migliore effetto rinettante, la strigliatura presenta limiti simili a quelli dell'erpatura, riconducibili principalmente ad una sensibile variabilità degli effetti. Tale variabilità, infatti, dipende da fattori non sempre facilmente gestibili quali: profondità di lavorazione dell'attrezzo, direttamente proporzionale all'effetto rinettante ma anche al danno causato alla coltura: umidità del terreno, che se troppo elevata riduce notevolmente l'azione dei denti; età media e composizione della comunità di infestanti, al cui interno le specie graminacee e le dicotiledoni in stadi avanzati risultano scarsamente controllabili con questo tipo di intervento meccanico (Peruzzi *et al.*, 1998). Pertanto, non di rado l'uso dell'erpice strigliatore dà risultati produttivi inferiori a quelli ottenuti con i mezzi tradizionali (ad esempio, con il diserbo chimico).

In merito alle possibilità applicative ed alla sua collocazione preferenziale nell'ambito di diverse strategie di controllo, valgono per la strigliatura le stesse considerazioni fatte per l'erpatura. In tal caso, tuttavia, i costi d'esercizio sembrano essere in qualche misura superiori.

Mezzi colturali

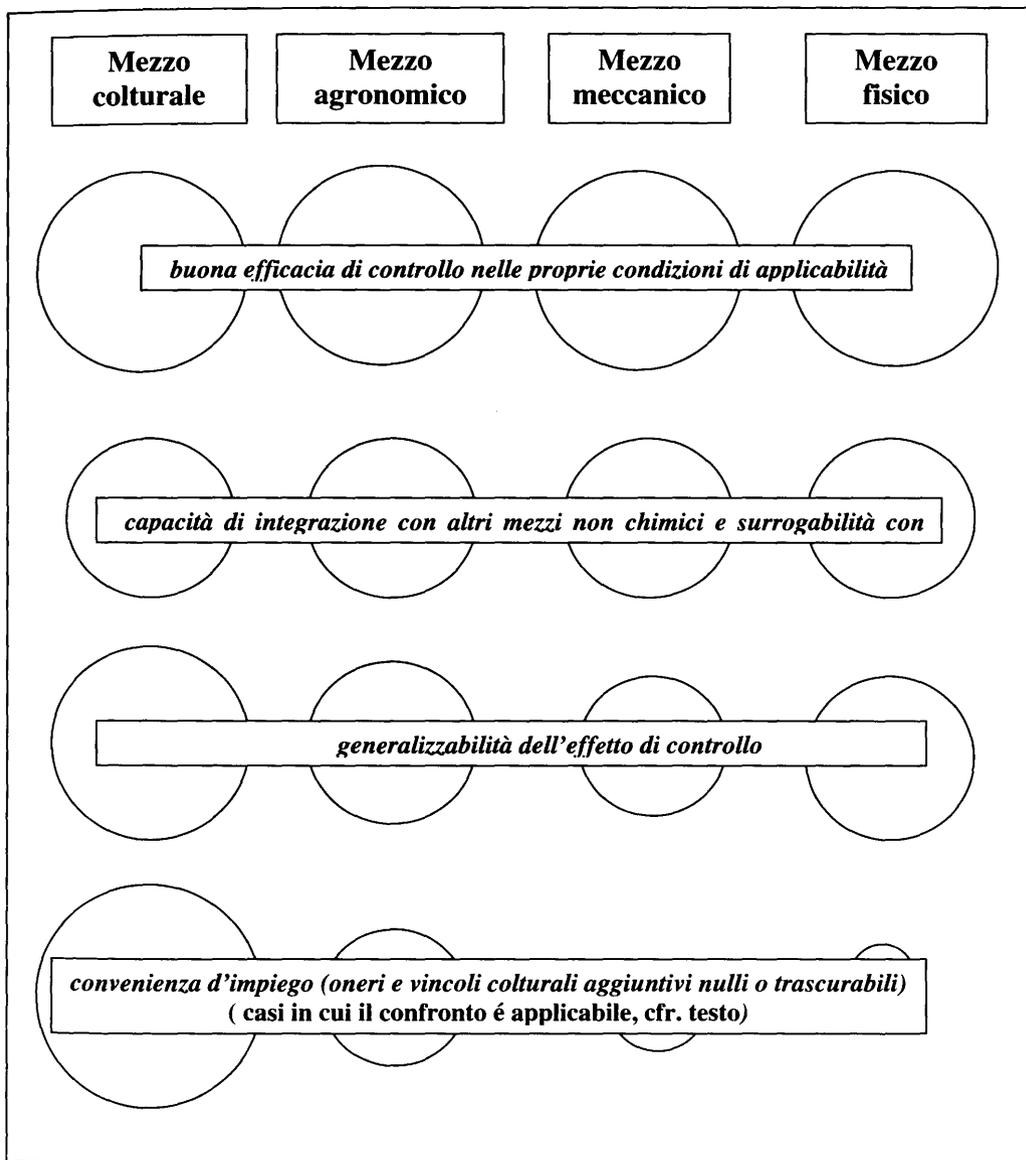
I mezzi colturali sono le scelte capaci di favorire l'abilità competitiva della coltura nei confronti delle infestanti. La consapevolezza delle possibilità offerte dallo sfruttamento dell'abilità competitiva come mezzo parzialmente soppressivo capace di interagire con altri mezzi parzialmente soppressivi per dare un soddisfacente effetto fitocida (Paolini *et al.*, 1996) è acquisizione molto recente, ancora non del tutto "digerita", del mondo tecnico-scientifico, che ha sempre visto nella coltura un passivo, non "interattivo" beneficiario degli interventi di controllo che le sono destinati.

Riconoscere e valorizzare le possibilità offerte dal mezzo colturale non significa disconoscere l'efficacia degli altri mezzi non chimici, ma piuttosto accrescere le possibilità del controllo integrato, al momento invero non molto ampie, prospettandone itinerari tecnici che rispondano in modo più concreto alle esigenze pratiche dell'agricoltore (Paolini, 2000).

Presupposti d'impiego del mezzo colturale

Certamente, il mezzo colturale presenta vantaggi comuni ad altri mezzi non chimici (Fig. 2), quali una buona efficacia nelle proprie condizioni di applicabilità e la possibilità di integrare

Figura 2. Rappresentazione schematica dei vantaggi del mezzo culturale rispetto ad altri mezzi non chimici. Ad aree uguali corrispondono vantaggi di entità e frequenza simili (da Paolini, 2000)



l'effetto di altri mezzi o di essere da questi surrogabile. Rispetto ad altri, addirittura, presenta lo svantaggio di essere ancora poco conosciuto nei suoi effetti e di richiedere talora una sperimentazione più complessa ed articolata per poterli studiare. Tuttavia, in misura spesso esclusiva o comunque maggiore rispetto ad altri, il mezzo colturale presenta anche due notevoli vantaggi, che giustificano la sua importanza e ne rappresentano i veri presupposti di applicazione: un'ampia generalizzabilità degli effetti di controllo e la convenienza d'impiego.

Riguardo alla generalizzabilità degli effetti, osserviamo che colture più competitive possono essere realizzate in una varietà di condizioni difficilmente sovrapponibile a quella delle condizioni di impiego appropriato per la grande maggioranza degli altri mezzi non chimici, ovvero sia in omosuccessione che in avvicendamento, dopo aratura come dopo minima lavorazione o non lavorazione, su terreni sabbiosi come su terreni argillosi, in presenza di infestazioni oligofite come in presenza di infestazioni caratterizzate da un elevato numero di specie, con alta o bassa disponibilità di macchine operatrici e di manodopera e su qualunque coltura, sia essa a ciclo autunno-primaverile o primaverile-estivo, coltivata ad interfila stretto o a file spaziate, a basso o ad alto reddito, in sistemi di coltivazione "convenzionali" come in sistemi di coltivazione "organici".

Per ciò che riguarda la maggior convenienza d'impiego del mezzo colturale rispetto ad altri pur spesso considerati, essa risulta chiara sulla base di una constatazione molto semplice: una volta definito il limite di applicabilità delle scelte colturali che la favoriscono, ottenere una maggiore abilità competitiva della coltura non comporta oneri o vincoli per l'agricoltore, mentre implica piuttosto un risparmio concreto e ben individuabile nella riduzione della dose del trattamento erbicida che va ad integrare l'azione del mezzo colturale stesso. Colture più competitive sono infatti capaci di contrastare più efficacemente lo sviluppo delle infestanti e di esaltare l'efficacia di interventi di controllo che in condizioni normali (vale a dire in assenza di una esaltazione dell'abilità competitiva della coltura) sarebbero soltanto parzialmente soppressivi nei confronti delle infestanti stesse (trattamenti chimici a dose ridotta od altri interventi con mezzi non chimici). Come vedremo, entrambi gli effetti hanno avuto riscontro sperimentale: ciò non è di secondaria importanza, poiché l'uno non è strettamente consequenziale all'altro: *a priori*, infatti, non è lecito concludere che una coltura più competitiva è in grado di contrastare lo sviluppo delle infestanti fino al punto di rendere efficace un intervento di controllo che in genere non sarebbe tale in condizioni normali.

La convenienza d'impiego del mezzo colturale può essere evidentemente discussa solo in rapporto ad altri mezzi non chimici che, come questo, hanno effetti rinettanti pressoché esclusivi o comunque decisamente prevalenti sugli altri possibili (Tab. 1). Fra tali mezzi, le lavorazioni secondarie (falsa semina) ed alcuni mezzi fisici quali calore umido e piro-diserbo, sia pure in maniera ben differenziata fra loro, comportano oneri e vincoli colturali quantomeno sufficienti a rendere immediatamente evidente la convenienza del mezzo colturale. Tuttavia, ciò sta soltanto a

significare che, in situazioni nelle quali possa prefigurarsi l'utilità del ricorso a tali mezzi in una strategia di controllo integrato, il mezzo culturale dovrebbe comunque essere la scelta prioritaria, ma non esclude che uno di essi (più probabilmente la falsa semina) possa opportunamente integrarne l'effetto se ricorrono condizioni che giustifichino oneri e vincoli di cui sopra.

Un caso che merita una discussione più dettagliata riguarda la convenienza d'impiego del mezzo culturale rispetto al mezzo meccanico con particolare riferimento al controllo chimico integrato. Tale convenienza è difficilmente dimostrabile sulla base dei dati reperibili in letteratura (che purtroppo, anche per obiettive difficoltà metodologiche, ben raramente riporta giudizi di convenienza economica sui singoli itinerari tecnici a confronto), ma risulta fin troppo chiara a quanti, forti di una solida esperienza di campo, vogliono soffermarsi a considerare, come sopra accennato, gli oneri ed i vincoli operativi e culturali imposti dai mezzi meccanici in situazioni in cui lo stesso effetto finale di controllo integrato potrebbe invece essere spesso ottenuto con il mezzo culturale. In effetti, l'integrazione del mezzo meccanico con il mezzo chimico può dare in molti casi un soddisfacente controllo delle infestanti, ma implica comunque passaggi distinti nella coltura per l'applicazione di ciascun mezzo (cfr. ad esempio Balsari *et al.*, 1989). L'onere aggiuntivo di uno o più passaggi ulteriori rispetto al caso del controllo convenzionale diviene ancora più pesante se il mezzo meccanico è rappresentato da attrezzi particolari quali spazzolatrici, erpici strigliatori, sarchiatrici a torsione, ecc. Tali attrezzi, pur presentando limiti di affidabilità (come per alcuni già discussi) legati alle condizioni del terreno ed al tipo di coltura (che a seconda dei casi può risultare più o meno danneggiata dal loro impiego), sono di concezione innovativa ed indubbiamente interessanti per certe loro caratteristiche che permettono di ottenere un'azione rinettante su una superficie interfila più ampia e, parzialmente, anche sulla fila della coltura (Peruzzi *et al.*, 1998; Bàrberi e Frondoni, 1999), ma sono disponibili a prezzi che l'agricoltore medio italiano ben difficilmente sembra disposto a sostenere. Si consideri in proposito che il mercato italiano delle attrezzature per l'agricoltura (e ci stiamo riferendo alle "convenzionali"!) ha fatto registrare nel periodo 1994-97 un calo delle immatricolazioni di quasi il 40% rispetto al triennio precedente, secondo una tendenza al ribasso che i dati relativi al periodo 1998/2000 dovrebbero confermare (Zerbinati, 1998). Sembra questa una sede opportuna per sostenere con chiarezza che attrezzature per il controllo meccanico particolari come quelle sopra ricordate hanno attualmente una certa possibilità d'impiego solo nell'ambito del controllo integrato non chimico, in sistemi di coltivazione "organici" che possano garantire un peculiare valore aggiunto del prodotto ottenuto. Agli oneri aggiuntivi testè discussi può inoltre frequentemente corrispondere lo svantaggio di una minore flessibilità nell'applicazione del mezzo chimico che va ad integrare quello meccanico, ciò che in qualche modo rappresenta un concreto vincolo operativo. In effetti, l'integrazione al mezzo meccanico di quello chimico applicato sulla fila o in banda riduce l'affidabilità del trattamento di

pre-emergenza, data l'obiettivo difficoltà, nella maggioranza delle situazioni, di "ritrovare" con precisione la fila seminata di una coltura che, per definizione, deve ancora emergere. E' facile prevedere che in tal caso il trattamento lasci "scoperti" lembi di superficie da trattare più o meno estesi sulla fila e/o nel suo intorno, dai quali possono emergere anche solo pochi individui purtuttavia potenzialmente in grado di raggiungere un certo sviluppo e quindi capaci di recare significativo danno produttivo, particolarmente nel caso di colture scarsamente competitive (barbabietola da zucchero, soja, Paolini, 2000). Il vincolo di un più frequente ricorso al trattamento di post-emergenza da un lato riduce la possibilità di sfruttare una prima *chance* di controllo, dall'altro può creare problemi di efficacia stessa del trattamento per scarsa disponibilità di principi attivi che siano ad un tempo efficaci nei confronti delle infestanti e selettivi nei confronti della coltura (ad esempio, questo è stato fino a poco tempo fa il caso del girasole, Rapparini, 1999).

Possibilità del mezzo colturale

Alla luce delle più recenti evidenze sperimentali, le scelte colturali che possono essere sfruttate per favorire l'abilità competitiva della coltura nei confronti delle infestanti (e sono quindi configurabili come un possibile mezzo colturale) sono sostanzialmente:

- ◆ la scelta della cultivar (impiego di varietà dotate di caratteristiche di maggiore competitività);
- ◆ l'epoca e la modalità di distribuzione del fertilizzante azotato;
- ◆ l'epoca di semina.

A quanto ci risulta, altre scelte probabilmente in grado di influire sull'abilità competitiva della coltura (modalità d'irrigazione e regime idrico, epoca di trapianto, Ferrero e Vidotto, 1998, densità d'investimento) non hanno ancora avuto verifica sperimentale diretta, o l'hanno avuta solo occasionalmente, e non vengono discusse in questa sede.

Come già accennato e come sarà discusso più avanti, per ciò che riguarda la scelta della cultivar e l'epoca di fertilizzazione azotata esiste già evidenza sperimentale non solo della possibilità di realizzare colture più competitive, ma anche di come a questo effetto corrisponda un'esaltazione dell'efficacia di interventi di per sè solo parzialmente soppressivi (trattamenti chimici a dosi ridotte rispetto alle ordinarie), tale da consentire un soddisfacente controllo delle infestanti integrando il loro impiego con quello del mezzo chimico.

Scelta della cultivar

Cultivar dotate di superiore abilità competitiva nei confronti delle infestanti sono state identificate in varie specie erbacee coltivate quali cartamo (Paolini *et al.*, 1998), frumento tenero

Tabella 6. Abilità competitiva di 10 varietà di soia nei confronti di *Amaranthus retroflexus* e *Chenopodium album* L.. (coltura ed infestante alle rispettive densità di 35 e 30 p m²), loro decremento di resa in presenza delle infestanti (in parentesi) e produzione di biomassa in coltura non infestata a 30 d dall'emergenza (media del biennio 1988/89) (da Paolini *et al.*, 1992, modificato)

Varietà e Gruppo di precocità	Abilità competitiva (C_b) ⁽¹⁾ nei confronti di		Biomassa in assenza di infestanti a 30 d dall'emergenza	
	<i>A. retroflexus</i> L.	<i>C. album</i>	ss., g m ⁻²	% rispetto a fine ciclo
Hogdson 78 (I)	0,52 (60)	0,74 (66)	119	17
Amsoy 71 (II)	0,45 (52)	0,60 (60)	114	16
Azzurra (I)	0,54 (56)	0,70 (64)	120	18
Canton (I)	0,08 (37)	0,32 (45)	128	20
Chandor (0)	- 0,25 (25)	- 0,31 (21)	149	25
Westfield (I)	0,03 (48)	0,03 (48)	129	21
Stella (0)	- 0,13 (30)	- ,23 (23)	153	26
Evans (0)	- 0,10 (33)	- 0,24 (20)	145	26
Simpson (0)	0,04 (40)	0,09 (43)	126	24
Beeson (II)	1,07 (74)	1,30 (79)	97	16

D.M.S. $P < 0,05$ interazione *varietà x specie infestanti* per $C_b = 0,26$

Per confronto a coppie fra produzioni di biomassa = 10

⁽¹⁾ C_b (*competitive balance index*, Wilson, 1988) = $\ln RCC$, dove RCC (*relative crowding coefficient* di De Wit e Goudriaan, 1974, citato da Wilson, 1988) = $(Bwc/Bw) / (Bcw/Bc)$. Bwc , Bcw , Bw e Bc sono la biomassa per unità di superficie delle infestanti in presenza della coltura, quella della coltura in presenza delle infestanti, e quella delle infestanti e della coltura in assenza dell'una e delle altre (*stand* puri di infestanti e della coltura). $C_b > 0$, < 0 od $= 0$ indica, rispettivamente, minore, maggiore od uguale abilità competitiva della coltura nei confronti delle infestanti.

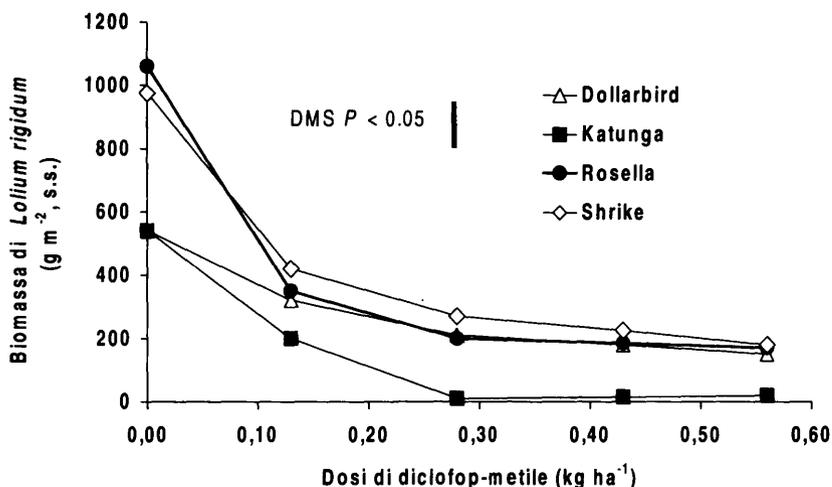
(Wicks *et al.*, 1986; Satorre e Snaydon, 1992; Christensen, 1994; Lemerle *et al.*, 1996b), soja (Paolini *et al.*, 1992, tabella 6). In altre specie (ad esempio nel cece, Paolini e Saccardo, 2000) tale fenomeno è stato rilevato su genotipi non commerciali peraltro facilmente introducibili in coltura. Su frumento tenero, inoltre, è già stato verificato che una maggiore abilità competitiva della coltura causata dall'impiego di cultivar più competitive permette di esaltare l'effetto di trattamenti a dose ridotta di erbicida (dell'ordine del 40-50%), rendendoli efficaci quanto quelli a dose *standard* applicati su cultivar dotate di "normale" abilità competitiva (Lemerle *et al.*, 1996a, Fig. 3). Gli stessi Autori, del resto (Lemerle *et al.*, 1996b), fanno esplicito riferimento all'abilità competitiva della cultivar come ad un parametro da quantificare e riportare sull'etichetta delle confezioni di seme certificato.

E' interessante osservare come l'abilità competitiva del genotipo coltivato si sia mostrata correlata con alcuni caratteri facilmente determinabili, il più importante dei quali è rappresentato dalla produzione di biomassa della coltura (ovvero dai suoi ritmi di crescita) a stadi di sviluppo precoci (cartamo, Paolini *et al.*, 1998, tabella 7; frumento tenero, Lemerle *et al.*, 1996b; soja, Paolini *et al.*, 1992). Un ulteriore carattere di forte competitività della cultivar sembra rappresentato dal suo *habitus* di crescita, prostrato od eretto (Lotz *et al.*, 1991). Esso, tuttavia, in quanto sfruttabile soprattutto in virtù di un effetto di contenimento delle emergenze, ha un effetto meno generalizzabile rispetto a quello del precedente, vale a dire potenzialmente deludente in condizioni nelle quali densità relativamente ridotte di infestanti molto aggressive siano sufficienti a causare significativi decrementi di resa della coltura (ad esempio, può essere il caso della barbabietola da zucchero in infestata da *C. album*, Paolini *et al.*, 1999). Osserviamo inoltre che, ancora su cartamo (Paolini *et al.*, 1998) e frumento tenero (Lemerle *et al.*, 1996b), non é stata rilevata correlazione fra abilità competitiva della coltura e produzione della stessa in assenza di infestanti; ancora su frumento tenero, Wicks *et al.*, 1986 avevano rilevato addirittura correlazione positiva fra i due caratteri. Questi risultati sembrano finalmente smentire una concezione sostanzialmente distorta e tuttavia ancora piuttosto diffusa, in base alla quale genotipi più competitivi debbano invariabilmente possedere caratteri di forte sviluppo dimensionale, con basso indice di raccolto e taglia elevata (Donald e Hamblin, 1976), che li renderebbero scarsamente rispondenti ad ideotipi "pensati" per la realizzazione di rese elevate con una moderna gestione della coltura. Come abbiamo visto, gli studi più recenti dimostrano invece, come sembra ragionevole, che capacità produttiva ed abilità competitiva della coltura non sono necessariamente in contrasto. Per conseguenza, oltre alla variabilità intervarietale già esistente, è possibile sfruttare ai fini pratici anche una variabilità indotta con specifici programmi di miglioramento genetico mirati alla selezione di varietà più competitive.

Epoca e modalità di distribuzione del fertilizzante azotato

Nel favorire l'abilità competitiva della coltura, un altro fattore di notevole interesse è rappresentato dalla fertilizzazione azotata, il cui potenziale al riguardo sembra ancora in gran parte inespreso. Delle quattro principali scelte possibili a questo proposito (tipo di fertilizzante, dose,

Figura 3 - Biomassa di *Lolium rigidum* infestante 4 varietà di frumento tenero trattate con dosi decrescenti di diclofop-metile (da Lemerle *et al.*, 1996, modificato)



epoca, modalità di distribuzione), epoca e modalità di distribuzione sembrano allo stato attuale quelle che offrono le possibilità applicative più concrete. Infatti, l'effetto del tipo di fertilizzante azotato (sostanzialmente, organico o minerale) è ancora poco conosciuto. Del resto, analogamente a quanto già discusso a proposito di altri mezzi agronomici, la scelta del tipo di fertilizzante azotato unicamente in base alla convenienza d'impiego come mezzo colturale di controllo delle infestanti appare poco proponibile, considerata la varietà di effetti che dal tipo di fertilizzante stesso è prevedibile attendersi sia sulla coltura cui esso è destinato, sia sulle colture in successione. Per altro verso l'effetto della dose, pur certamente importante nel determinare i rapporti di competizione fra pianta coltivata ed infestante, spesso non è sfruttabile ai fini applicativi, poiché non di rado si risolve in una maggiore abilità competitiva della coltura a dosi non ottimali per la sua crescita (Exley e Snaydon, 1992; Jørnsgård *et al.*, 1996; Iqbal e Wright, 1997), con problemi per le rese o comunque per la remuneratività della coltura stessa.

L'epoca di fertilizzazione azotata sembra invece un fattore spesso efficace ed affidabile nel favorire l'abilità competitiva della coltura. Tale efficacia si basa sulla realizzazione del maggior vantaggio (o del minor svantaggio) competitivo possibile per la coltura con la somministrazione della risorsa "azoto" ad un'epoca in cui il rapporto fra il ritmo di crescita della coltura e quello dei suoi competitori (e quindi la loro capacità relativa nell'assumere risorse limitanti comuni) sia quanto

Tabella 7. Correlazioni significative tra alcuni caratteri della coltura del cartamo (*Carthamus tinctorius* L.) in assenza di infestanti e l'indice di abilità competitiva delle infestanti nei confronti della coltura $C_b^{(1)}$ (media di dati ottenuti su 12 varietà nel biennio 1993/94). *, **: significatività del coefficiente di correlazione per $P < 0,05$ e $P < 0,01$, rispettivamente (da Paolini *et al.*, 1998, modificato)

Caratteri della coltura	1993		1994	
	semina invernale	semina primaverile	semina invernale	Semina Primaverile
Altezza alla raccolta	-0,69*	-0,64*	-0,65*	-0,67*
Capolini fertili m ⁻²	-0,60*			
Capolini totali m ⁻²	-0,81**		-0,68**	-0,60*
Peso biomassa 4 SDE ⁽²⁾	-0,77**	-0,89**	-0,80**	-0,91**
Peso biomassa 7 SDE ⁽²⁾	-0,74**	-0,81**	-0,84**	-0,88**

⁽¹⁾ C_b (competitive balance index, Wilson, 1988) = $\ln RCC$, dove RCC (relative crowding coefficient di De Wit e Goudriaan, 1974, citato da Wilson, 1988) = $(B_{we}/B_w) / (B_{cw}/B_c)$. B_{we} , B_{cw} , B_w e B_c sono la biomassa per unità di superficie delle infestanti in presenza della coltura, quella della coltura in presenza delle infestanti, e quella delle infestanti e della coltura in assenza dell'una e delle altre (stand puri di infestanti e della coltura). $C_b > 0$, < 0 od $= 0$ indica minore, maggiore o uguale abilità competitiva della coltura nei confronti delle infestanti: minori valori del coefficiente di correlazione indicano maggiore importanza del carattere cui esso è riferito nel favorirla; ⁽²⁾ SDE = settimane dopo l'emergenza della coltura

più possibile sbilanciato a favore della prima. Colture più competitive per effetto di un'anticipo dell'epoca di fertilizzazione azotata in copertura sono state ottenute su frumento tenero (Angonin *et al.*, 1996) e barbabietola da zucchero (Paolini *et al.*, 1999) in competizione con specie infestanti a sviluppo più tardivo della coltura stessa, eppure decisamente aggressive quando essa era sottoposta ad epoche "normali" di fertilizzazione. Lo stesso effetto (Paolini *et al.*, 1999) è stato ottenuto posticipando l'epoca di fertilizzazione in colture che si trovavano a competere con infestanti molto precoci, che evidentemente non sono più capaci di "sottrarre" azoto alla pianta coltivata quando

questo sia somministrato ad epoche corrispondenti a stadi cui l'infestante ha praticamente esaurito le sue esigenze per l'elemento (Tab. 8). Ai fini di una maggiore abilità competitiva della coltura, l'epoca di somministrazione deve quindi essere "modulata" in modo diverso (attraverso un anticipo od un ritardo rispetto a quella considerata "normale") a seconda del tipo di infestazione, ovvero della precocità di sviluppo delle specie prevalenti nella comunità di infestanti. Anche in riferimento al fattore "epoca di fertilizzazione azotata", è stato dimostrato sperimentalmente che colture più competitive possono esaltare l'efficacia fitocida di trattamenti erbicidi a dose ridotta altrimenti solo parzialmente soppressivi fino alla realizzazione di un controllo pienamente soddisfacente (Tab. 9). Anche in tal caso, tuttavia, come già in quello sopra discusso a proposito della riduzione della dose di erbicida consentita dall'impiego di cultivar dotate di superiore abilità competitiva, i risultati avallano una surrogabilità del mezzo chimico significativa (pari al 30%) ma certamente minore di quella possibile abbinando il mezzo meccanico al trattamento erbicida in banda o sulla fila.

Tabella 8. Effetto dell'infestazione con due specie diverse e dell'epoca di fertilizzazione azotata in copertura sulla biomassa totale della barbabietola da zucchero ($t\ ha^{-1}$, s.s.) (media degli anni 1994 e 1996 e di due cultivar). In parentesi sono riportati i decrementi percentuali rispetto alla coltura non infestata (da Paolini *et al.*, 1999, modificato)

Epoca di fertilizzazione azotata in copertura (giorni dall'emergenza)	Tipo di infestazione		
	da <i>Sinapis</i> <i>arvensis</i> ($28\ p\ m^{-2}$)	da <i>Chenopodium</i> <i>album</i> ($14\ p\ m^{-2}$)	infestazione assente
28	8,2 (67,0)	15,6 (36,3)	24,7
42	10,1 (56,5)	13,6 (41,3)	23,2
56	10,2 (58,3)	13,3 (45,6)	24,5
ESD per il confronto di due medie qualsiasi		0,81	

Tabella 9. Effetto dell'epoca di fertilizzazione azotata in copertura e della dose di erbicida sulla resa in granella del frumento duro (media del triennio 1997/98 – 1999/00). In parentesi é riportato il valore della biomassa infestante totale rilevata ($t\ ha^{-1}$, s.s.). Lettere diverse indicano differenza significativa in base al *test* di Duncan ($P < 0,05$) (eseguito su dati trasformati in *ln* nel caso della biomassa infestante) (da Paolini *et al.*, 2000, modificato)

Dose di erbicida (% della raccomandata)	Produzione di granella ($t\ ha^{-1}$, s.s.)		
	Epoca di fertilizzazione azotata in copertura		
	anticipata (metà Febbraio)	normale (inizio Marzo)	ritardata (metà Marzo)
0 (testimone)	2,98 cd (2,15 a)	2,64 d (1,86 b)	3,57 c (1,71 b)
40	4,61 b (0,65 c)	4,43 b (0,51 c)	4,59 b (0,73 c)
70	5,20 a (0,19 d)	4,50 b (0,58 c)	4,36 b (0,63 c)
100	5,41 a (0,20 d)	5,29 a (0,10 d)	4,60 b (0,12 d)

La localizzazione del fertilizzante azotato rappresenta un'ulteriore possibilità di influire sull'abilità competitiva della coltura nei confronti delle infestanti. Questa affermazione, peraltro del tutto ragionevole, trova supporto in pochi, ma significativi studi condotti in anni recenti. Al riguardo, Rasmussen *et al.* (1996) riportano su orzo un chiaro esempio di come la fertilizzazione azoto-fosfo-potassica localizzata alla semina possa favorire la crescita della pianta coltivata e sfavorire lo sviluppo delle piante infestanti, riducendone la produzione di biomassa in proporzioni variabili dal 50 al 60% circa, con chiari benefici per la resa della coltura (Tab. 10). In questo studio, l'effetto dell'azoto non é scindibile da quello degli altri due elementi, ma certamente è comunque presente. Recentemente, Paolini e Barberi (dati inediti) hanno ottenuto effetti simili su produzione della coltura e biomassa infestante localizzando l'azoto alla semina nel girasole.

Tabella 10. Effetto della localizzazione di un fertilizzante azoto-fosfo-potassico (21-4-10) sulla biomassa infestante l'orzo e sulla sua resa in granella (da Rasmussen *et al.*, 1996, modificato)

Tipo di terreno e metodo di applicazione	1993			1995			Valore percentuale medio
	Livello di fertilizzazione con NPK ⁽¹⁾						
	basso	medio	alto	basso	medio	alto	
Biomassa infestante (g m⁻², sostanza secca)							
<i>Argillo-limoso</i>							
Distribuzione a tutto campo	21,2	28,8	13,0	22,5	28,7	28,8	100
Distribuzione localizzata	5,9	3,7	5,7	11,6	15,6	9,6	48
<i>Sabbioso</i>							
Distribuzione a tutto campo	79,2	73,0	41,4	23,1	13,2	27,4	100
Distribuzione localizzata	20,8	7,3	28,3	12,9	6,2	9,4	41
Resa in granella (t ha⁻¹, sostanza secca)							
<i>Argillo-limoso</i>							
Distribuzione a tutto campo	2,78	2,96	3,19	3,44	3,72	4,21	100
Distribuzione localizzata	3,77	4,21	4,49	3,52	4,05	4,55	118
<i>Sabbioso</i>							
Distribuzione a tutto campo	1,97	2,33	2,95	2,56	3,21	3,84	100
Distribuzione localizzata	3,18	4,09	4,10	3,24	3,85	4,49	138

⁽¹⁾ Applicazione del ternario alla semina in quantità corrispondente a 50 (livello basso), 80 (livello medio) e 110 (livello alto) kg ha⁻¹ di azoto.

Epoca di semina

L'epoca di semina della coltura influisce sia sull'emergenza assoluta e relativa delle specie infestanti (e quindi sulla loro densità di popolazione), sia sul loro accrescimento e sviluppo in competizione con la pianta coltivata, con effetti generalmente coesistenti. L'epoca di semina può quindi essere considerata al tempo stesso un mezzo culturale ed un mezzo agronomico in senso più generale. L'effetto sulla densità di popolazione delle infestanti ovviamente deriva dalla loro stagionalità di crescita e sviluppo, mentre l'effetto sull'abilità competitiva dipende dalle esigenze

relative della coltura e delle infestanti, che hanno effetto sulla loro relativa epoca di emergenza e/o sui loro relativi tassi di crescita nelle prime fasi di sviluppo. Più precoce è l'emergenza della coltura, maggiore sarà il suo vantaggio competitivo (o minore il suo svantaggio competitivo), e più bassi saranno l'abilità competitiva delle infestanti (Williams, 1977; Martin e Field, 1988) ed il loro tasso riproduttivo (Peters e Wilson, 1983). Questi lavori dimostrano che su varie colture cerealicole (frumento tenero, orzo) tali effetti possono essere ottenuti variando opportunamente l'epoca di semina della coltura. Più delle precedenti, tuttavia, questa scelta colturale presenta spesso concreti limiti di applicabilità. Infatti, particolarmente in ambienti nei quali si ha una forte concentrazione delle precipitazioni nel periodo autunno-invernale, diverse colture, come sarà discusso anche nel paragrafo successivo, presentano un intervallo di semina ottimale piuttosto ristretto.

Limiti del mezzo colturale

Anche il mezzo colturale presenta dei limiti che, ai fini espositivi, possiamo suddividere in *intrinseci ed estrinseci*.

I primi sono determinati dalle condizioni stesse imposte dalla scelta attraverso la quale l'effetto di questo mezzo si manifesta. Infatti, la maggior parte delle scelte che favoriscono l'abilità competitiva della coltura implica una più o meno marcata deviazione da un itinerario tecnico ottimale, così come esso è stato "pensato" e definito in assenza di competitori nei confronti della pianta coltivata, ovvero in condizioni di esclusiva ed assoluta efficacia del mezzo di controllo chimico. Gli esempi di soddisfacente efficacia del mezzo colturale in abbinamento con il mezzo chimico a dose ridotta riportati in precedenza si riferiscono a casi in cui la scelta (adozione di una cultivar più competitiva, di un'epoca di fertilizzazione azotata in copertura anticipata o ritardata, ecc.) non implicava di per sé un decremento di resa della coltura, e poteva quindi considerarsi convenientemente applicata. In alcuni casi, tuttavia, una scelta che favorisce l'abilità competitiva della coltura può rivelarsi sub-ottimale ai fini produttivi, astrazione fatta dal suo effetto ancorché pienamente soddisfacente sulle infestanti quando abbinata al trattamento erbicida. In questa situazione, evidentemente, lo svantaggio produttivo che la coltura subirebbe potrebbe non essere compensato dal risparmio realizzato sui costi della difesa, e l'applicazione del mezzo colturale risulterebbe sconveniente. Al riguardo, un caso tipico è ipotizzabile sulla coltura del girasole in molti ambienti collinari dell'Italia centrale in presenza di infestazioni da specie precoci (Tab. 11); un ritardo dell'epoca di semina può favorire nettamente l'abilità competitiva della pianta coltivata ma, salvo annate con decorso meteorico particolarmente favorevole, può altrettanto facilmente sottoporla ad una prolungata carenza idrica che si risolve in un forte decremento di resa anche per la coltura non infestata. Casi concettualmente del tutto analoghi sono ipotizzabili su altre colture, ad esempio per effetto di una fertilizzazione azotata che si riveli troppo ritardata, o per una densità

d'investimento che risulti troppo elevata. A quest'ultimo proposito, può sembrare strano che la densità d'investimento non sia stata discussa tra i fattori capaci di favorire l'abilità competitiva della coltura: l'idea che colture a densità d'investimento più elevate abbiano maggior effetto rinettante è infatti abbastanza familiare. E' un fatto, d'altra parte, che vari lavori mostrino che ciò normalmente avviene, ma si realizza con decrementi di resa della coltura più o meno sensibili (ad esempio, cfr. Lawson e Topham, 1985). A quanto ci risulta, finora in un solo caso, ancora su cartamo infestato da *Setaria viridis* (Blackshaw, 1993), maggiori densità d'investimento hanno mostrato significativo effetto rinettante senza corrispondere a decrementi produttivi della coltura.

Tabella 11. Viterbo, biennio 1998/99. Effetto dell'epoca di semina sulla resa del girasole in coltura non infestata ed infestata in forte presenza di *Sinapis arvensis*, e sulla biomassa infestante rilevata. Nell'ultima colonna lettere diverse indicano differenze significative per $P < 0.05$ (test D.M.S. su dati sottoposti a trasformazione angolare, Paolini, dati inediti).

Anno ed epoca di semina della coltura	Resa in acheni (t ha ⁻¹ , s.s.)		Biomassa infestante (t ha ⁻¹ , s.s.)	
	coltura non infestata	coltura infestata	totale	<i>S. arvensis</i> (% di totale)
1996				
metà di Marzo	23,4	14,1	10,1	58 a
primi di Aprile	16,9	12,3	3,9	16 b
1997				
metà di Marzo	25,5	17,7	6,3	61 a
primi di Aprile	16,2	11,4	3,5	24 b
D.M.S. per il confronto fra medie della serie di dati di ciascun carattere, $P < 0,05$:				
	4,1		2,2	

I limiti *estrinseci* del mezzo colturale sono quelli che derivano più dal comportamento dell'uomo che da quello della pianta coltivata o dall'azione delle componenti del sistema. Si tratta in sostanza dei limiti imposti dalla nostra carenza di informazioni sull'effetto dei fattori in grado di favorire l'abilità competitiva della coltura e sulle condizioni che possano renderli sfruttabili su scala aziendale. Tali limiti possono essere superati solo con una rigorosa e sistematica attività di ricerca finalizzata allo scopo, che coinvolga una serie di competenze diverse oltre a quella di malerbologi

ed agronomi. Al riguardo, emblematico è l'obiettivo della selezione di nuove cultivar dotate di superiore abilità competitiva, che richiede l'apporto essenziale di *breeders* e patogeni vegetali.

Conclusioni

Ai mezzi non chimici di controllo delle infestanti corrisponde una serie di effetti più o meno specifici, di significato e di portata anche molto diversi fra loro. In ogni caso, essi forniscono un contributo alla conservazione di risorse non rinnovabili (prime fra tutte la fertilità dell'agro-sistema e la sua stessa funzionalità ecologica) che rappresenta una priorità ormai consolidata dei Paesi ad agricoltura avanzata e riveste un'importanza su cui non è neanche il caso di insistere.

D'altra parte, proprio in virtù della diversa portata dei suoi effetti, ai vari livelli che possono supportarlo (tecnico, divulgativo, operativo), l'impiego del mezzo non chimico va considerato sulla base di una professionalità cui corrisponda non solo la capacità di definire l'importanza del suo effetto fitocida e di gestire i fattori che lo determinano, ma anche di condurre una valutazione di massima del rapporto costi/benefici e delle implicazioni di un certo tipo di scelte (tattiche o a maggior motivo strategiche), in riferimento alle necessità pratiche ed alle esigenze di un'ampia serie di soggetti più o meno direttamente interessati al processo (agricoltori, consumatori, agroindustria, ricercatori, decisori a livello tecnico e politico).

Alcuni mezzi non chimici quali l'avvicendamento colturale (ed in buona misura certi tipi di lavorazione del terreno) hanno effetti portanti per il successo stesso dei sistemi agricoli (e quindi per il successo di qualunque forma di lotta alle infestanti), ed un loro impiego generalizzato dovrebbe essere comunque attuato e costantemente supportato.

Passando a considerare altri mezzi i cui effetti, pur talora polivalenti, possono essere considerati meno portanti dei precedenti, assumono ragionevole importanza anche certi criteri più specifici di opportunità. In quest'ottica possiamo riconoscere una strategia di controllo chimico convenzionale che, pur nell'ottica di una sempre più attenta razionalizzazione dell'impiego degli erbicidi, continua a garantire l'esistenza di molte realtà produttive; una strategia di controllo chimico integrato destinata ad assumere maggior diffusione, nella quale l'integrazione del mezzo non chimico con quello chimico entro ragionevoli limiti di surrogabilità di quest'ultimo può assicurare un controllo soddisfacente; una strategia di controllo integrato non chimico, che ha spesso valenza tecnica ma ha possibilità applicative ancora per lo più in rapporto a condizioni ambientali e situazioni di mercato tuttora circoscritte, cui corrispondano produzioni di valore aggiunto particolarmente elevato (prodotti "biologici") e, di fatto, una concezione ed una struttura dei costi colturali abbastanza peculiari.

Fra i mezzi fisici, pacciamatura e solarizzazione meriterebbero maggiore attenzione nell'ambito di strategie di controllo integrato, particolarmente in virtù della possibilità di applicarle a colture di alto reddito (per lo più orticole), le uniche peraltro in grado di giustificare il costo. Queste tecniche

presentano d'altra parte effetti complessi che, specie nel caso della solarizzazione, poco essere chiariti solo attraverso una sistematica attività sperimentale di una certa durata.

Mezzi agronomici quali le colture di copertura e la consociazione rappresentano interventi per così dire "strutturali" sul sistema colturale e, salvo una casistica limitata, dovrebbero essere studiati in riferimento a sistemi di coltivazione "organici", nei quali trova applicazione il solo controllo integrato non chimico.

Considerazioni concettualmente analoghe valgono per molti mezzi meccanici quali sarchiatura, spazzolatura e strigliatura, che dovrebbero ricevere un'attenzione meno generalizzata nell'ambito delle strategie di controllo integrato delle infestanti, principalmente in virtù degli oneri aggiuntivi che creano in abbinamento con il mezzo chimico. Essi possono invece trovare più conveniente sviluppo nell'ambito di strategie di controllo integrato non chimico, anche non necessariamente in sistemi di coltivazione "organica", come potrebbe essere ad esempio il caso della sarchiatura da sola od in abbinamento ad un mezzo colturale su colture "naturalmente" più competitive di altre nei confronti delle infestanti.

Infine, il mezzo colturale dovrebbe trovare maggiore diffusione, tanto a livello sperimentale (per definirne sempre meglio le possibilità) che a livello operativo, sia per migliorare le prestazioni del controllo integrato non chimico, sia, soprattutto, per ridurre drasticamente oneri e vincoli operativi che attualmente limitano fortemente le possibilità del controllo chimico integrato, e finiscono per alimentare la diffidenza dell'agricoltore nei confronti di questa strategia di controllo.

Bibliografia

- ANGONIN C, CAUSSANEL JP, MEYNARD JM (1996) Competition between winter wheat and *Veronica hederifolia*: influence of weed density and the amount and timing of nitrogen application. *Weed Research* **36**: 175-188.
- AA VV (1999) *Proceedings of the 11th EWRS Symposium*, Basel, 221 pp.
- BALSARI P, AIROLDI G, FERRERO A, MAGGIORE T (1989) Lotta integrata alle malerbe del mais. *Informatore Agrario* **45** (30): 61-73.
- BALSARI P, BERRUTO R, FERRERO A (1994) Flame weed control in lettuce crop. *Acta Horticulturae* **372**: 213-222.
- BÀRBERI P (1997) Il controllo delle infestanti con mezzi non chimici. *Informatore Agrario* **53** (42): 123-127.
- BÀRBERI P, FRONDONI U (1999) Innovazioni dalla ricerca sul controllo della flora infestante. *Informatore Agrario* **55** (42): 123-127.

- BÀRBERI P, PAOLINI R (1998) Ipotesi di controllo integrato delle infestanti secondo il regolamento UE 2078/92 in ordinamenti colturali proponibili nell'Alto Lazio. *Informatore Agrario* **54** (48): 69-74.
- BÀRBERI P, PAOLINI R (2000) Speciale: Flora di sostituzione nei cereali autunno-vernini. Influenza dei fattori eco-fisiologici ed agronomici. *Informatore Fitopatologico* **50** (7/8): 17-27.
- BARONE L (1992) La solarizzazione in ambiente protetto ed in pieno campo: andamenti termici nel suolo. *Informatore Agrario* **48** (13): 101-103.
- BLACKSHAW RE (1993) Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) density and row spacing effects on competition with green foxtail (*Setaria viridis*). *Weed Science* **41**: 403-408.
- BOYDSTON RA (1985) Effect of tillage and herbicides on weed control and yield of asparagus (*Asparagus officinalis*) in the pacific Northwest. *Weed Technology* **9**: 768-772.
- CAMPIGLIA E (1999) Colture di copertura utilizzate in agroecosistemi mediterranei. Nota 1: modificazioni dell'ambiente colturale. *Rivista di Agronomia* **33**: 90-103.
- CALAMAI P, MARTINI A (1994) Tecnica del pirodiserbo per il controllo delle infestanti in coltura di cipolla e peperone. *Informatore Agrario* **50** (17): 87-92.
- CANTELE A, ZANIN G, ZUIN MC (1986) Semplificazione delle lavorazioni e flora reale e potenziale. *Rivista di Agronomia* **20**: 288-300.
- CAPORALI F, CAMPIGLIA E, PAOLINI R, MANCINELLI R (1998) The effect of crop species, nitrogen fertilization and weeds on cereal/pea intercropping. *Italian Journal of Agronomy* **2**: 1-9.
- CAPORALI F, PAOLINI R, CAMPIGLIA E (1987) La consociazione fra piante erbacee. Nota I. Basi biologiche e vantaggi produttivi. *Rivista di Agronomia* **21**: 3-17.
- CHADOEUF-HANNEL R (1985) La dormance chez les semences de mauvaises herbes. *Agronomie* **5**: 761-772.
- CHANCELLOR RJ (1984) The role of dormancy in weed control. *La Recherche Agronomique en Suisse* **23** (1/2): 69-75.
- CHRISTENSEN S (1994) Crop: weed competition and herbicide performance in cereal species and varieties. *Weed Research* **34**: 29-36.
- COVARELLI G (1989) Possibilità e limiti del controllo agronomico delle erbe infestanti. In *Atti del Convegno SILM su "Il diserbo delle colture agrarie: attualità e prospettive"*, Torino, 85-118.
- DELLACECCA V, TRENTINI L, DADOMO M, DAL RE L (1993) Mezzi tecnici ed agronomici per la riduzione dell'impatto ambientale: possibili interventi nelle colture ortive di pien'aria. *Informatore Agrario* **49** (6): 70-74.
- DONALD CM, HAMBLIN J (1976) The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. *Advances in Agronomy* **28**: 361-405.

- EXLEY DM, SNAYDON RW (1992) Effects of nitrogen fertilizer and emergence date on shoot and root competition between wheat and blackgrass. *Weed Research* **32**: 175-182.
- FERRERO A, VIDOTTO F (1998) Mezzi alternativi al diserbo chimico nelle colture orticole. In *Atti 11° Convegno biennale SIRFI su "Il controllo della flora infestante nelle colture orticole"*, Bari, novembre 1998: 63-110.
- HANSSON D (1999) Hot water for weed control on urban hard surface areas and railroad embankments. In *Proceedings 11th EWRS Symposium*, Basel, June-July 1999: 102.
- JØRNSGÅRD B, RASMUSSEN K, HILL J, CHRISTIANSEN JL (1996) Influence of nitrogen on competition between cereals and their natural weed populations. *Weed Research* **36**: 461-470.
- INNOCENTI G, MONTANARI M, NASTRI A, MARENGHI A, TODERI G (2000) Effetti di avvicendamento colturale e di tecnica di lavorazione del terreno ottenuti in ambiente pedecollinare con sistemi colturali semplificati. Nota IV. Interazioni con *Fusarium* spp., *Bipolaris sorokiniana* e *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* su frumento, triticale, orzo e avena. *Rivista di Agronomia* **34**: 276-285.
- IQBAL J, WRIGHT D (1997) Effects of nitrogen supply on competition between wheat and three annual weed species. *Weed Research* **37**: 391-400.
- LAMPKIN N (1992) Weed management. In: *Organic farming* (ed. Lampkin N), pp. 161-213. Farming Press Books, Wharfedal Road, Ipswich, UK.
- LAWSON HM, TOPHAM PB (1985) Competition between annual weeds and vining peas grown at a range of population densities: effects on the weeds. *Weed Research* **25**: 221-229.
- LEMERLE D, VERBEEK B, COOMBES NE (1996a) Interaction between wheat (*Triticum aestivum*) and diclofop to reduce the cost of annual ryegrass (*Lolium rigidum*) control. *Weed Science* **44**: 634-639.
- LEMERLE D, VERBEEK B, COUSENS RD, COOMBES NE (1996b) The potential for selecting wheat varieties strongly competitive against weeds. *Weed Research* **36**: 505-513.
- LOTZ LAP, GROEMEWELD RMW, DE GROOT NAMA (1991) Potential for reducing herbicide inputs in sugar beet by selecting early closing cultivars. In *Proceedings Brighton Crop Protection Conference - Weeds*: 1241-1248.
- MARTIN MPLD, FIELD RJ (1988) Influence of time of emergence of wild oat on competition with wheat. *Weed Research* **28**: 111-116.
- MONTEGUT J (1983) La levée au champ des mauvaises herbes. In *Compte-rendu 12^{ème} Conférence Columa, tome IV*: 121-139.
- PAOLINI R (1996) Agronomic choices as a way to lower weed competitive ability. Perspectives for integrated weed control. In *Proceedings X^{ème} Colloque International sur la Biologie des Mauvaises Herbes*, ANPP, INRA, EWRS, Dijon, France, settembre 1996: 99-105.

- PAOLINI R (2000) Il controllo integrato delle infestanti richiede nuove idee e maggior concretezza. *Informatore Agrario*, in corso di stampa.
- PAOLINI R, BÀRBERI P, PETRETTI R (2000) The interaction between time of nitrogen fertilisation and erbicide rate in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) weed control. *Weed Research*, sottoposto.
- PAOLINI R, CAPORALI F, CAMPIGLIA E (1993) Yield response, complementarity and competitive ability of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) and pea (*Pisum sativum* L.) in mixture. *Agricoltura Mediterranea* **123**: 114-121.
- PAOLINI R, DEL PUGLIA S, PRINCIPI M, BARCELLONA O, RICCARDI E (1998) Competition between safflower and weeds as influenced by crop genotype and sowing time. *Weed Research* **38**: 247-255.
- PAOLINI R, PRINCIPI M, DEL PUGLIA S, ROCCHI C (1998) The effect of harvest time and mechanical weed control on the yield of Jerusalem artichoke. *Italian Journal of Agronomy* **2**: 91-99.
- PAOLINI R, PRINCIPI M, FROUD-WILLIAMS RJ, DEL PUGLIA S, BIANCARDI E (1999) Competition between sugarbeet and *Sinapis arvensis* and *Chenopodium album*, as affected by timing of nitrogen fertilization. *Weed Research* **39**: 425-440.
- PAOLINI R, SACCARDO F (2000) Competitive ability against weeds in chick-pea (*Cicer arietinum* L.). *Weed Research*, sottoposto.
- PERUZZI A, BÀRBERI P, GINANNI R, NASORRI V, RAFFAELLI M, SILVESTRI N (1998) Controllo meccanico delle infestanti del frumento con erpice strigliatore su terreno lavorato e sodo. *Informatore Agrario* **54** (42): 83-89.
- PETERS NCB, WILSON BJ (1983) Some studies on the competition between *Avena fatua* L. and spring barley. II. Variation of *A. fatua* emergence and development and its influence on crop yield. *Weed Research* **23**: 305-311.
- RAPPARINI G, CAMPAGNA G, TALLEVI G (1998) Aggiornamenti sul diserbo chimico della patata. *Informatore Agrario* **54** (6): 71-82.
- RAPPARINI G (1999) Il diserbo del girasole. *Informatore Agrario* **55** (10, suppl.): 27-32.
- RASMUSSEN J (1991) A model for prediction of yield response in weed harrowing. *Weed Research* **31**: 401-408.
- RASMUSSEN J (1993) The influence of harrowing used for post-emergence weed control on the interference between crop and weeds. In *Proceedings 8th EWRS Symposium on "Quantitative approaches in weed and herbicide research and their practical application"*, Braunschweig, 209-218.
- RASMUSSEN J (1996) Mechanical weed management. In *Proceedings of 2nd International Weed Control Congress*, Copenhagen, 943-948.

- RASMUSSEN K, RASMUSSEN JE, PETERSEN J (1996) Effects of fertilizer placement on weed harrowed spring barley. *Acta Agriculturae* **46**: 192-196.
- SATORRE EH, SNAYDON RW (1992) Root and shoot competition between spring cereals and *Avena fatua* L. *Weed Research* **32**: 45-55.
- SATTIN M, CAMPAGNA C, MARCHI A (2000) Speciale: Flora di sostituzione nei cereali autunno-vernini. Fenomeni di resistenza agli erbicidi in Italia. *Informatore Fitopatologico* **50** (7/8): 33-34.
- SAUERBORN J, LINKE KH, SAXENA MC, KOCH W (1989) Solarization: a physical control method for weeds and parasitic plants (*Orobanche* spp.) in Mediterranean agriculture. *Weed Research* **29**: 391-397.
- SHENNAN C (1992) Cover crops, nitrogen cycling and soil properties in semi-irrigated vegetable production systems. *HortScience* **27**: 749-754.
- SILVESTRI N, BÀRBERI P, BONARI E (1995) L'evoluzione della flora infestante in differenti sistemi colturali. Nota I. Effetti sulla densità delle malerbe. *Rivista di Agronomia* **29**: 515-522.
- TEMPERINI O, BÀRBERI P, PAOLINI R, CAMPIGLIA E, MARUCCI A, SACCARDO F (1998) Solarizzazione del terreno in serra-tunnel: effetto sulle infestanti in coltivazione sequenziale di lattuga, ravanella, rucola e pomodoro. In *Atti 11° Convegno biennale SIRFI su "Il controllo della flora infestante nelle colture orticole"*, Bari, novembre 1998: 213-228.
- TODERI G, STEFANELLI G, MARENGHI A, TRIBERTI L (2000) Effetti di avvicendamento colturale e di tecnica di lavorazione del terreno ottenuti in ambiente pedecollinare con sistemi colturali semplificati. Nota I. Risultati produttivi ottenuti con specie autunno-primaverili. *Rivista di Agronomia* **34**: 251-260.
- TRIBERTI A, STEFANELLI G, MARENGHI A, TODERI G (2000) Effetti di avvicendamento colturale e di tecnica di lavorazione del terreno ottenuti in ambiente pedecollinare con sistemi colturali semplificati. Nota III. Influenza sul pH e sul contenuto in sostanza organica, N, P₂O₅ del terreno. *Rivista di Agronomia* **34**: 269-275.
- VESTER J, RASMUSSEN J (1989) Test of the row brush hoe in horticultural crops. In: *Importance and perspectives on herbicide-resistant weeds. Proceedings of a meeting of the EC Experts Group*, Tollose, Denmark, November 1988 (eds. Cavalloro R, Noye G), pp. 123-133. Office for Official Publications of the European Community, Luxembourg.
- WICKS GA, RAMSEL RE, NORDQUIST PT, SCHMIDT JW, CHALLAIAH RN (1986) Impact of wheat cultivars on establishment and suppression of summer annual weeds. *Agronomy Journal* **78**: 59-62.
- WILLIAMS ED (1977) Growth of seedlings of *Agropyron repens* L. Beauv. and *Agrostis*

gigantea Roth. in wheat and barley: effect of time of emergence, nitrogen supply and cereal seed rate. *Weed Research* **17**: 69-76.

ZERBINATI F (1998) In calo il mercato delle macchine e delle attrezzature per l'agricoltura. *Informatore Agrario* **54** (42): 55-60.

ZILIOUO U, ZANIN G, BASSO F, CARONE F, DE GIORGIO D, MAZZONCINI M, MOMTEMURRO P, POSTIGLIONE L, STEFANELLI G, TODERI G (1992) Influenza delle lavorazioni del terreno sulla vegetazione infestante: presentazione del problema ed analisi di prove collegiali italiane. *Rivista di Agronomia* **26**: 241-252.

L'evoluzione del diserbo: il ruolo dei mezzi di distribuzione

P. BALSARI e M. TAMAGNONE
DEIAFA Meccanica - Università di Torino

Riassunto

Dalla funzionalità e dal livello tecnologico proprie del mezzo di distribuzione dipendono le maggiori possibilità di ridurre i dosaggi, aumentare la produttività del lavoro, e limitare gli effetti negativi sull'ambiente generati dall'operazione di diserbo. Questi ultimi non si limitano alla sola fase di distribuzione vera e propria, ma contemplano anche le operazioni di preparazione della miscela e quelle relative allo smaltimento di tutti i prodotti residui (contenitori di fitofarmaci, miscela residua nel serbatoio, acque impiegate per il lavaggio interno ed esterno dell'irroratrice e dei suoi componenti). Nella relazione si riporta una descrizione delle soluzioni tecniche e costruttive più innovative per la distribuzione dei prodotti erbicidi cercando di evidenziare per ciascuna di esse gli specifici risvolti di carattere ambientale, produttivo e di sicurezza per l'operatore.

Parole chiave: evoluzione diserbo, mezzi di distribuzione, erbicidi.

Summary

The evolution of weed control: the role of sprayers

The correct use and calibration of sprayers for weed control are important not only to improve the quality of the work, but also to reduce environmental pollution. The latter is due to both an incorrect field application and a not properly complete management of herbicides (product cans, residuals in the sprayers, rinsing water used to clean external and internal surface of the sprayer). The paper reported a list of the most recent technical solution for optimizing the quality of herbicides distribution and for reducing their environmental impact.

Key words: weed control evolution, sprayers, herbicides.

Premessa

Le tecniche di diserbo chimico devono oggi essere sempre più accompagnate da valutazioni di carattere ambientale ed economico. In questi ultimi anni è, infatti, notevolmente incrementata sia l'incidenza del costo del diserbo chimico sui costi di produzione sia la sensibilità dell'opinione

pubblica verso le problematiche di carattere ambientale. Il mezzo di distribuzione ha svolto e svolge in misura sempre maggiore un ruolo di primaria importanza su questi due aspetti in quanto è spesso proprio dalla sua funzionalità e dal suo livello tecnologico che dipendono le maggiori possibilità, da un lato di ridurre i dosaggi ed aumentare le produttività del lavoro e, quindi, contenere il costo dell'operazione di diserbo, dall'altro di limitare gli effetti negativi sull'ambiente generati da questa pratica agronomica.

Diverse risultano oggi le soluzioni tecniche e costruttive disponibili in grado di ottimizzare la distribuzione dei diserbanti in termini sia economici che di salvaguardia dell'ambiente e sicurezza dell'operatore, soluzioni che, tuttavia, per poter raggiungere tali obiettivi devono necessariamente essere accompagnate da una corretta formazione e informazione dell'utente di tali attrezzature oltre che dalle certificazione e verifica della funzionalità di queste ultime nel tempo.

In particolare, va ricordato che l'operazione di diserbo ha dei risvolti di carattere ambientale che non si limitano alla sola fase di distribuzione vera e propria, ma contemplano anche le operazioni di preparazione della miscela e quelle relative allo smaltimento di tutti i prodotti residui (contenitori di fitofarmaci, miscela residua nel serbatoio, acque impiegate per il lavaggio interno ed esterno dell'irroratrice e dei suoi componenti) e che l'impatto di questi sull'ambiente può essere considerevolmente contenuto impiegando opportune attrezzature.

Di seguito si riporta una descrizione delle soluzioni tecniche e costruttive più innovative per la distribuzione dei prodotti erbicidi cercando di evidenziare per ciascuna di esse gli specifici risvolti di carattere ambientale, produttivo e di sicurezza per l'operatore.

1 Soluzioni in grado di migliorare l'efficacia del trattamento e di ridurre la dose distribuita

L'efficacia del trattamento erbicida risulta strettamente legata alle modalità con le quali esso viene distribuito. In particolare mentre nei trattamenti erbicidi di pre-emergenza è sufficiente raggiungere una buona uniformità di distribuzione sia in senso trasversale che longitudinale rispetto all'avanzamento dell'irroratrice, nei trattamenti di post-emergenza è necessario garantire la penetrazione del prodotto all'interno della vegetazione ed il raggiungimento del desiderato numero di gocce sulla superficie dell'infestante. In sintesi, in quest'ultimo caso, una volta individuate le modalità operative (tipo di ugello, pressione di esercizio, ecc.) in grado di fornire tali risultati bisogna far sì che esse non varino nel corso del trattamento. Nei diserbi di pre-emergenza è, pertanto, opportuno porre maggiore attenzione alla stabilità della barra e ai sistemi di regolazione della dose cercando di evitare indesiderati sovradosaggi o sottodosaggi, in quelli di post-emergenza alle soluzioni tecniche in grado di garantire una buona penetrazione del prodotto.

Per quanto riguarda, invece, le possibilità di ridurre la dose di fitofarmaco impiegata esse sono

riconducibili ad un diserbo non più di pieno campo ma localizzato e, come di seguito descritto, principalmente all'uso dell'elettronica, anche se non vanno dimenticate le soluzioni, limitate alle sole colture sarchiate, che prevedono il diserbo localizzato sia di pre che di post-emergenza.

1.1 Stabilità della barra

Importanti novità sono state recentemente introdotte sul mercato per quanto riguarda i meccanismi di stabilizzazione delle barre irroratrici, necessari per garantire una buona uniformità di distribuzione della miscela fitoiatrice in tutte le condizioni operative. Le oscillazioni verticali, amplificate alle estremità della struttura della barra, possono, infatti, portare a sovradosaggi e sottodosaggi localizzati o, al limite, all'urto degli ugelli terminali con il terreno. I tradizionali sistemi di supporto della barra (pendolo, trapezio deformabile) finalizzati a contenere i movimenti laterali della stessa, sono stati attualmente in gran parte abbinati a sistemi pneumatici o idraulici di ammortizzamento della barra o dell'intera macchina (per irroratrici trainate o semoventi). Ciò consente di ridurre l'entità dei movimenti verticali dovuti principalmente ai sobbalzi provocati dalle asperità del terreno e da elevate velocità di avanzamento e, quindi, di garantire una migliore uniformità di distribuzione trasversale all'avanzamento dell'irroratrice in qualsiasi condizione operativa. Oltre ai sistemi passivi di controllo della stabilità della barra citati, sono stati messi a punto dei sistemi attivi di controllo dell'altezza di lavoro e dell'orizzontalità della barra. Questi ultimi sono costituiti da una serie di sensori di distanza posti lungo la barra, i quali consentono al sistema elettronico di agire sui dispositivi di comando dell'assetto della barra per mantenere le condizioni operative ottimali (Fig. 1).



Figura 1. Schema di funzionamento del sistema di controllo automatico dell'altezza della barra

1.2 Controllo della dose

Il sistema di distribuzione proporzionale alla velocità di avanzamento (DPA) permette al cantiere di autoregolarsi durante il lavoro rispettando i parametri impostati. Le prime applicazioni di questo principio furono di tipo meccanico e si basavano su pompe a portata variabile o su sistemi idromeccanici, o ancora su valvole regolatrici centrifughe, tutti sistemi complessi, costosi e, tutto

sommato, poco affidabili, perché non basati sul rilievo diretto della portata erogata. I sistemi attuali elettronici (DPAE) si basano, invece, su un'azione diretta sulla valvola volumetrica principale, derivata dai dati acquisiti dai sensori e dai calcoli effettuati dal processore (Balsari e Airoldi, 1993). Una volta inserite le costanti (larghezza di lavoro e volume da applicare) la macchina si autoregola per mantenere costante la distribuzione. La regolazione scelta si mantiene anche cambiando ugelli e, se il sensore di velocità è del tipo ad effetto Doppler, anche in caso di slittamento del trattore.

Diverse possono essere le versioni rispetto allo schema di base e gli accessori che si possono aggiungere. Tra questi possiamo ricordare:

- pulsanti di pre-programmazione che evitano di reimpostare il settaggio ogni volta che si cambia tipo trattamento o volume distribuito o tipo di ugello;
- spie di funzionamento dei sensori che avvisano se questi sono efficienti e quindi se i dati che trasmettono e su cui si basa tutto il sistema, sono attendibili;
- controllo parallelo della distribuzione attraverso sensori di portata e di pressione. Normalmente, come si è detto, la tendenza è quella di fare riferimento alla portata, perché evita di intervenire manualmente in caso di sostituzione degli ugelli e corregge automaticamente l'effetto dell'usura dei fori;
- programmazione facilitata con codici-colore riferiti agli ugelli. Una volta stabiliti i parametri di base il sistema consiglia il tipo di ugello più adatto.

Infine, vanno ricordati i sistemi di regolazione a concentrazione proporzionale all'avanzamento dell'irroratrice (CPA) nei quali sono previsti 2 circuiti idraulici separati: uno per il dosaggio e la distribuzione del formulato commerciale, l'altro per l'acqua necessaria per il suo trasporto lungo la barra e la successiva polverizzazione in piccole gocce (Fig. 2). Tale sistema, per altro non ancora completamente uscito dalla fase sperimentale, presenta una serie di vantaggi quali la possibilità di variare durante il trattamento il dosaggio e il tipo di formulato commerciale distribuito, una maggior sicurezza dell'operatore nonché la mancanza di miscela residua al termine della distribuzione con l'eliminazione, quindi, delle problematiche di carattere ambientale legate al suo smaltimento.

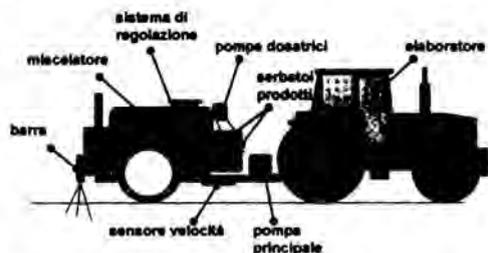


Figura 2. Componenti del sistema di distribuzione con concentrazione proporzionale all'avanzamento

1.3 Diserbo localizzato

È una soluzione nota da tempo, ma recentemente è stata riproposta con tecniche innovative. Risulta adatta, come già accennato, solo per le colture sarchiate e prevede la distribuzione del prodotto erbicida sia lungo la fila all'atto della semina sia, sempre sulla fila, in post-emergenza in concomitanza con le operazioni di sarchiatura. Diverse prove condotte negli ultimi anni su mais, bietola e soia (Balsari *et al.*, 1989 - 1993) hanno evidenziato la validità di tale tecnica di controllo delle infestanti che consente una riduzione della dose distribuita, rispetto al diserbo a pieno campo, compresa fra il 50 e il 70 %, accompagnata da una maggiore efficacia del trattamento, soprattutto di pre-emergenza, grazie alla possibilità di distribuire il prodotto su un terreno ancora umido, in quanto smosso dagli organi assolcatori della seminatrice.

1.4 Diserbo a tratti

Il controllo delle infestanti con una distribuzione del prodotto erbicida a tratti prevede il riconoscimento più o meno automatizzato delle infestanti e la distribuzione dell'erbicida solo dove esse sono presenti e con dosi e principi attivi strettamente legati all'intensità e al tipo di infestazione. In particolare la determinazione delle infestanti può avvenire simultaneamente al trattamento (*real time system*) o precedentemente a questo e in maniera georeferenziata (*mapping system*).

Nel primo caso il riconoscimento della presenza o meno dell'infestante e della sua tipologia avviene per mezzo di sensori ottici. Tali sensori vengono disposti sulla barra irroratrice anteriormente agli ugelli (0,5 m) in modo da poter riconoscere l'infestante e di trasmettere in tempo utile i dati alla centralina elettronica. Questa agisce su un'elettrovalvola posizionata prima dell'ugello che ha la funzione di regolare il flusso di erbicida in uscita dall'ugello stesso. In pratica il rilievo dell'infestante e la distribuzione del prodotto chimico avvengono durante il medesimo passaggio (Fig. 3).

Una serie di prove effettuate con tale attrezzatura (Felton, 1995) hanno evidenziato come il suo impiego consenta una riduzione della dose distribuita compresa fra il 5 e il 92 %, ma anche l'esistenza di una serie di problemi operativi quali la difficoltà di riconoscere le infestanti molto piccole, la limitata funzionalità del sistema in presenza di una ridotta luminosità e la necessità di disporre di una barra estremamente stabile (larghezza di lavoro e velocità di avanzamento ridotte).



Figura 3. Schema della disposizione dei componenti nel diserbo a tratti con riconoscimento diretto delle infestanti

Il rilievo georeferenziato delle infestanti seguito dalla realizzazione di una mappa per il diserbo differenziato (mapping system) e la successiva distribuzione dell'erbicida mediante un'apposita attrezzatura per l'erogazione a tratti risulta attualmente la soluzione più diffusa (Fig. 4). Secondo Miller (Miller *et al.*, 1995) le soluzioni più precise e affidabili per determinare la presenza delle infestanti all'interno dell'appezzamento da trattare sono quelle che prevedono la loro mappatura durante lo sviluppo della coltura o all'atto della raccolta della coltura precedente.

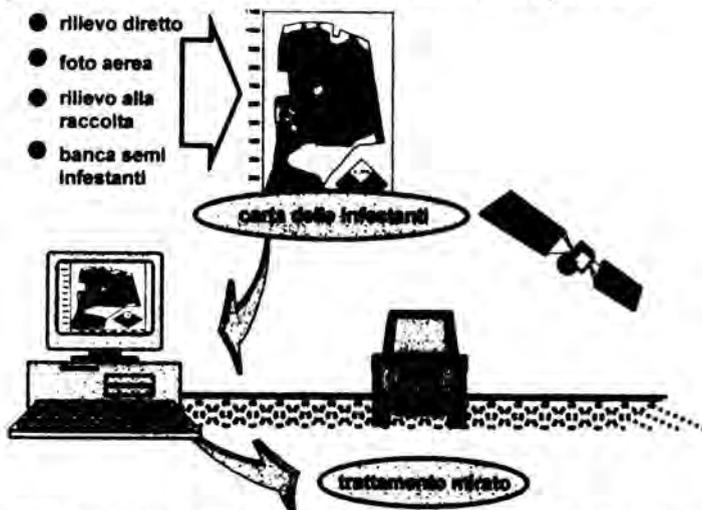


Figura 4. Trattamento differenziato basato sulla mappatura delle infestanti

Una volta realizzata la mappa georeferenziata delle infestanti o dei semi delle stesse, risulta necessario disporre di una apposita attrezzatura per la distribuzione a tratti dell'erbicida. Quest'ultima risulta schematicamente costituita da un GPS in grado di definire la localizzazione

dell'irroratrice, un software per confrontare la posizione della macchina con quella delle infestanti precedentemente determinate e un sistema di controllo della distribuzione.

Uno sviluppo del diserbo differenziato è stato recentemente messo a punto dalla Sezione di Meccanica del DEIAFA dell'Università di Torino, in collaborazione con le ditte 3B6 Srl e Unigreen Spa e consente la distribuzione differenziata in capezzagna. Grazie un dispositivo GPS submetrico montato sul trattore, la macchina irroratrice è in grado di individuare la linea che delimita la capezzagna e, attraverso uno specifico software, azionare singolarmente le elettrovalvole che controllano l'alimentazione delle singole sezioni di barra ottimizzando la distribuzione in prossimità dei margini del campo. In tale modo si evita la creazione di indesiderate sovrapposizioni e di aree non trattate (Fig. 5). Le prime, nel caso di appezzamenti di ridotte dimensioni (0,5 ha) e di impiego di operatrici con elevata larghezza di lavoro, possono comportare sprechi di prodotto pari anche al 10 % della quantità complessivamente distribuita e possono anche, in alcuni casi, tradursi in danni da fitotossicità verso la coltura trattata.

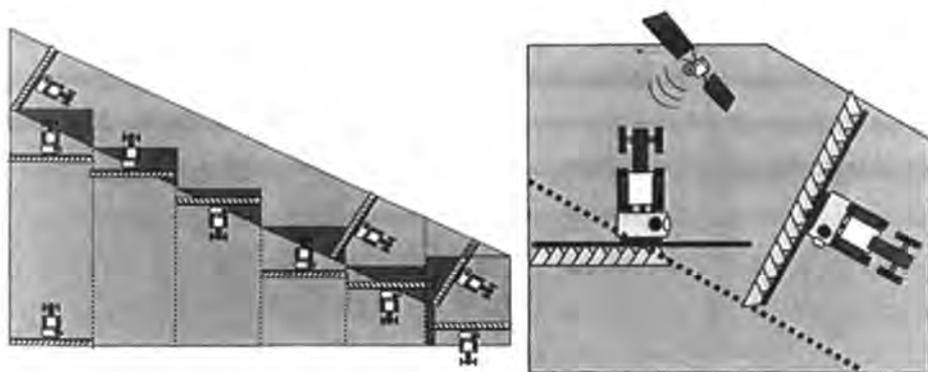


Figura 5. Distribuzione in prossimità di una capezzagna: a sinistra distribuzione tradizionale (le aree scure indicano un'applicazione di prodotto doppia rispetto a quella desiderata) - a destra esempio di distribuzione con controllo elettronico mediante GPS.

2 Soluzioni in grado di contenere gli effetti negativi sull'ambiente

2.1 Soluzioni per il contenimento della deriva

Al fine di ridurre quanto più possibile l'entità delle perdite per deriva - che nel caso delle colture erbacee possono ammontare anche al 6 % del volume distribuito - e di minimizzare i conseguenti rischi di inquinamento ambientale oltre che i danni alle colture limitrofe, in questi ultimi anni sono state sviluppate diverse soluzioni tecniche. Alcune hanno trovato riscontro immediato presso i costruttori di macchine irroratrici e sono state proposte sul mercato, altre, invece, sono rimaste ad uno stadio sperimentale.

Relativamente alle barre, sono sostanzialmente tre le soluzioni tecniche sviluppate: distribuzione aeroassistita, ugelli antideriva e sistemi per la schermatura dei getti prodotti dagli ugelli.

Distribuzione aeroassistita

Si tratta di un dispositivo che per il suo funzionamento necessita di un ventilatore, che generalmente è di tipo assiale ed azionato da un motore idraulico. Il flusso d'aria generato dal ventilatore viene convogliato all'interno di un tubo flessibile, posizionato lungo il telaio della barra, che presenta un'apertura, ovvero una fessura lungo tutta la sua lunghezza, in prossimità degli ugelli (Fig. 6). Il flusso d'aria proveniente dal ventilatore attraversa tale fessura e si dirige verso il suolo: generalmente la corrente d'aria è orientata ortogonalmente al terreno, tuttavia vi sono alcuni modelli di irroratrici provviste di questo dispositivo che, grazie alla possibilità di variare l'inclinazione delle pareti della fessura da cui fuoriesce l'aria, sono in grado di produrre un flusso caratterizzato da differenti inclinazioni rispetto al piano del terreno. Ciò consente di opporsi in maniera più efficace all'azione di disturbo del vento e di migliorare la penetrazione nella vegetazione.

Due sono, infatti, le funzioni che svolge la massa d'aria generata dal ventilatore: favorire l'apertura della vegetazione, quando essa è presente, e, quindi, aumentare la capacità di penetrazione della miscela fitoiatrice verso gli strati fogliari più interni; proteggere le gocce dall'azione del vento atmosferico e dalla corrente d'aria generata dal movimento della macchina stessa, riducendo in tal modo l'entità della nuvola di gocce soggette alla deriva.



Figura 6. Schema di funzionamento di una barra aeroassistita

Ugelli antideriva

E' la soluzione tecnica più versatile, poiché si può adottare anche su macchine irroratrici già in uso presso le aziende e richiede modesti investimenti (300.000 ÷ 500.000 lire). Il contenimento della deriva è ottenuto attraverso la formazione di gocce poco soggette all'azione del vento.

Due sono le tipologie di ugelli antideriva a fessura oggi disponibili sul mercato e applicabili sulle barre irroratrici (Fig. 7): la prima è caratterizzata da una pre-camera (o pre-orifizio) situata all'interno del corpo dell'ugello che permette di ridurre la pressione in prossimità della punta di spruzzo, favorendo, di conseguenza, la formazione di gocce di maggiori dimensioni. La riduzione di pressione è garantita dalle dimensioni ridotte del foro di entrata nella pre-camera rispetto a quelle dell'orifizio da cui fuoriesce il liquido. Nella seconda tipologia di ugello antideriva è, invece, presente un foro, sul lato del corpo dell'ugello, da cui l'aria, per effetto Venturi, viene aspirata ed iniettata nel liquido prossimo ad attraversare l'orifizio, permettendo la formazione di gocce che inglobano bolle d'aria. La realizzazione di tale soluzione costruttiva si è tradotta in un notevole allungamento (+ 300%) del corpo dell'ugello.

Da un punto di vista applicativo gli ugelli antideriva consentono di effettuare la distribuzione del prodotto fitoiatrico adottando gli stessi parametri operativi impiegati con gli ugelli tradizionali, ma con un ridotto rischio di contaminazione ambientale legato alla deriva. I risultati ottenuti in diverse prove sperimentali (Ganzelmeier e Rautmann, 2000) hanno, infatti, evidenziato che l'entità della deriva si riduce (fino al 90%) utilizzando gli ugelli antideriva ad iniezione d'aria.

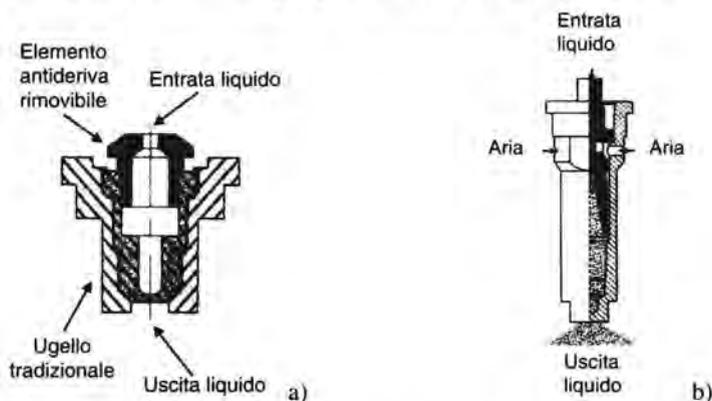


Figura 7. Schema di ugelli antideriva: a) con pre orifizio - b) a induzione d'aria

Sistemi di schermatura dei getti

Si tratta di strutture protettive montate in prossimità degli ugelli in grado di preservare il getto dall'influenza delle correnti d'aria, in particolare da quelle generate dall'avanzamento della macchina irroratrice. E' una soluzione costruttiva che comporta delle difficoltà operative durante l'apertura e la chiusura della barra a causa dell'ingombro delle strutture di protezione e per tale motivo è stata fino ad oggi sviluppata solo a livello di prototipo. Il discreto contenimento della deriva (30-40 % in meno rispetto alle soluzioni tradizionali), che tale applicazione è in grado di

consentire, è raggiungibile solo in corrispondenza di velocità di avanzamento relativamente elevate (oltre i 10 km h⁻¹) e non sempre praticabili in campo.

2.2 Soluzioni per la sanitizzazione dei contenitori vuoti dei fitofarmaci

Una recente indagine svolta dalla sezione di Meccanica del DEIAFA (Balsari e Airoidi, 1998) ha evidenziato che gli agricoltori, nella maggior parte dei casi, smaltiscono i contenitori dei fitofarmaci in maniera non appropriata (combustione, interrimento, ecc.). Tale scelta, oltre a poter causare un danno ambientale, va contro le attuali disposizioni di legge (D.L. 22/97), che classificano questi imballaggi nella categoria dei pericolosi e che conseguentemente prevedono il loro invio a centri specializzati di bonifica.

Oggi sono disponibili specifiche attrezzature, da installare in prossimità dell'apertura di riempimento del serbatoio principale, o del serbatoio ausiliario di pre-miscelazione che consentono di lavare i contenitori vuoti e di ridurre il quantitativo di prodotto chimico in essi residuo a concentrazioni tali da farli rientrare nella categoria dei rifiuti speciali non nocivi assimilabili ai rifiuti solidi urbani e, in quanto tali, di inviarli al servizio pubblico di raccolta. Queste attrezzature, che permettono di lavare anche i sacchetti in alluminio o plastica, dovrebbero garantire, al fine di ottenere il raggiungimento della concentrazione di prodotto residua desiderata, un'irrorazione di acqua all'interno del contenitore vuoto per almeno 30 s con una portata dell'ordine dei 25 l min⁻¹ alla pressione di 3 bar.

2.3 Soluzioni per lo smaltimento delle acque di lavaggio

Si tratta di soluzioni costruttive in grado di smaltire nella maniera più appropriata il prodotto residuo sul fondo del serbatoio principale, nelle tubazioni e sulle pareti interne ed esterne della macchina irroratrice. La quantità di residuo è di difficile determinazione e risulta variabile in funzione della tipologia di macchina e del sistema di lavaggio adottato ma può essere causa di considerevoli forme di inquinamento. Questi residui, che possono presentare anche concentrazioni di prodotto fitoiatrico piuttosto elevate, vengono, infatti, generalmente smaltite in maniera puntuale presso il centro aziendale.

Per far fronte a tali inconvenienti di carattere ambientale è in corso di emanazione una norma europea (EN 12761) che prevede che tutte le irroratrici di nuova produzione siano dotate di un serbatoio lavaimpianto contenente acqua pulita. La funzione di quest'ultimo è quella di consentire di lavare direttamente in campo il circuito idraulico dell'irroratrice alla fine del trattamento. In termini operativi si tratta di ripassare, alla fine del trattamento, su quella superficie dell'appezzamento dove si è iniziata la distribuzione e dove, generalmente, non è possibile (a causa della presenza di residui di acqua di lavaggio nelle tubazioni della macchina) distribuire la concentrazione desiderata di

fitofarmaco. In sintesi, alla fine del trattamento l'operatore devia l'aspirazione della pompa dal serbatoio principale (che contiene la miscela con il fitofarmaco) a quello ausiliario lavaimpianto (che contiene acqua pulita) smaltendo così la miscela residua nelle tubazioni direttamente in campo.

Recentemente è stato introdotto su alcune irroratrici un dispositivo per il lavaggio della superficie esterna del serbatoio (spazzola idraulica o idropulitrice alimentate con l'acqua del serbatoio lavaimpianto). Tale soluzione consente, al termine del trattamento, la rimozione dei residui di principio attivo dalla macchina (questi ultimi possono rappresentare fino al 3% della quantità distribuita), scongiurando pericoli di contaminazione accidentale dell'uomo e dell'ambiente ed evitando fenomeni di interferenza tra fitofarmaci di diversa natura.

3 Soluzioni per migliorare la sicurezza dell'operatore

Diverse sono le soluzioni costruttive appositamente sviluppate per migliorare la sicurezza dell'operatore che opera con le barre irroratrici. In particolare vanno ricordati i serbatoi per la premiscelazione dei prodotti chimici e il comando a distanza delle funzioni della macchina irroratrice.

3.1 Serbatoi di premiscelazione

Grazie a questo dispositivo è possibile dosare in maniera accurata il formulato commerciale e introdurlo gradualmente nel serbatoio riducendo il rischio per l'operatore di un contatto accidentale con il prodotto stesso. Si tratta di un serbatoio con capacità di 20-50 l, disposto in prossimità del serbatoio principale in una zona facilmente accessibile dall'operatore. La possibilità di rendere facile, e soprattutto sicuro (evitando indesiderate fuoriuscite di prodotto o contatti dello stesso con l'operatore), l'inserimento del prodotto fitoiatrico nel circuito idraulico della macchina irroratrice e, infatti, una delle prerogative di questo serbatoio ausiliario che è collegato, con una serie di tubazioni e valvole ad azionamento manuale, sia alla mandata della pompa sia al serbatoio principale. Al suo interno, nella parte superiore e in quella inferiore, sono presenti una serie di ugelli che hanno la funzione di agevolare la miscelazione o la stempera del prodotto fitoiatrico inserito nel serbatoio. Tali caratteristiche risultano particolarmente utili nel caso di impiego di formulazioni difficili da miscelare come ad esempio le paste e i sacchetti idrosolubili. Spesso all'interno di questi serbatoi è presente sia una scala graduata, per facilitare il corretto dosaggio del fitofarmaco, sia un dispositivo per il lavaggio del contenitore vuoto. L'operatore dopo aver immesso il prodotto chimico nel serbatoio ausiliario ed azionato la pompa della macchina irroratrice, interviene su una valvola in modo tale da deviare parte della portata della pompa, dal serbatoio principale verso quello di premiscelazione. Dopo qualche decina di secondi, una volta completata la miscelazione o la stempera del prodotto l'operatore interviene su una seconda valvola che, grazie ad un sistema Venturi,

consente di immettere nel circuito idraulico dell'irroratrice il liquido contenuto nel premiscelatore. Tale operazione deve essere svolta almeno una seconda volta per garantire la completa evacuazione del prodotto chimico oltre che il lavaggio del serbatoio ausiliario.

3.2 Comandi a distanza

Sempre con l'obiettivo di migliorare la sicurezza dell'operatore è opportuno che i trattamenti fitoiatrici siano effettuati impiegando trattori muniti di cabina dotata di opportuni sistemi di filtrazione dell'aria in ingresso alla stessa e che durante la distribuzione esse sia completamente chiusa. Lasciando socchiuso il portellone posteriore della cabina del trattore per far passare le tubazioni di comando dell'irroratrice, la quantità di prodotto fitoiatico che arriva in prossimità dell'apparato respiratorio del trattorista è, infatti, notevolmente superiore a quella che arriverebbe se lo stesso operasse su un trattore privo di cabina. Inoltre, la presenza delle tubazioni in pressione in prossimità dell'operatore all'interno della cabina può creare una situazione di grave pericolo qualora si verificassero perdite dai tubi stessi.

Con l'obiettivo di evitare tali inconvenienti sono stati sviluppati diversi tipi di comandi a distanza dell'irroratrice. Tali soluzioni prevedono la motorizzazione di tutti i comandi presenti sulla macchina i quali devono ricevere l'azionamento elettrico da una pulsantiera posta in prossimità del posto di guida. In questo caso è presente un filo elettrico fra trattore e irroratrice il quale deve trovare un alloggiamento in apposite sedi previste per il suo passaggio attraverso le pareti della cabina. Recentemente è stata anche sviluppata una soluzione che elimina ogni tipo di collegamento fisico fra cabina e irroratrice. È un'evoluzione del sistema con comando elettrico nella quale il filo di collegamento è sostituito da un sistema di trasmissione via radio.

4 Conclusioni

In questi ultimi anni si è indubbiamente assistito ad una notevole evoluzione tecnica e costruttiva delle barre irroratrici, accompagnata da un sempre maggiore impiego dell'elettronica che è stata finalizzata a migliorare la qualità del prodotto finale, la sicurezza dell'operatore e la salvaguardia dell'ambiente.

Tuttavia, affinché questi obiettivi possano essere raggiunti nella loro completezza, è necessario intraprendere una serie di azioni parallele di non minore importanza che riguardano tali tecnologie innovative quali: la certificazione delle loro caratteristiche funzionali, la loro divulgazione, una corretta formazione e informazione su come impiegarle, il loro controllo funzionale nel tempo.

Bibliografia

- BALSARI P, AIROLDI G, FERRERO A, MAGGIORE T. (1989) Lotta integrata alle malerbe del mais. *L'Informatore Agrario* **6**,61-73.
- BALSARI P, AIROLDI G. (1993) Macchine per la distribuzione dei fitofarmaci e per il controllo delle malerbe nelle colture erbacee. *Ed. SAVE*, pp. 153.
- BALSARI P, AIROLDI G, FERRERO A. (1993) Evaluation of the mechanical weed control in maize and soybean. *Proc. 8th European Weed Research Society Symposium, Braunschweig 1993: Quantitative approaches in weed and herbicide research and their practical application*, 341-34.
- BALSARI P, AIROLDI G. (1998) A survey to determine the amount of unused product and disposal methods used in pesticide application. *Proceedings of the Symposium "Managing Pesticide Waste and Packaging" The University of Kent, Canterbury, UK*, 195-202.
- FELTON WL. (1995) Commercial progress in spot spraying weeds. *Proceeding Brighton Crop Protection Conference. Weeds - BCPC*, 1087-1096.
- GANZELMEIER H, RAUTMANN D. (2000) Drift, drift reducing sprayers and sprayer testing. In *"Pesticide Application"*. The Association of Applied Biologists aab, 57.
- MILLER PCH, STAFFORD JV, PAICE MER. (1995) The patch spraying of herbicides in arable crop. *Proceeding Brighton Crop Protection Conference. Weeds - BCPC*, 1077-1086.

L'ottimizzazione del diserbo nella barbabietola da zucchero

P. MERIGGI¹ e P. SGATTONI²

¹*Agronomica S.r.l., Ferrara*

²*Caffaro S.p.A. - Centro Esperienze e Ricerche, Galliera (BO)*

Riassunto

Nel lavoro viene esaminata l'evoluzione che hanno avuto i mezzi tecnici per il controllo delle erbe infestanti e le prospettive di controllo per il prossimo futuro. Negli ultimi decenni, grazie alla registrazione di nuovi principi attivi ed al progressivo affinamento dei momenti di intervento, dosi e combinazioni dei principi attivi, il diserbo chimico, in Italia, ha quasi completamente sostituito la scerbatura manuale. Il miglioramento delle tecnologie di applicazione ha portato ad una diminuzione delle dosi di erbicidi per ettaro e quindi ad una riduzione del "rischio ambientale".

Anche le nuove tecnologie formulative hanno contribuito al conseguimento di questo risultato, rendendo disponibili prodotti più efficaci e più compatibili con le esigenze operative e dell'ambiente.

Gli strumenti agronomici di controllo delle erbe infestanti risiedono principalmente in differenti aspetti della gestione agronomica della coltura: l'epicatura prima della semina, la sarchiatura meccanica dell'interfila, una semina molto anticipata in grado di determinare una maggior competizione nei confronti delle malerbe e fattori in grado di promuovere uno sviluppo precoce della coltura (buon vigore del seme, corretta distribuzione dei fertilizzanti alla semina, ecc.).

Tra le prospettive future l'impiego di varietà geneticamente modificate tolleranti agli erbicidi totali non sembra facilmente realizzabile; contemporaneamente anche il numero di principi attivi disponibili sarà in diminuzione. L'effetto combinato di ciò potrebbe incentivare sistemi di controllo integrato delle erbe infestanti in grado di rendere la coltura più competitiva nei confronti delle malerbe.

Parole chiave: ottimizzazione diserbo, barbabietola da zucchero, erbicidi.

Summary

Optimisation of weed control in sugar beet

An outlook is given on the state-of-the-art and on the perspectives of weed control in the sugar beet crop. In the recent decades, chemical weed control has almost completely replaced hand-weeding in Italy, thanks to the registration of new active ingredients and

to the fine-tuning of times, rates and mixtures in field sprayings. They have all resulted in a reduction of the “environmental weight and risk” due to herbicides, through a decrease of the active ingredient rates.

Also formulation technique has contributed to this result, enabling herbicides to perform in a more effective way through more suitable physical forms.

Non-chemical ways of weed control, apart hand weeding, lie in different aspects of crop husbandry: harrowing just prior to drilling, hoeing, very early seeding resulting in anticipated weed shading, other early-growth promoters (good seed vigour, fertiliser placement at drilling).

Amid perspectives, OGM commercial varieties tolerant to herbicides are not seen on the arrival for a series of reasons; at the same time, the number of active ingredients available for the crop is seen on the decrease. Their combined effect is likely to enhance the role of integrated weed control, enabling the crop to compete with weeds rather than destroy them.

Key words: optimisation of weed control, sugar beet, herbicides.

Introduzione

La barbabietola da zucchero ha avuto, negli ultimi decenni, un ruolo di preminenza tra le colture erbacee agroindustriali nel processo di miglioramento ed evoluzione delle tecniche colturali.

Accanto al miglioramento genetico della specie, segnato principalmente dalla sostituzione del seme plurigerme, che necessitava di un diradamento manuale delle piantine, con quello monogerme (prima tecnico e successivamente genetico) avvenuto agli inizi degli anni '60, uno dei fenomeni più significativi è importanti è risultato l'introduzione e l'affinamento della tecnica di controllo chimico delle erbe infestanti.

Il consolidamento di queste due innovazioni ha concorso al raggiungimento di importanti obiettivi tra cui la meccanizzazione integrale della coltura, con progressiva diminuzione del ricorso alla manodopera necessaria per diradamenti e scerbature, ed il conseguimento di sempre più elevate rese in saccarosio. Come evidenziato in fig. 1, l'evoluzione della pratica del diserbo chimico, intesa come almeno un trattamento con erbicidi per unità di superficie, è risultata analoga a quella della tecnica basata sulla semina di precisione. I due andamenti risultano infatti molto simili con un anticipo temporale di circa un quinquennio a favore della diffusione del monogerme.

Con andamento opposto risulta il ricorso alla manodopera: mentre nel primo dopoguerra (quinquennio 1946/50), era di circa 130 ore per ettaro, negli anni '60 e '70 si è progressivamente ridotta fino a conseguire valori, nell'ultimo decennio, prossimi a 3-5 ore per ettaro.

Queste informazioni sono confermate dai dati ricavati da un'indagine condotta nelle aziende agricole del Nord Italia e di parte delle Marche ove attualmente circa il 75% della superficie a bietola non necessita di alcuna manodopera per la scerbatura manuale ed il ricorso sul rimanente 25% è in gran parte realizzato su una base di impiego orario variabile da una a dieci ore per ettaro (Tab. 1).

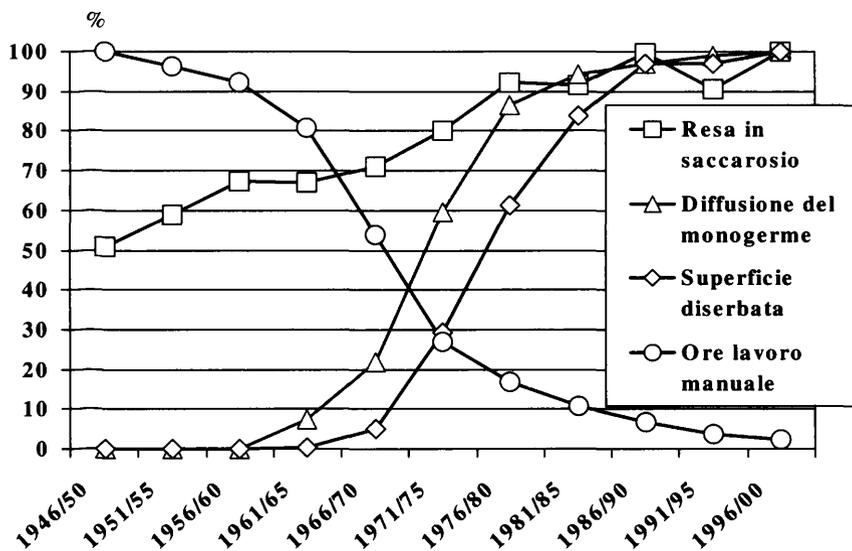


Figura 1. Evoluzione relativa dell'impiego del seme monogerme (genetico e tecnico) e diserbo chimico rispetto a rese colturali e numero di ore di manodopera (diradamento e/o scerbatura) necessarie per la coltivazione della barbabietola da zucchero. Numeri indice: diffusione monogerme, diserbo e resa anno quinquennio 1996/00=100; ore lavoro per ettaro quinquennio 1946/50=100.

Tabella 1. Ripartizione percentuale delle superfici a semina primaverile nel Nord Italia per classi di impiego di ore per ettaro di scerbatura manuale. Indagine Eridania - ISI .

Classi di scerbatura manuale	Biennio					
	1989/90	1991/92	1993/94	1995/96	1997/98	1999/00
Superficie a 0 ore (%)	55,9	57,3	60,8	61,5	66,0	76,5
Superficie da 1 a 10 ore per ettaro (%)	21,4	24,0	22,4	23,0	22,0	17,0
Superficie da 11 a 20 ore per ettaro (%)	12,5	13,3	12,0	11,8	9,0	6,0
Superficie con oltre 20 ore per ettaro (%)	10,2	5,4	4,8	3,7	3,0	0,5

Dal punto di vista dell'evoluzione delle tecniche applicative, dei principi attivi e delle risposte della flora infestante ai "disturbi" provocati dal mezzo chimico, il percorso della tecnica di controllo delle erbe infestanti nella barbabietola da zucchero è sicuramente risultato complesso e caratterizzato da tappe importanti (tab. 2).

Tra gli aspetti più significativi dell'innovazione offerta dalla farmacopea fitoiatrice, devono essere ricordati l'introduzione del phenmedipham e del metamitron; il primo ha permesso di elevare il livello di efficacia dei trattamenti in post-emergenza nei confronti delle dicotiledoni, mentre il secondo ha consentito di assicurare una elevata selettività nei confronti della coltura nei trattamenti eseguiti all'impianto della barbabietola da zucchero (pre-semina e pre-emergenza). Recentemente la disponibilità del triflusaluron ha risolto alcuni importanti problemi di erbe infestanti di difficile controllo (*Abutilon theophrasti* Medicus e *Ammi majus* L.).

Relativamente alle modalità applicative degli erbicidi è risultato fondamentale l'affinamento, realizzato negli anni '80, del post-emergenza: dapprima la tecnica del "frazionato" e successivamente delle DMR (Dosi Molto Ridotte) hanno consentito una riduzione sensibile delle dosi di impiego dei principi attivi ed un aumento significativo della selettività degli interventi su coltura già emersa. Inoltre alla fine degli anni '70 la registrazione del metamitron ha dato impulso alla tecnica del diserbo chimico in localizzazione che prevede la distribuzione dei principi attivi su una banda di circa 22-23 cm di larghezza, contemporaneamente alle operazioni di semina. Questa modalità consente un risparmio di circa il 50% dei principi "residuali" distribuiti alla semina.

Tabella 2. Percorso evolutivo dei mezzi tecnici e della flora infestante nella barbabietola da zucchero.

Anno	Evoluzione della tecnica	Modificazione della flora
1965	Registrazione del chloridazon.	
1969	Registrazione del phenmedipham.	
1970-75	Diffusione dei trattamenti in pre-semina e in post-emergenza.	Aumento delle dicotiledoni (Nord) e graminacee (Centro-sud).
1978	Introduzione del diserbo di pre-emergenza in localizzazione. Registrazione di metamitron e ethofumesate.	
1980-85	Introduzione del post-emergenza frazionato e dei primi graminicidi di post emergenza (aloxymid e diclofop).	Aumento della presenza di <i>Polygonum aviculare</i> (Nord), <i>Veronica</i> spp. e <i>Viola tricolor</i> (Sud).
1988-90	Introduzione della tecnica DMR (post-emergenza a dosi molto ridotte)	Aumento della presenza di <i>Abutilon theophrasti</i> , <i>Ammi majus</i> , <i>Cuscuta</i> spp. e <i>Galium aparine</i> .
1990-95	Introduzione degli erbicidi specifici (clopyralid, graminicidi e propyzamide) nella tecnica DMR. Politica comunitaria: introduzione di colture per usi non alimentari (girasole e colza).	Comparsa di rinascite di girasole (Centro – Nord) e colza (Sud).
1997	Registrazione del Safari (triflusaluron).	
1998-2000	Semine anticipate nel Nord e Centro Italia.	

1 Controllo chimico

1.1 Evoluzione dei principi attivi

In tab. 3 sono riportati gli erbicidi che si sono resi disponibili nel corso degli anni per il controllo chimico delle erbe infestanti.

I primi principi attivi ad essere utilizzati, agli inizi degli anni '60, sono stati il dalapon, il T.C.A. ed il chloridazon, che tuttora viene largamente impiegato sia come erbicida preventivo alla semina che in post-emergenza. Altri principi attivi che rappresentano tuttora la base del diserbo chimico (phenmedipham, ethofumesate e metamitron) sono stati registrati entro la fine degli anni '70. Da quel momento si è verificato un rallentamento nell'innovazione in particolare per quanto riguarda il controllo delle infestanti a foglia larga (Fig. 2). Infatti per registrare la disponibilità un nuovo dicotiledonica e non considerando il desmedipham, si devono aspettare circa 20 anni ed arrivare al 1997, anno in cui viene autorizzata la prima e unica solfonilurea della bietola, il triflusulfuron. Nel frattempo il benzthiazuron, nella seconda metà degli anni '80, veniva ritirato dal commercio.

Tabella 3. Epoche di registrazione dei principali erbicidi impiegati sulla barbabietola da zucchero (periodo 1961/2000).

	Quinquenni							
	1961/65	1966/70	1971/75	1976/80	1981/85	1986/90	1991/95	1996/00
Graminici di pre-emergenza o pre-semina	<u>dalapon</u> <u>T.C.A.</u>		cycloate					
Graminici di Post-emergenza				<u>Alloxydim</u> diclofop	fluaizifop sethoxymid	quizalofop haloxyfop etoxyethyl	fenoxaprop cycloxydim	clethodim proprazifop haloxyfop R
Dicotiledonici di pre-emergenza o pre-semina	chloridazon	lenacil		<u>Ethofumesate</u> <u>benzthiazuron</u> metamitron				
Dicotiledonici di post-emergenza		phenmedipham	propyzamide				desmedipham	triflusulfuron

I principi attivi sottolineati non sono più commercializzati in Italia per la barbabietola da zucchero.

A partire dagli anni '80, invece, per il settore riservato al controllo delle monocotiledoni, la farmacoepa ha proposto un maggior numero di nuovi erbicidi evidenziando un trend costante nel periodo, nonostante che 3 principi attivi siano decaduti come utilizzo nel corso degli anni : dalapon nel periodo 1981/85, alloxydim in quello successivo e T.C.A negli anni 1996/00. L'innovazione in questo caso è stata più apparente che reale in quanto i nuovi graminicidi appartenengono tutti ai gruppi chimici degli arilossifenossipropionati o dei cicloesandioni, che sono caratterizzati dal medesimo meccanismo d'azione e da uno spettro di efficacia tra loro molto simile.

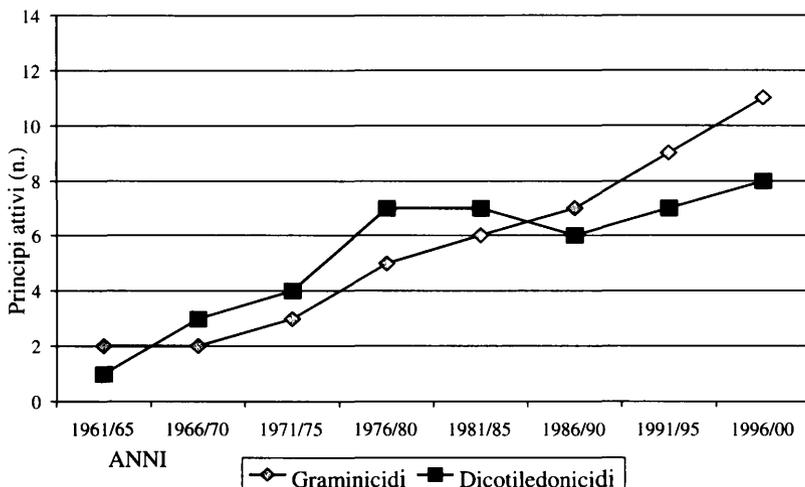


Figura 2. Numero di erbicidi utilizzati nella barbabietola da zucchero nel periodo 1961/2000.

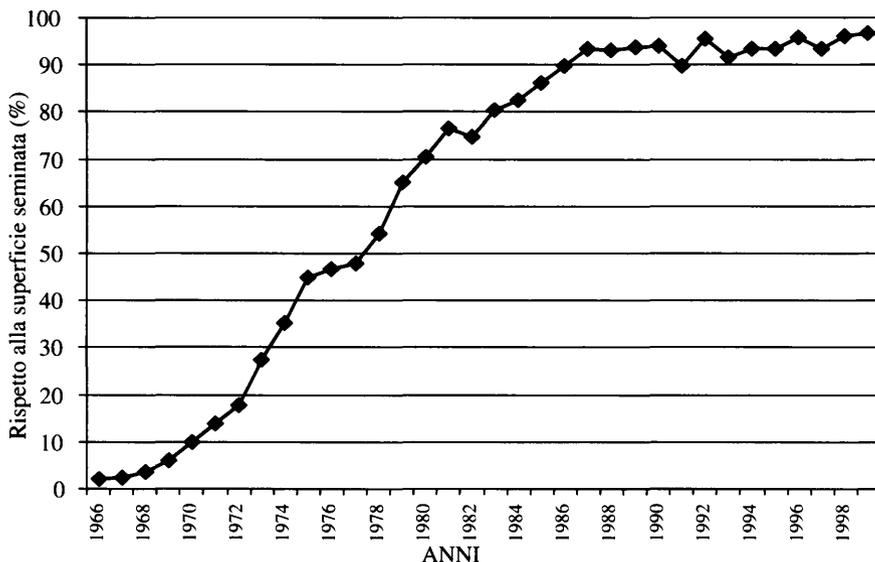


Figura 3. Evoluzione della percentuale di superficie diserbata chimicamente in Italia (periodo 1966/99).

In conclusione dal punto di vista della disponibilità di erbicidi, la barbabietola da zucchero, se la paragoniamo ad altre colture come il mais, i cereali od il riso, non ha potuto accedere ad una forte e costante innovazione, per lo meno negli ultimi decenni. Ciò ha portato, come vedremo, a dare impulso alle tecnologie applicative degli erbicidi.

1.2 Metodologie di intervento con erbicidi

La diffusione degli erbicidi selettivi specifici per la barbabietola da zucchero è stata più lenta in Italia rispetto agli altri principali Paesi europei produttori della saccarifera: in Italia la superficie bieticola effettivamente diserbata con almeno un intervento ha raggiunto la quota del 90% solo nel 1986 (fig. 3), mentre in altri Paesi europei lo stesso livello veniva raggiunto tra il 1966 e il 1974 (tab. 4).

Tabella 4. Anno in cui il diserbo della barbabietola ha raggiunto il 90% della superficie coltivata in alcuni Paesi europei.

1966	Germania Occidentale, Belgio
1967	Olanda
1969	Francia, Gran Bretagna
1971	Danimarca
1973	Svezia, Finlandia, Irlanda, Austria
1974	Cecoslovacchia, Ungheria
1986	Italia

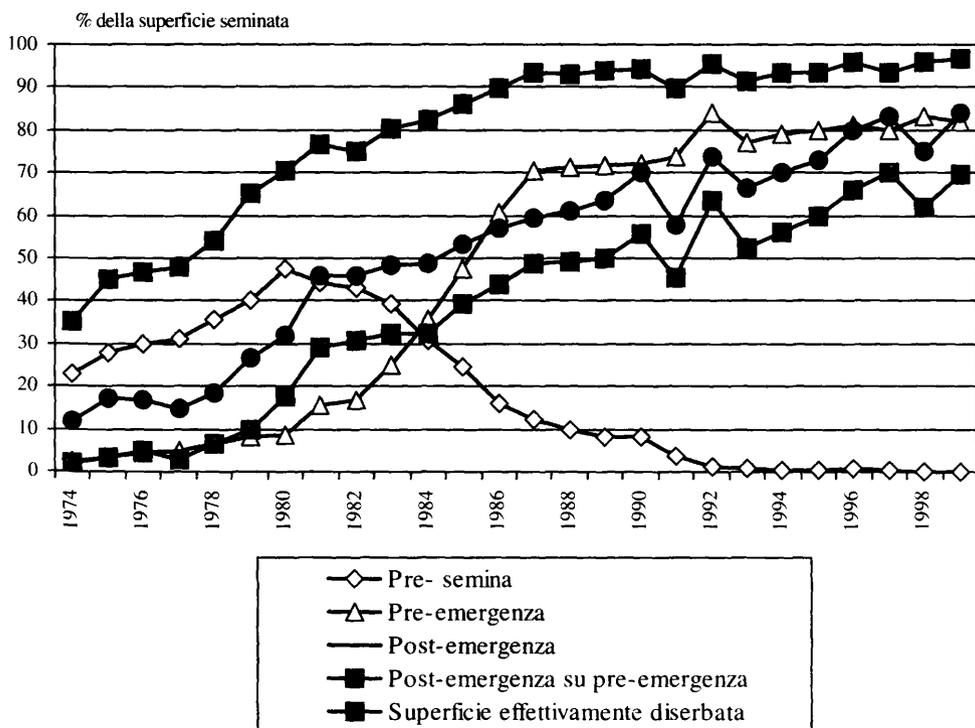


Figura 4. Evoluzione del diserbo chimico della barbabietola da zucchero in Italia nel dettaglio degli interventi (periodo 1974/99).

Negli ultimi 3 anni la superficie bieticola italiana effettivamente diserbata si è mantenuta costantemente al di sopra del 95%.

Il tasso di crescita più elevato della diffusione del diserbo chimico si è registrato negli anni '70, con il sensibile aumento prima dell'intervento in pre-semina e poi di quello in post-emergenza, come si evidenzia analizzando il dettaglio evolutivo delle diverse metodologie d'intervento (Fig. 4).

Negli anni '80 il tasso di crescita della % di superficie effettivamente diserbata è stato leggermente minore rispetto al decennio precedente, ma sono da evidenziare due fenomeni importanti:

- progressivo spostamento dell'intervento di base alla semina con erbicidi "residuali" dal pre-semina al pre-emergenza e contemporanea diffusione di una quota di interventi localizzati;
- ulteriore forte sviluppo del post-emergenza, con aumento del doppio intervento.

Lo spostamento dal pre-semina al pre-emergenza ha determinato una progressiva riduzione delle dosi dei prodotti "residuali" per le seguenti ragioni: a) il pre-semina veniva spesso interrato e in parte realizzato in epoca molto anticipata (dicembre-gennaio) per svincolare maggiormente i prodotti dalla necessità delle piogge e favorire il contatto degli stessi con i semi delle infestanti, ciò comportava l'utilizzo di dosi medio-elevate dei singoli principi attivi; b) il pre-emergenza, più soggetto a variabilità di rendimento, orienta le scelte verso strategie di diserbo basate sul doppio trattamento (pre seguito da post-emergenza), con il conseguente utilizzo di dosi medio-basse dei prodotti "residuali".

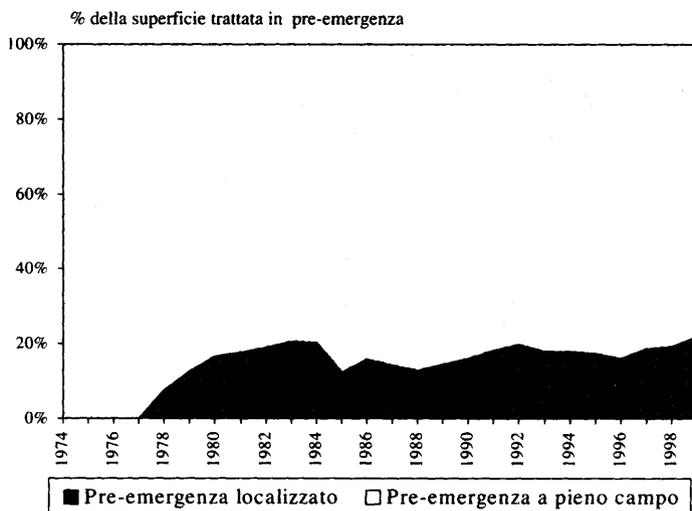


Figura 5. Evoluzione relativa dell'intervento localizzato nel diserbo di pre-emergenza della barbabietola da zucchero (periodo 1974/99).

Il *trend* di crescita del post-emergenza evidenzia 3 momenti di interruzione netta (Fig. 4), corrispondenti al 1991, 1993 e 1998, dovuti a ben precisi eventi climatici: nel 1991 le continue piogge primaverili hanno ostacolato la possibilità pratica di intervenire, mentre nel 1993 e 1998 si sono verificate gelate, con successive risemie precedute da trattamenti sui letti di semina con erbicidi totali (glyphosate), che hanno ridotto drasticamente il potenziale infestante e quindi la necessità di successivi interventi.

Per quanto riguarda la localizzazione del diserbo in pre-emergenza (Fig. 5), va rilevato che raggiunge il suo massimo nella prima metà degli anni '80, con circa il 20% della superficie diserbata, per poi avere un andamento altalenante. La localizzazione, che consente un risparmio delle quantità di erbicidi "residuali" di circa il 50%, non ha avuto lo sviluppo che sicuramente meritava probabilmente per la scarsa diffusione delle attrezzature per la distribuzione in banda e per l'allungamento dei tempi di semina che questa metodologia applicativa comporta. Negli ultimi anni, anche in relazione ai disciplinari regionali relativi al Reg. Ce 2078/92, si registra una leggera tendenza all'aumento della localizzazione.

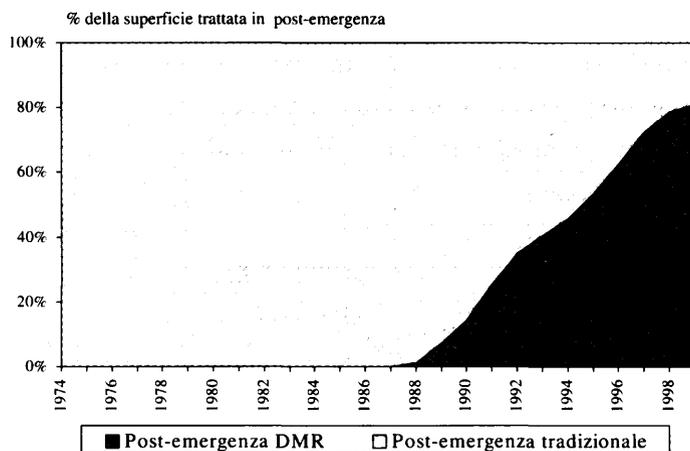


Figura 6. Evoluzione relativa della tecnica a dosi molto ridotte (DMR) nel diserbo di post-emergenza della barbabietola da zucchero (periodo 1974/99).

La scelta tra pre e post-emergenza è un altro aspetto fondamentale che caratterizza la strategia di diserbo delle colture estensive (Berti et al., 1995). I fattori che entrano in gioco sono diversi (caratteristiche della coltura, scelte agronomiche, tipologia della flora infestante, disponibilità di principi attivi, vincoli aziendali ecc.): la barbabietola richiede una crescita iniziale il più possibile libera da fenomeni di competizione, pertanto si avvantaggia normalmente di un intervento di pre-emergenza. L'evoluzione della tecnologia d'intervento in post-emergenza ha tuttavia consentito uno sviluppo relativamente maggiore degli interventi in questa fase tanto da poter affermare che

l'intervento-base della bietola sia oggi il post-emergenza, con il pre-emergenza che rappresenta il completamento (anche se *a priori*) del programma di diserbo.

L'innovazione del post-emergenza è testimoniata dall'affermazione della tecnica DMR, messa a punto in Francia alla fine degli anni '80 (Richard-Molard e Muchembled, 1988) e successivamente utilizzata in molti altri Paesi europei tra cui l'Italia (Meriggi e Rosso, 1988). Oggi questa tecnica rappresenta l'80% dei trattamenti in post-emergenza (Fig.6): da una parte ciò ha avuto come effetto la drastica riduzione delle dosi e dall'altra ha consentito di orientare il diserbo, anche per una coltura molto sensibile alla competizione iniziale delle infestanti come la barbabietola, verso strategie in linea con i criteri di lotta guidata. Non trascurabili sono risultati infine i vantaggi in termine di selettività dei trattamenti in post-emergenza, tradotti spesso con anticipi significativi delle fasi fenologiche della coltura (es: chiusura delle interfile) e conseguenti incrementi produttivi in saccarosio.

L'intervento con erbicidi totali per la pulizia dei letti di semina è una pratica sviluppatasi sulla bietola durante gli ultimi 10 anni; questa viene realizzata qualora la preparazione del letto di semina sia stata realizzata con il dovuto anticipo e l'andamento stagionale abbia favorito l'emergenza delle infestanti prima della semina stessa. La frequenza con la quale il diserbo totale in pre-semina può essere utilmente realizzato è assai variabile negli anni e dipende strettamente dall'andamento climatico: ad esempio negli ultimi anni, in considerazione del marcato anticipo dell'epoca di semina nel Nord Italia, lo stesso ha mediamente interessato una superficie di poco superiore al 5% del seminato.

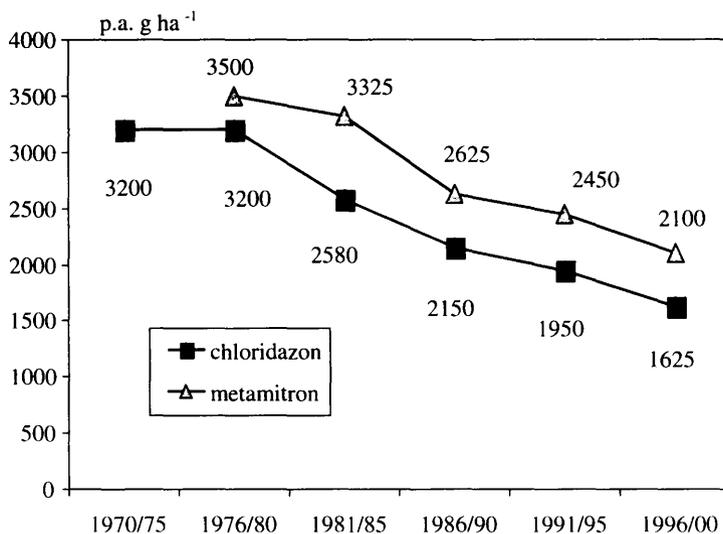


Figura 7. Dosi medie quinquennali di chloridazon e metamitron consigliate a pieno campo in pre-emergenza della barbabietola da zucchero nel periodo 1970-2000.

1.3 “Carico” e rischio ambientale

Il quantitativo di principi attivi distribuiti per ettaro è mutato sensibilmente nel corso degli anni. Nei primi anni di divulgazione della pratica del diserbo chimico, l'obiettivo era quello di massimizzare gli effetti degli erbicidi nei confronti delle erbe infestanti senza tenere particolarmente in considerazione la dose di impiego; successivamente, per ragioni economiche ed ambientali, l'attenzione si è rivolta verso percorsi più sostenibili caratterizzati da un maggior equilibrio tra efficacia e selettività e caratterizzati dall'utilizzo di dosi più ridotte, ma pur sempre valide in termini di efficacia e selettività.

Per quantificare questo fenomeno si è tenuto conto delle dosi medie di pieno campo consigliate, dei più comuni principi attivi di pre-emergenza (chloridazon, metamitron) e post-emergenza (phenmedipham, chloridazon e metamitron) mediante una ricerca bibliografica su una unica fonte specializzata del settore. I dati riportati nelle figg. 7 e 8 indicano chiaramente che il processo di riduzione dei quantitativi di erbicidi impiegati è risultato costante negli anni, sia per quanto riguarda i trattamenti alla semina che in post-emergenza. Vi è da sottolineare che mentre per le applicazioni alla semina le dosi si sono costantemente ridotte anche negli ultimi anni, per il post-emergenza, grazie all'avvento delle DMR, tale obiettivo è stato raggiunto già a partire dai primi anni '90.

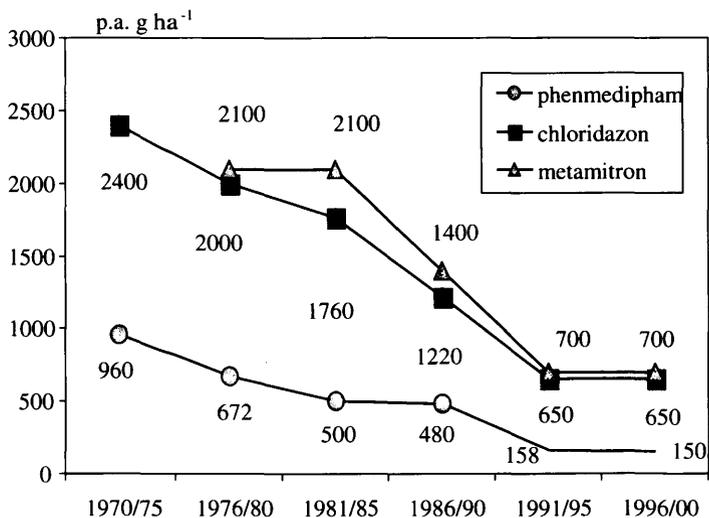


Figura 8. Dosi medie quinquennali di phenmedipham, chloridazon e metamitron impiegate a pieno campo in post-emergenza della barbabietola da zucchero, nel periodo 1970-2000.

Relativamente alla stima del rischio ambientale connesso con l'uso di questi erbicidi si è operato dapprima definendo dei programmi di diserbo chimico “standard” (Tab. 5) per i vari quinquenni a partire dal 1976/80 periodo nel quale la superficie diserbata superava costantemente il 50%. Tali

programmi hanno sempre considerato l'impiego del chloridazon alla semina e del metamitron e phenmedipham in post-emergenza. L'ethofumesate è stato inserito unicamente nell'ultimo decennio in quanto componente fondamentale nella tecnica DMR.

Tabella 5. "Carichi" dei principi attivi considerati nei quinquenni a partire dal 1976/80 per la stima del rischio ambientale.

Principi attivi	Quinquenni				
	1976/80	1981/85	1986/90	1991/95	1996/00
chloridazon alla semina (g ha ⁻¹)	3200	2580	2150	1950	1625
phenmedipham in post-emergenza (g ha ⁻¹)	672	500	480	158	150
ethofumesate in post-emergenza (g ha ⁻¹)				214	225
metamitron in post-emergenza (g ha ⁻¹)	2100	2100	1400	700	700

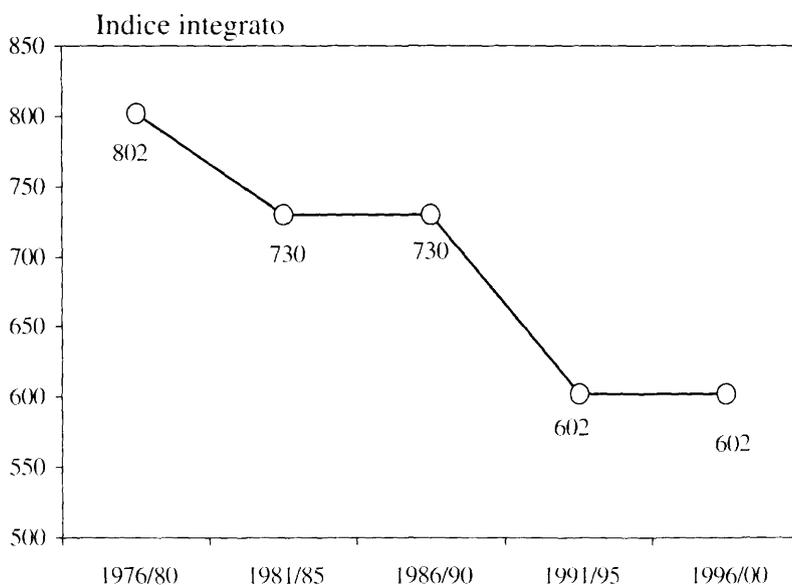


Figura 9. Valori di indici integrati (IA x IT x Carico) nell'impiego degli erbicidi nella barbabietola da zucchero nel periodo 1970-2000.

Tenendo conto della tossicità e comportamento ambientale degli erbicidi considerati, è stato calcolato l'indice ambientale (IA) e tossicologico (IT). Successivamente in base al quantitativo di materia attiva per ettaro distribuita è stato calcolato l'Indice Integrato (IA x IT x Carico) (Otto et al.,

1996) prima per singolo prodotto e poi per i programmi completi utilizzati nei vari quinquenni. I valori che sono emersi sono riportati in fig. 9.

Considerando la tecnica del periodo 1976/80 che è caratterizzata da una dose elevata di chloridazon in pre-semina (circa 5 kg ha⁻¹ di un formulato al 65% di p.a.) e da un post-emergenza che considera un intervento unico di phenmedipham + metamitron, emerge un progressivo miglioramento dell'indice nel periodo preso in esame, realizzato però in due fasi:

- la prima che coincide con le tecniche degli anni '80, basate su un intervento di pre-emergenza più contenuto di chloridazon (3,5 kg ha⁻¹ di prodotto commerciale) ed un post.emergenza basato sostanzialmente sul contenimento e frazionamento di dosi "piene" di phenmedipham + metamitron;
- la seconda che corrisponde agli anni '90, caratterizzati dalla piena affermazione della tecnica DMR e da una ulteriore riduzione del "carico" in pre-emergenza (2,5 kg ha⁻¹ di prodotto commerciale).

Una importante considerazione a questo punto deve essere fatta sul diserbo in localizzazione, questi consentirebbe un ulteriore abbassamento dell'indice integrato (536).

Le DMR sono state studiate anche dal punto di vista ambientale per verificarne l'impatto sulla popolazione di microorganismi del terreno (Peruch et al., 1994) senza evidenziare, alcuna interferenza sulla biomassa microbica.

Tabella 6. Valori di contaminazione ambientale per alcune combinazioni di post-emergenza. Le dosi di prodotti formulati è in kg o l ha⁻¹ e il livello di sostanza organica considerato è dell'1,5-3%.

Miscela (l ha ⁻¹ di formulato commerciale)	Organismi acquatici	Organismi del suolo	Acqua di falda
(0,5) phenmedipham + (0,5) ethofumesate + (0,5) metamitron	15	3	49
(1) desmedipham/ethofumesate/ phenmedipham + (0,5) metamitron	16	5	55
(0,5) phenmedipham + (1) chloridazon/quinmerac + (0,5) ethofumesate	17	2	1246
(1) desmedipham/ethofumesate/ phenmedipham + (0,03) triflusalufuron	9	4	207

Fonte: Wevers 1997

Anche all'estero le miscele DMR sono state valutate dal punto di vista ambientale con indici simili a quelli presentati precedentemente. Wevers nel 1997 ha messo a confronto differenti miscele a dosi molto ridotte con o senza prodotti specifici ed evidenziato i bassi livelli di tossicità nei confronti degli organismi acquatici e terricoli di tutte le soluzioni prese in esame. Nell'analizzare l'impatto nei confronti delle acque profonde le combinazioni con quinmerac e, in

minor misura, con triflusaluron risultavano peggiorare rispetto alle precedenti (tab 6). Il limite massimo globale accettato in queste esemplificazioni è uguale a 100 (Wevers 2000 a).

Tabella 7. Obiettivi della ricerca per il miglioramento delle formulazioni.

OBIETTIVI	REALIZZAZIONI FORMULATIVE
Ottimizzazione di efficacia e/o selettività	<ul style="list-style-type: none"> • purificazione dei principi attivi tecnici; • utilizzo del solo isomero ottico dotato di attività erbicida; • aggiunta di attivatori e/o biostimolanti; • microincapsulazione.
Miglioramento delle caratteristiche eco-tossicologiche	<ul style="list-style-type: none"> • sostituzione dei solventi organici con l'acqua (sospensioni concentrate, suspoemulsioni); • microincapsulazione.
Maggior praticità d'impiego per l'utilizzatore	<ul style="list-style-type: none"> • sostituzione delle polveri bagnabili con i granuli idrodispersibili; • confezionamento delle polveri bagnabili in sacchetti idrosolubili.

Tabella 8. Evoluzione delle formulazioni di 4 erbicidi della barbabietola da zucchero.

Principio attivo	Anno di introduzione in Italia	Formulazione
Chloridazon	1965	Polvere Bagnabile (WP) 65%
	1980	Pasta (SC) 430 g/l
	1989	Granuli Idrodispersibili (WG) 65%
Metamitron	1978	Polvere bagnabile (WP) 70%
	1985	Granuli idrodispersibili (WG) 70%
Phenmedipham	1969	Concentrato Emulsionabile (EC) 160 g l ⁻¹
	1988	Mix con ethofumesate (EC) 88.8 + 78.2 g l ⁻¹
	1992	Pasta (SC) + biostimolante 200 g l ⁻¹
	1993	Mix con desmedipham e ethofumesate (EC) 62 + 16 + 128 g l ⁻¹
	1998	Mix con desmedipham e ethofumesate OF 75 + 25 + 150 g l ⁻¹
Ethofumesate	1976	Concentrato Emulsionabile 200 g l ⁻¹
	1983	Mix con lenacil 30+12% Polvere Bagnabile (WP)
	1984	Pasta (SC) 500 g l ⁻¹

1.4 Tecnica formulativa

L'innovazione formulativa ha progressivamente aumentato il proprio peso nell'evoluzione dei fitofarmaci in genere, in particolare negli ultimi 10-15 anni. Gli obiettivi della ricerca nelle formulazioni degli erbicidi possono essere sintetizzati nei punti esposti in tab. 7, in relazione ai quali sono individuabili le principali tecnologie di riferimento (Berti et al.,1995). Nel caso specifico

degli erbicidi di sintesi della barbabietola da zucchero, il peso relativo della ricerca formulativa è stato più rilevante di altri settori della fitoiatria, a causa della minor innovazione in termini di famiglie chimiche/principi attivi.

Prendendo come riferimento quattro dei principi attivi che hanno caratterizzato il diserbo chimico della barbabietola da zucchero, il chloridazon, il metamitron, phenmedipham e l'ethofumesate, è possibile tracciare schematicamente le principali tappe del rinnovamento formulativo che li ha caratterizzati (Tab 8).

Compatibilmente con le caratteristiche fisico-chimiche dei singoli principi attivi che possono condizionare la realizzabilità formulativa, la precedente tabella evidenzia una progressione, quasi costante, da formulazioni in polvere bagnabile alle paste (o sospensioni concentrate o flowable) e quindi ai granuli idrodispersibili. Nel caso del phenmedipham, con una formulazione a base solventi di partenza (EC) l'evoluzione ha avuto come obiettivo l'eliminazione dei solventi o la loro sostituzione con nuovi coformulanti oleosi (quali gli olii naturali). Oltre alle differenze di praticità applicativa, queste diverse formulazioni si caratterizzano anche per alcuni parametri fisico-chimici che condizionano il rendimento in campo (efficacia – selettività) e la sostenibilità ambientale (Tab. 9): obiettivo finale dell'evoluzione formulativa è un giusto compromesso tra la valenza agronomica (tale da consentire un minor utilizzo di materia attiva), la praticità d'uso (minor contatto con l'operatore) e le caratteristiche eco-tossicologiche (sostenibilità ambientale e impatto sull'operatore).

Tabella 9. Caratteristiche dei differenti tipi di formulazione.

	WP	SC	WG	EC
Presentazione prodotto	Particelle di 7-10 μ	Sospensione acquosa di particelle di prodotto (2-3 μ)	Granuli di 150- 800 μ (legge: > 50 μ)	Particelle colloidal ($<1\mu$) in emulsione
Dimensioni particelle in acqua (nella "botte")	7-10 μ	2-3 μ	7-10 μ	0,5-1 μ
Possibilità di inserire attivatori	+	++	+++	+++
Problemi per l'operatore	+++ (spolveramento)	++ (svuotamento)	-/+	++/+++ (solventi)
Contaminazione contenitori	++	+ /+++	-/+	++/+++
Impatto ambientale	+	+	+ /+++	+++
Influenza sulla tossicità acuta	++/+++	++	+	+++

Legenda: - = nulla; + = bassa; ++ = media; +++ = alta

Per quanto concerne il phenmedipham la formulazione in fase oleosa è fondamentale per il rendimento erbicida: l'evoluzione formulativa è stata caratterizzata dall'abbinamento in formula di

altri principi attivi e, da ultimo, dal passaggio da Concentrato Emulsionabile (EC) alla formulazione "Oily Flow" (OF), con le sostanze attive disciolte nelle microgocce di un nuovo solvente, a loro volta sospese in olio di colza esterificato.

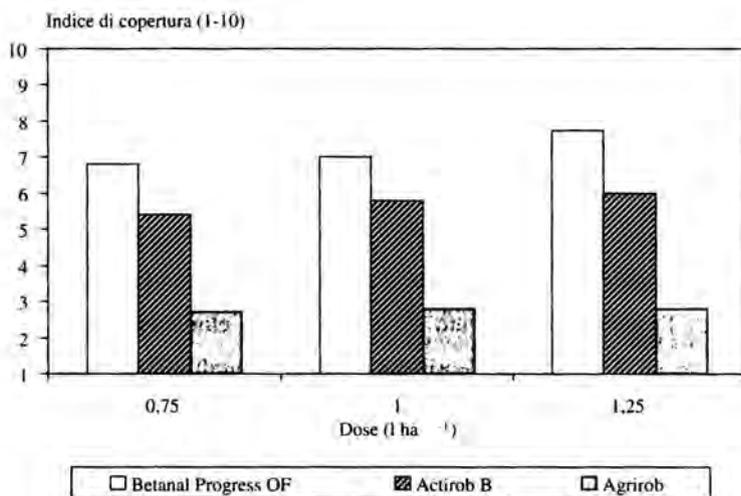


Figura 10. Test di copertura realizzato su carta da filtro: confronto tra Betanal Progress OF e due oli.

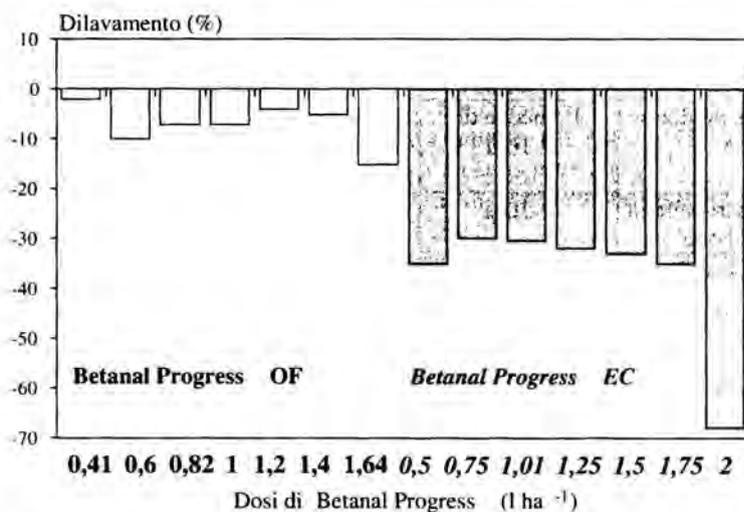


Figura 11. Test di dilavamento effettuato su *Polygonum persicaria* confronto tra la formulazione Oily Flow e EC.

La nuova formulazione consente di ottenere un impatto ambientale complessivamente inferiore (Wevers, 1997) tenuto conto del complesso dei componenti (principi attivi, inerti, solventi); inoltre influenza positivamente il rendimento agronomico (Figg. 10 e 11).

1.5 Tecnologia applicativa

Il diserbo della barbabietola da zucchero si è avvantaggiato, al pari delle altre colture estensive, dell'evoluzione delle attrezzature per la distribuzione, che rappresentano il punto di passaggio verso l'obiettivo finale rappresentato dalla flora infestante. Si tratta di un punto critico che può ridurre il rendimento del prodotto invalidando i miglioramenti raggiunti in altri ambiti (formulazione, metodologia, ecc).

Due aspetti hanno contribuito a migliorare sensibilmente l'efficienza dei mezzi di distribuzione: i progressi costruttivi e i miglioramenti operativi a livello aziendale, questi ultimi frutto anche di campagne di sensibilizzazione sull'importanza non solo della scelta del mezzo, ma anche della sua adeguata taratura e controllo.

Dal punto di vista costruttivo, il grande passaggio del dopoguerra è stato quello dalle lance alle barre. L'evoluzione di queste ultime ha riguardato molti aspetti, larghezza operativa, stabilità, efficienza dei singoli componenti, in particolare degli ugelli, con il passaggio da quelli a cono a quelli a ventaglio, la cui maggior efficienza per il diserbo è evidenziata in tab. 10.

Tabella 10. Confronto delle caratteristiche degli ugelli a cono e ventaglio.

Tipo di ugello	Cono	Ventaglio
Pressione	Medio-alta	Bassa (1-4 bar)
Diametro gocce	70-400 μ m	300-600 μ m
Distribuzione	Disforme	Uniforme
Deriva	Elevata	Molto ridotta

Sempre dal punto di vista costruttivo i dispositivi in grado di garantire la distribuzione proporzionale all'albero motore e all'avanzamento consentono la migliore uniformità operativa, mentre le recenti barre a manica d'aria, con rottura della goccia ancora operata meccanicamente (ugelli), ma con il trasporto garantito dalla corrente d'aria, consentono una migliore capacità di copertura delle superfici fogliari, quindi un maggior rendimento dell'erbicida.

I fattori che incidono sulla precisione del trattamento, quindi sull'efficienza degli erbicidi utilizzati, sono sintetizzati in tab. 11 (Savi, 1996).

Precisione e perdite di prodotto sono determinate anche dalle condizioni meteorologiche durante l'esecuzione del trattamento: a parte il vento, che incide ovviamente sui fenomeni di deriva, i trattamenti di post-emergenza sono influenzati da temperatura e U.R.

Tabella 11. Fattori che incidono sulla precisione del trattamento.

Precisione longitudinale	<ul style="list-style-type: none"> • Costanza della concentrazione: agitazione • Portata della barra: regolatori di portata • Sistemi antigoccia agli ugelli • Oscillazioni orizzontali della barra
Precisione trasversale	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo, spaziatura e posizione degli ugelli • Filtri • Corretta altezza della barra • Parallelismo e stabilità della barra • Attacco regolare delle bande trattate

Tale influenza è direttamente correlata alle caratteristiche dei principi attivi impiegati e alla tecnologia d'intervento: per il diserbo di post-emergenza della barbabietola da zucchero diverse esperienze (Bee *et al.*, 1995; May *et al.*, 1997; Agronomica, 2000 dati in corso di pubblicazione) hanno consentito di evidenziare i seguenti aspetti:

- le condizioni climatiche al momento dell'intervento evidenziano relazioni positive tra elevata umidità relativa dell'aria e efficacia del trattamento;
- un peso rilevante è svolto anche dalle condizioni meteorologiche precedenti il trattamento, che condizionano lo sviluppo delle piante infestanti, in particolare delle strutture fogliari (strati cerosi, pelosità ecc) e quindi la sensibilità agli erbicidi di post-emergenza;
- la temperatura svolge un ruolo più difficile da correlare al risultato erbicida, ma in generale le elevate temperature riducono l'efficacia e limitano la selettività;
- in generale il diserbo di post-emergenza bietola sembra raggiungere i migliori risultati con trattamenti effettuati nelle prime ore del mattino e alla sera.

Come miglioramento delle tecnologie applicative rientrano anche le maggiori conoscenze acquisite negli ultimi anni relativamente alla biologia delle erbe infestanti ed agli stadi di maggior sensibilità ai trattamenti. Un caso specifico significativo è rappresentato dalla *Cuscuta*. Questa convolvulacea che con risultati il più delle volte insufficienti in termini di selettività ed efficacia veniva combattuta con trattamenti tardivi e con l'applicazione di dosi di propyzamide di circa 1500-2000 g ha⁻¹, attualmente può essere controllata con trattamenti precocissimi, anche a partire dallo stadio cotiledoni - 2 foglie vere, utilizzando quantitativi di propyzamide pari a circa 800 g ha⁻¹, di circa il 50% inferiori a quelli tradizionalmente impiegati (Meriggi e Benini, 1993).

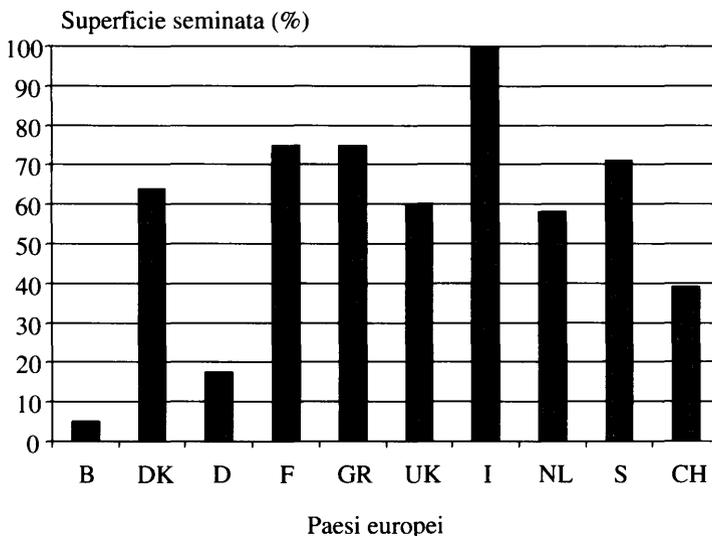


Figura 12. Diffusione del controllo meccanico nei vari Paesi europei. Indagine IIRB 1998.

2 Controllo agronomico

2.1 Sarchiatura meccanica

La sarchiatura dell'interfila produce, come è noto, diversi effetti positivi alla coltura: dal punto di vista agronomico infatti migliora il livello di conservazione delle riserve idriche utilizzabili, favorisce, con l'arieggiamento, il riscaldamento del suolo, consente l'interramento dei fertilizzanti e facilita l'infiltrazione dell'acqua piovana.

In relazione al controllo delle erbe infestanti esplica una importante azione scerbante contro le malerbe sfuggite ai trattamenti e permette di valorizzare la tecnica di distribuzione localizzata degli erbicidi (Wevers et al., 1994). Senza entrare nel complesso panorama tecnico delle sarchiatrici (Giardini et al., 1981) occorre ricordare che le capacità rinettanti sono notevoli e che la loro funzione è ancora oggi insostituibile. Contrariamente a quanto avviene in altri Paesi europei (Fig. 12) (Schäufele, 2000), in Italia il controllo meccanico tramite la sarchiatura viene realizzata, almeno una volta, sulla totalità della superficie coltivata.

2.2 Epoca di semina

La semina anticipata nel mese di gennaio per il Centro Italia e nella prima/seconda decade di febbraio per il Nord, rappresenta una opportunità tecnica importante per elevare la produttività della coltura (Rosso e Meriggi, 2000).

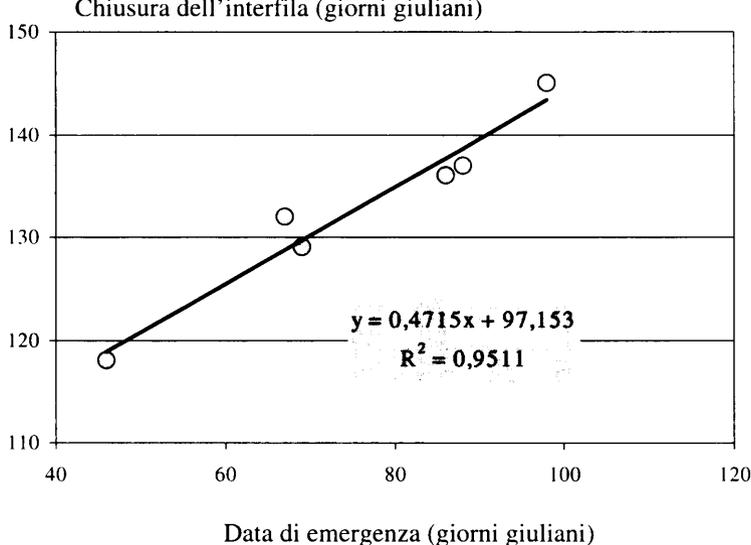


Figura 13. Relazione fra data di emergenza e chiusura completa dell'interfila.

Dal punto di vista della gestione delle erbe infestanti, l'avvio precoce delle operazioni di impianto della bietola può comportare una maggiore esposizione della coltura a infestazioni di Polygonacee (*Polygonum aviculare* L. e *Fallopia convolvulus* L. Holub) e Crucifere, che nelle semine di fine febbraio-inizio marzo sono frequentemente eliminate meccanicamente con le erpicature di pre-semina. Questa maggior pressione potenziale viene però generalmente compensata con una migliore efficienza, nei confronti delle malerbe, dei principi attivi "residuali" distribuiti in pre-emergenza che possono usufruire più facilmente delle precipitazioni meteoriche per una loro attivazione.

Ma il vantaggio significativo derivante da una semina anticipata della bietola è una "chiusura" precoce degli apparati fogliari, fenomeno evidenziato dalla relazione esposta in fig. 13, che riporta i risultati di 2 prove realizzate nel 2000 da Agronomica. Ciò determina lo spostamento del rapporto competitivo coltura/infestanti decisamente a favore della prima, soprattutto nei confronti delle erbe infestanti a nascita più tardiva. In una delle 2 prove infatti, nelle parcelle a semina più ritardata (terza decade di marzo), era presente una significativa infestazione di *Solanum nigrum* L., *Echinochloa crus galli* (L.) Beauv. e *Convolvulus arvensis* L., che nella prima e seconda epoca di semina risultava completamente soffocata dalla coltura.

Strettamente collegati con l'epoca di semina sono il vigore e la germinabilità del seme; una elevata qualità intrinseca di quest'ultimo mezzo tecnico favorisce infatti un regolare e rapido sviluppo iniziale della coltura anche in condizioni climatiche non ottimali per la germinazione. Per contro qualora si utilizzi seme con scarse caratteristiche di vigore germinativo è più facile avere

delle fallanze o degli investimenti irregolari, situazioni nelle quali lo sviluppo delle erbe infestanti è sicuramente facilitato. Da questo punto di vista negli ultimi anni i progressi sono stati notevoli. Il livello di germinabilità del seme di bietola ha raggiunto livelli talmente elevati che, in prove di campo, non è infrequente verificare emergenze medie superiori all'80%.

3 Prospettive

Il controllo delle erbe infestanti nella barbabietola da zucchero è stato dunque il risultato di una continua evoluzione. Cosa possiamo però prevedere per il prossimo futuro?

Sicuramente un aspetto focale sarà l'accettazione o meno di varietà geneticamente modificate, tolleranti agli erbicidi totali.

Mentre per alcune colture quali mais e soia ed in alcuni paesi (Stati Uniti, Argentina, Australia e Canada) la diffusione dei materiali Roundup Ready o Liberty Link ha visto in un primo momento uno sviluppo significativo ed estremamente rapido, seguito da una riflessione, causata dall'avversione dell'opinione pubblica nei confronti degli OGM, per la bietola in Europa le prospettive di applicazione appaiono remote.

Senza entrare nel merito delle motivazioni che hanno indotto alcuni Paesi ad autorizzare, sotto il profilo della tutela della salute umana e dell'ambiente, l'impiego su larga scala degli organismi geneticamente modificati per la resistenza ad alcuni erbicidi totali, ed altri a vietarne l'uso, può valere la pena ricordare, in questo contesto, che una eventuale estensione delle varietà transgeniche deve essere fatta tenendo conto della valutazione delle caratteristiche quanti-qualitative delle produzioni. Per la barbabietola da zucchero infatti, benchè i materiali abbiano un elevato grado di isogenia, non si può escludere a priori che vi possano essere delle differenze significative in termini di quantità e qualità intrinseca della produzione (polarizzazione e purezza del sugo denso) (Wauters et al., 2000) (Agronomica, dati non pubblicati).

Per diversi motivi il numero di principi attivi probabilmente non incrementerà nei prossimi anni. Le ragioni di questo scenario sono (Wevers, 2000 b): a) i vincoli ambientali imporranno l'eliminazione di alcuni erbicidi, sicuramente tra i più persistenti; b) come conseguenza dei bassi prezzi della bietola, nei prossimi anni la domanda sarà rivolta a programmi di diserbo sempre meno costosi ed i profitti delle Società che producono fitofarmaci non saranno tali da consentire di investire come in passato in una coltura praticata su una superficie, a livello mondiale, così ridotta come la barbabietola da zucchero; c) una eventuale introduzione delle varietà "resistenti" agli erbicidi totali favorirà comunque una ricerca di soluzioni sempre meno costose; d) nuovi erbicidi sono attualmente sviluppati unicamente per le colture di larga scala (mais, cereali a paglia e riso).

Come reazione alla diminuzione del numero di principi attivi il controllo integrato con mezzi meccanici assumerà sempre più rilevanza. Saranno implementate tecnologie già acquisite (diserbo

localizzato) e sviluppate di più innovative anche se, per queste ultime, nella pratica, potranno sussistere degli ostacoli in termini di praticabilità su larga scala e comunque occorrerà valutare attentamente gli input energetici che questi sistemi high tech (sarchiatrici a denti rotanti, spazzolatrici, sarchiatrici pneumatici, ecc.) generalmente richiedono. Relativamente ai mezzi fisici di controllo, come ad esempio il pirodiserbo, non vi sarà probabilmente una grande crescita, sempre a causa degli elevati costi energetici. Per contro si svilupperanno tecniche agronomiche che favoriscano un incremento della competizione naturale della coltura.

Bibliografia

- BEE PN, HOPKINSON ST, JARVIS PJ. (1995) Investigation into using crop growth stage to achieve two spray broad-leaved weed control in sugar beet. *Proceedings of the Brighton crop protection conference – Weeds* **3**, 865-870.
- BERTI A, MERIGGI P, SGATTONI P. (1995) Controllo delle piante infestanti nelle colture agroindustriali: pre o post-emergenza. *L'Informatore Agrario* **37**, 35-71.
- GIARDINI L., ASSIRI A., BIANCARDI E., BONGIOVANNI G.C., CIDRI G., MONTUSCHI G., RAPPARINI G, ROSSO F, ROTA F, VENTURI F, VENTURI GP, ZANIN G. (1981) *Atti del Convegno S.I.L.M. "Stato attuale della lotta alle malerbe nella barbabietola da zucchero in Italia"*, 13-244.
- MAY M.J, LAINSBURY MA, HILTON JG. (1997) Effect of weather on efficacy of herbicides in sugar beet. *Proceedings of the Brighton crop protection conference*, 857-862.
- MERIGGI P, BENINI G. (1993) Il controllo della cuscuta nella barbabietola da zucchero. *Agronomica* **6**, 19-23.
- MERIGGI P, ROSSO F. (1988) Il diserbo chimico della barbabietola da zucchero ad una svolta concreta. Attualità e prospettive del post-emergenza. *L'Informatore Agrario* **50**, 70-78.
- OTTO S, VICARI A, ZANIN G, CATIZONE P. (1996) Aspetti ecotossicologici e stima del rischio ambientale. *Atti del X° Convegno S.I.L.M. "Il diserbo delle aree extra agricole"*, 97-133.
- PERUCH U, POGGIOLINI S, ROSSO F, NUTI MP. (1994) Effects of new techniques of weed control on soil microbiota in the sugar beet crop. *Proceedings of the 3rd Congress of the European Society for Agronomy – Padova (I)*, 830-831.
- RICHARD-MOLARD M, MUCHEMBLED C. (1988) Evolution récente des techniques de désherbage des betteraves. *Compte-rendue du Symposium International sur les techniques d'application des produits phytosanitaires, ANPP, Annales* **1**, 139-148.
- ROSSO F, MERIGGI P. (2000) La semina anticipata. *Agronomica*, **5**, 6-12.

- SAVI D. (1996) Attrezzature per la difesa delle piante, guida alla scelta e al corretto impiego. *Edizioni L'Informatore Agrario*, 13-25.
- SCHÄUFELE W R (2000) Chemische unkrautbekämpfung in zuckerrüben im wandel – ergebnisse einer befragung in der IIRB-arbeitsgruppe"Unkrautregulierung". *Proceedings of the 63rd IIRB Winter Congress – Interlaken (CH)*, 93-110.
- WAUTERS A, HERMANN O, GESTAT DE GARAMBE' T. (2000) Performances de variétés traditionnelle ou spécifique; critères et seuil acceptable. *Proceedings of the 63rd IIRB Winter Congress – Interlaken (CH)*, 171-178.
- WEVERS JDA. (1997) Reduced environmental contamination by new herbicide formulations. *Proceedings of the 60th IIRB Summer Congress – Cambridge (UK)*, 177-188.
- WEVERS JDA. (2000a) Herbicide tolerance and the effects on the environmental contamination. *Proceedings of the 63rd IIRB Winter Congress – Interlaken (CH)*, 179-185.
- WEVERS JDA. (2000b) Weed control, prospective aspects. *Proceedings of the 63rd IIRB Winter Congress – Interlaken (CH)*, 111-114.
- WEVERS JDA, HERMANN O, WAUTERS A. (1994) Integrated crop protection. *Proceedings of the 94th IIRB Winter Congress – Bruxelles (B)*, 43-62.

L'ottimizzazione del diserbo nel mais

M. AIROLDI

Novartis Crop Protection AG, CH-4002 Basel, Switzerland

Riassunto

Gli aspetti relativi alla gestione della flora infestante del mais ed alla loro evoluzione pratica nel corso degli ultimi 20 anni sono brevemente esaminati. Da una situazione di relativa semplicità gestionale caratterizzata da soluzioni semplici e dall'impiego, per lo più in pre-emergenza, di un numero limitato di principi attivi si è passati, come conseguenza dell'evoluzione dello scenario tecnico-economico e politico, ad una gestione più complessa ed articolata, con modalità di approccio e di intervento assai più ampie e flessibili che in passato. La velocità dei cambiamenti avvenuti ha richiesto un significativo sforzo di aggiornamento professionale da parte di tutti gli attori coinvolti nella gestione della flora infestante il mais.

Parole chiave: ottimizzazione diserbo, mais, erbicidi.

Summary

Optimisation of weed control in maize

Weed management in maize and its practical evolution over last 20 years is briefly discussed. As a consequence of changes in the technical, economical and political scenarios, weed control has changed significantly from a relatively easy management technique (based mainly on pre-emergence applications of a limited number of active ingredients) to a more complex and sophisticated one, offering more, and more flexible, management options. The speed of changes required an important effort to achieve state-of-the-art knowledge by all professionals involved in weed management in corn.

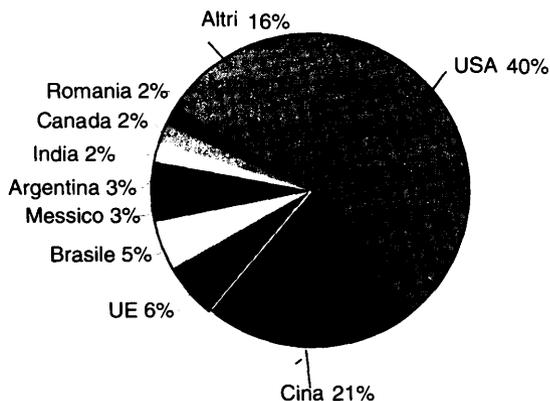
Key words: optimisation of weed control, maize, herbicides.

Superficie coltivata, produzione e utilizzo del mais

Il mais è la coltura coltivata in più paesi del mondo rispetto ad ogni altra. L'Unione Europea nel 1999 ha prodotto circa il 6 % del totale mondiale di granella, posizionandosi dopo gli USA (40 %), la Cina (21 %) e prima del Brasile (5 %) (Fig.1). In Italia si coltiva a mais da granella circa il 20 % della superficie destinata a tale coltura nell'Unione Europea, con una produzione che ammonta al 25 % del totale europeo. La superficie italiana a mais nel 1999 è stata di circa 1,2 milioni di ettari, dei quali circa un milione destinati alla produzione di granella ed il restante alla produzione di trinciato. Il 90 % della superficie maidicola italiana è concentrato in 5 regioni del Nord (Veneto,

Lombardia, Friuli, Emilia-Romagna, Piemonte). L'andamento della superficie destinata a mais negli ultimi 20 anni è stato caratterizzato da una riduzione nella seconda metà degli anni '80 (fino ad un minimo di 767780 ha nel 1990) e da un successivo incremento nell'ultimo decennio. Nello stesso periodo le rese unitarie sono significativamente aumentate, passando da una media di 69,15 dt ha⁻¹ nel quinquennio 1980-84 ad una media di 93,91 dt ha⁻¹ nel quinquennio 1995-99 (Tab.1).

Produzione mondiale di mais - 1999



UDSA, FAS, Jan 2000

Figura 1. Localizzazione della produzione mondiale di mais nel 1999.

Tabella 1. superficie coltivata e resa media di mais da granella in Italia, 1980-1999.

Anno	Superficie coltivata (000 ha)	Resa (dt ha ⁻¹)
1980	941,7	67,7
1981	988,3	72,8
1982	1006,2	67,5
1983	981,7	68,2
1984	960,6	69,5
1985	922,7	68,9
1986	848,6	75,4
1987	768,4	75,0
1988	842,5	76,6
1989	804,2	79,1
1990	767,8	76,4
1991	858,9	72,6
1992	853,9	86,6
1993	926,7	86,6
1994	909,9	82,2
1995	942,5	89,7
1996	1022,7	93,4
1997	1039,2	96,3
1998	968,8	93,2
1999	1030,6	97,0

In Italia, la maggior parte della produzione è destinata all'alimentazione del bestiame (circa 80-85 %); del restante circa il 10 % è destinato ad usi industriali e meno del 5 % all'alimentazione umana. Tuttavia gli usi potenziali del mais sono numerosi e vanno aumentando continuamente. Sostanze derivate dal mais sono oggi presenti in più di 3600 prodotti di uso comune, dal dentifricio agli antidolorifici, dal pane al tè a plastiche biodegradabili. L'utilizzo di granella di mais negli USA è riportato nella figura 2.

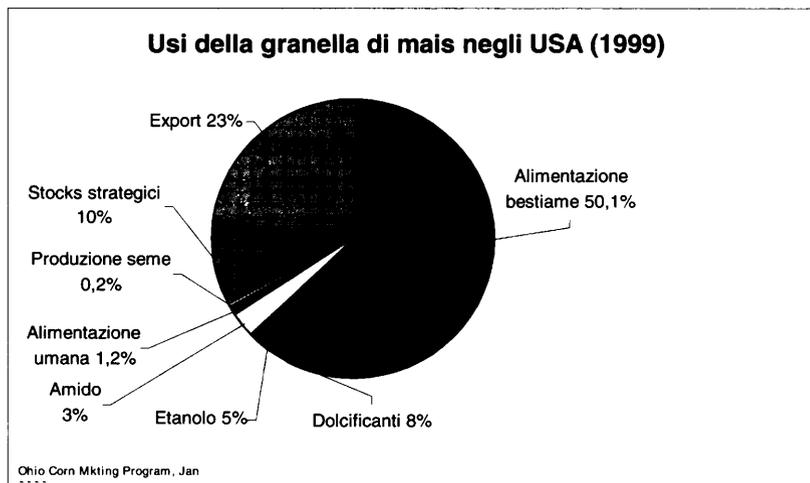


Figura 2. Usi della granella del mais negli Stati Uniti d'America (1999).

Il rapporto mais - infestanti e la gestione della flora indesiderata

Il mais è una meravigliosa macchina per immagazzinare energia a grande velocità. Basti considerare che da un seme pesante circa 1/3 di grammo in 10 settimane si sviluppa una pianta alta più di 2 metri che nei successivi due mesi produce da 500 a 1000 semi analoghi a quello di partenza.

Pianta coltivata e pianta "infestante" competono per acquisire i fattori di crescita in una situazione in cui normalmente il rapporto numerico fra mais ed infestanti è fortemente sbilanciato a favore di queste ultime. Nei terreni della Pianura Padana risulta (Zanin *et al.*, 1992) che lo stock di semi è in media di circa 10400 semi/m² appartenenti da un minimo di 4 fino ad un massimo di 25 specie diverse. Considerata la percentuale di germinazione delle erbe dei differenti gruppi ecofisiologici si ricava che in Italia Settentrionale il mais, seminato ad una densità di 7 piante m⁻², si troverebbe a competere, in assenza di disturbi alla flora avventizia, con circa 205 infestanti m⁻² in un rapporto quindi di 1:29 circa.

Tabella 2. Rapporto numerico stimato coltura : infestanti in Pianura Padana.

Inerbimento medio potenziale: 205 piante m ⁻²	
Densità di semina (piante m ⁻²)	Rapporto coltura : infestanti
Mais: 7	1 : 29,3
Soia: 40	1 : 5,125

E' opinione condivisa che la gestione della flora infestante sia quindi necessaria per cercare di minimizzare le interferenze negative che le infestanti possono avere sul mais (e.g. riduzione di resa, ridotta qualità della granella, difficoltà alla raccolta), anche senza prendere in considerazione gli eventuali effetti della disseminazione sulla gestione delle colture successive.

Generalmente si ritiene che la riduzione di resa del mais, dovuta ad interferenza delle infestanti, possa iniziare in un periodo compreso fra le 3 e le 7 settimane dopo la semina, secondo la specie infestante, l'ambiente, la densità di infestazione e numerosi altri fattori. Tuttavia, nonostante gli studi condotti per definire importanti parametri da considerare per elaborare strategie di diserbo (e.g. Periodo Critico, Durata della Competizione Tollerata, Periodo Richiesto di Assenza delle Malerbe, Soglia Economica di Intervento) ad oggi non vi è ancora pieno accordo fra gli studiosi su quando, per quanto tempo ed in quale misura le infestanti vadano controllate in condizioni pratiche.

L'esperienza sembra suggerire che le infestanti debbano essere controllate, e nuove germinazioni impedito, fino a quando il mais non abbia raggiunto le 10-12 foglie sviluppate. Dopodiché si ritiene che nuove emergenze non siano in grado di causare significative riduzioni di rendimento. Fra gli strumenti a disposizione dell'agricoltore per la gestione della flora indesiderata quello chimico è il preferito poiché offre il migliore rapporto costo/beneficio relativamente ai seguenti parametri: costo, efficacia, selettività per la coltura, velocità di applicazione, semplicità di utilizzo e flessibilità relativamente all'epoca di applicazione

Alcuni autori ritengono (Berti *et al.*, 1996) che programmi completi di gestione delle infestanti comprendenti 2 trattamenti chimici (in pre ed in post-emergenza) integrati da una lavorazione (in post tardiva) offrano il maggiore ritorno sull'investimento (oltre che il maggiore livello di controllo delle infestanti), soprattutto in caso di elevate densità di infestazione.

Fattori che hanno influenzato l'evoluzione della tecnica del diserbo del mais

L'uso dei diserbanti chimici (come pure quello di altri mezzi di produzione quali i fertilizzanti o le sementi geneticamente modificate) si evolve nel tempo in seguito ad una continua rivalutazione del rapporto costo/beneficio che il loro impiego comporta.

Gli elementi che assumono rilevante importanza in questa analisi possono essere raggruppati in 3 grandi aree:

- Area tecnica in senso più ristretto. Si potrebbe definire come l'area in cui si considerano le infestanti, la coltura ed i principi attivi disponibili o allo studio per la gestione delle infestanti nella coltura. Fattori quindi quali la flora bersaglio, la sua evoluzione, l'efficacia specifica delle soluzioni a disposizione, la loro selettività per la coltura, la durata di efficacia, la flessibilità di epoca di applicazione, il tipo di formulazione e così via.
- Area economica - sociale. Non si può dimenticare che evoluzioni della società possono influenzare anche significativamente il modo di gestione del territorio, e quindi anche della flora infestante. In questa area possiamo considerare, ad esempio, il reddito atteso dalla coltura e la conseguente propensione alla spesa da parte dell'imprenditore agricolo, le dimensioni aziendali e la gestione della risorsa tempo per eseguire le varie operazioni colturali o anche le modalità di conduzione dell'azienda. A questo riguardo basti pensare all'esplosione del fenomeno del contoterzismo ed a quello che comporta in termini di approccio al diserbo.
- Area politica. In un certo senso potremmo dire che l'accettazione sociale di alcune pratiche agronomiche è un fattore chiave nel determinarne l'evoluzione. Dall'accettazione sociale deriva in buona parte il quadro normativo di riferimento. Negli ultimi anni ciò ha portato a valutare in modo diverso che in passato aspetti quali il destino ambientale dei principi attivi, la loro efficacia su organismi non bersaglio, i residui nei prodotti finali o il rischio tossicologico per l'uomo ed i mammiferi. L'Unione Europea ha varato, all'inizio degli anni '90, un programma di rivalutazione di tutti i principi attivi impiegati in agricoltura con l'obiettivo di creare una "lista" (Annex I) di principi attivi impiegabili nei paesi membri dell'Unione, rivalutati secondo standards omogenei. Questo ambizioso programma di lavoro, articolato su 3 gruppi di principi attivi da esaminare in tempi successivi, sta iniziando negli ultimi mesi a dare i primi risultati. Varie altre regolamentazioni di origine europea (ad esempio le incentivazioni economiche alla coltivazione di alcune colture quali la soia, il set-aside, la 2078) hanno influenzato in modo rilevante le tecniche di gestione della flora infestante e la sua evoluzione. Uno degli esempi più clamorosi dell'impatto di nuove normative sulla gestione della flora infestante è stato la cancellazione dalla farmacopea italiana per il diserbo del mais di atrazine e simazine, in seguito al recepimento di una direttiva comunitaria (80/778) sulla qualità delle acque destinate al consumo umano.

L'evoluzione del diserbo del mais

Nell'iniziare le pagine dedicate al diserbo del mais Rapparini scriveva: "Di facile soluzione fino a pochi anni or sono il diserbo del mais ha conosciuto negli ultimi tempi una serie di problematiche

nuove...” (Rapparini, 1980). Da una pubblicazione di quel decennio (Bassi *et al.*, 1987) si ricava che per il diserbo del mais erano disponibili in Italia 23 principi attivi, in 34 formulati diversi, e che il numero medio di applicazioni/anno era pari ad 1,2. In questa fase la tecnologia di gestione delle infestanti è incentrata su applicazioni in pre-semina/pre-emergenza (per la post-emergenza sono disponibili solo pochi p.a. "ormonici") secondo l'impostazione riportata in tabella 3. Le problematiche tecniche emergenti negli anni 80 sono dovute per lo più alla pressione selettiva del diserbante da mais per antonomasia, l'atrazina, che offre agli agricoltori ampio spettro di infestanti controllate, ottima selettività per la coltura, lunga durata di efficacia e flessibilità di epoca di applicazione. A fronte di tutti questi benefici è esplicitato un solo aspetto negativo (un certo rischio di danno a colture in successione). Viene inoltre rilevato un fattore di forte pressione di selezione conseguente alla semplificazione della gestione aziendale, spesso orientata alla monosuccessione.

Le problematiche del diserbo legate all'impiego massiccio di atrazine sono:

- Aumento della frequenza di infestanti graminacee più o meno tolleranti l'atrazina (*Echinochloa* spp., *Setaria* spp., *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop., *Panicum dichotomiflorum* Michx., *Sorghum halepense* (L.) Pers.) con particolare preoccupazione destata da infestanti "nuove" quali *P. dichotomiflorum* e *S. halepense*.
- Comparsa ed aumento della diffusione di dicotiledoni triazino-resistenti quali *Amaranthus* spp., *Solanum nigrum* L. e *Chenopodium album* L. .
- Aumento della diffusione di dicotiledoni vivaci quali *Convolvulus arvensis* L. e *Calystegia sepium* (L.) R. Br. .

A tali problematiche la tecnica ha offerto una serie di soluzioni man mano più complesse.

Relativamente alle soluzioni di pre-emergenza, è andato diffondendosi negli anni '80 l'uso di formulati erbicidi, o di miscele estemporanee, contenenti principi attivi graminicidi e dicotiledonicidi a 2 vie. Ciò ha permesso di contenere in modo del tutto soddisfacente infestanti graminacee annuali quali *Echinochloa* spp., *Setaria* spp. o *D. sanguinalis*, al punto che in alcune parti della Valle Padana esse oggi non sono più un problema percepito dall'agricoltore come preoccupante.

S. halepense da rizoma fu affrontato dapprima con principi attivi applicati in pre, quali l'EPTC. Tali soluzioni tuttavia non soddisfacevano completamente gli utilizzatori sia a causa della loro parziale efficacia che per la macchinosità dell'applicazione (interramento obbligatorio a causa della volatilità dell'erbicida). Una opzione addizionale è stata identificata, nella seconda metà degli anni 80, con la coltivazione della soia. In questa coltura è infatti possibile controllare selettivamente *S. halepense* anche da rizoma mediante l'utilizzo di potenti graminicidi specifici applicati in post-emergenza.

Nel frattempo venivano identificati e sviluppati alcuni principi attivi, del gruppo delle solfoniluree, grazie ai quali è stato possibile per la prima volta controllare in modo consistente, con applicazioni in post-emergenza del mais, la sorghetta da rizoma (ed altre infestanti graminacee).

Tabella 3. Linee guida per il controllo delle infestanti del mais; Italia 1980

Terreni a normale contenuto di sostanza organica senza infestanti triazino-resistenti			
Epoca di applicazione	Principi Attivi di base	Partner	Note
Pre-semina/pre-emergenza	atrazine atrazine + partner	simazine	
Post-emergenza	atrazine + partner	ormonici (2,4-D; MCPA)	in caso di convolvolo e perenni non graminacee
Terreni a normale contenuto di sostanza organica con infestanti triazino tolleranti-resistenti			
Epoca di applicazione	Principi Attivi di base	Partner	Note
Pre-emergenza	atrazine + partner	linuron, methabenzthiazuron	
Pre o post-emergenza precoce	atrazine + partner	cyanazine	
Terreni a normale contenuto di sostanza organica in presenza di Sorghum halepense da seme			
Epoca di applicazione	Principi Attivi di base	Partner	Note
Pre-semina/pre-emergenza	atrazine + partner	pendimethalin, alachlor, metolachlor butylate	p.a. volatile, necessario interrimento
Terreni a normale contenuto di sostanza organica in presenza di Sorghum halepense da rizoma			
Epoca di applicazione	Principi Attivi di base	Partner	Note
Pre-semina/pre-emergenza	EPTC + antidoto + atrazine		p.a. volatile, necessario interrimento
Terreni torbosi			
Epoca di applicazione	Principi Attivi di base	Partner	Note
Post-emergenza	atrazine + olio +/- partner paraquat	2,4-D o MCPA	p.a. non selettivo, applicazione sottochioma schermato

L'introduzione commerciale delle prime solfoniluree "sorghicide" risale al 1993 e da allora anche il controllo di questa infestante non rappresenta più motivo di preoccupazione per l'agricoltore.

La veloce diffusione, all'inizio degli anni '80, di popolazioni di *Amaranthus retroflexus* L., *C. album* e *S. nigrum* resistenti alle triazine e la contemporanea diffusione di vivaci quali *C. arvensis* e *C. sepium* ha fatto sì che buona parte della ricerca di nuovi principi attivi sia stata in quel decennio volta allo sviluppo di soluzioni dicotiledoniche, in particolare di post-emergenza. Ciò ha portato ad avere oggi a disposizione numerosi principi attivi per il controllo di tali infestanti, come si può leggere nella tabella 5.

Per quanto riguarda le dicotiledoni triazino-resistenti si può quindi affermare che il loro controllo non presenta oggi, da un punto di vista tecnico, difficoltà particolari.

Ad ulteriore commento di quanto detto finora desideriamo far rilevare due importanti effetti collaterali dell'introduzione di nuove soluzioni di diserbo: 1) la repentina obsolescenza tecnica di alcune delle soluzioni adottate precedentemente ha portato alla sparizione o ad una significativa riduzione dell'uso di alcuni degli erbicidi impiegati fino ad allora e 2) la possibilità di adottare nuove modalità di coltivazione quali, ad esempio, la semina su terreno non lavorato, dove la gestione delle infestanti è imperniata su applicazioni di erbicidi non selettivi in pre seguite da trattamenti in post-emergenza con miscele di principi attivi in grado di controllare tanto infestanti graminacee che dicotiledoni.

Tuttavia nel frattempo l'evoluzione della flora è proseguita, in risposta alla variazione delle condizioni pratiche della sua gestione (Tab. 4).

Uno dei fenomeni che ha avuto rilevante impatto sulla gestione della flora infestante è stato il bando di atrazine e simazine alla fine degli anni 80 e la contemporanea pressione contro l'uso dei fitofarmaci in generale (Referendum del 1990). Ciò ha portato ad un profondo riesame dell'approccio al controllo delle infestanti. Atrazine e simazine sono state sostituite da altri principi attivi, anche dotati di efficacia residuale, ma applicati a dosi relativamente basse che sono andate inoltre ulteriormente riducendosi negli anni (e.g. terbuthylazine). Una delle conseguenze è che sia lo spettro di infestanti controllate che la durata di efficacia non sono in genere confrontabili con quelle delle soluzioni "antiche" (senza tuttavia dimenticare che le nuove soluzioni sono meno efficaci anche perchè la composizione delle comunità di malerbe è cambiata).

Probabilmente questo è all'origine della aumentata diffusione di infestanti già presenti in precedenza sul territorio, ma che non avevano mai rappresentato un problema (e.g. *Bidens* spp., *Acalypha virginia* L., *Galinsoga parviflora* Cav.) essendo in qualche modo tenute sotto il "tallone di ferro" dell'atrazina e degli erbicidi residuali (Sartorato e Zanin, 1999).

Tabella 4. Eventi che hanno influenzato l'evoluzione della flora infestante (da Zanin, 2000; modificato)

Anno	Evento	Risposta evolutiva della flora	Infestanti chiave
1964 ↓↓ ↓↓ ↓↓	Introduzione atrazine Monosuccessione	Riduzione ricchezza specifica Aumento frequenza panicoidee Diffusione <i>Sorghum halepense</i> Diffusione dicotiledoni vivaci	Graminacee annuali Dicotiledoni triazino-resistenti <i>Sorghum halepense</i>
1980 ↓↓ ↓↓	Aumento uso graminicidi residuali Introduzione soia Restrizione e bando atrazine	Inizio diffusione ruderali	Dicotiledoni triazino-resistenti <i>Sorghum halepense</i> <i>Abutilon theophrasti</i>
1990 ↓↓ ↓↓ ↓↓ ↓↓ ↓↓	Introduzione set-aside Diffusione minima lavorazione Introduzione solfoniluree Riduzione dose residuali Introduzione isoxaflutole Diffusione semina anticipata	Aumento diffusione ruderali ed esotiche Aumento infestanti non ben controllate da post-emergenza	<i>Abutilon theophrasti</i> <i>Xanthium strumarium</i> <i>Chenopodium album</i> <i>Polygonum spp.</i>
2000 ↓↓ ↓↓ ↓↓	Introduzione GMO?	Aumento poligonacee	Dicotiledoni: Esotiche? Annuali di difficile controllo? Specie tardive?

Tabella 5. Principali principi attivi disponibili per il diserbo selettivo del mais (Italia, 2000).

Residuali a prevalente efficacia graminicida	alaclor, dimetenamide, flufenacet, metolaclor
Residuali a prevalente efficacia dicotiledonicida	aclonifen, isoxaflutole, linuron, metobromuron, terbutylazine
Residuali ad efficacia mista	pendimethalin
Fogliari a prevalente efficacia graminicida	nicosulfuron, rimsulfuron
Fogliari a prevalente efficacia dicotiledonicida	bentazone, bromoxynil, dicamba, clopyralid, fluroxypyr, MCPA, primisulfuron-methyl, prosulfuron, pyridate, sulcotrione, terbutylazine (dosi ridotte), thifensulfuron-methyl, 2,4-D

Contemporaneamente la introduzione del set-aside e la diffusione di tecniche di ridotta lavorazione del terreno ha fatto sì che alcune specie, in prevalenza dicotiledoni, abbiano aumentato la loro diffusione. A tutto ciò va aggiunto il fenomeno della diffusione di specie esotiche che hanno assunto una importanza via via crescente nelle comunità di malerbe del mais della pianura padana.

Specie quali *Abutilon theophrasti* Medicus, *Datura stramonium* L., *Xanthium strumarium* L. e *Sycios angulatus* sono diventate infestanti di grande importanza, anche se con diversa intensità territoriale.

Per affrontare tali nuove sfide nel corso degli anni la ricerca e la assistenza tecnica hanno condotto un significativo sforzo, sia di razionalizzazione dell'utilizzo di prodotti già registrati, sia di sviluppo di nuovi principi attivi e formulati. Per esempio per il controllo di *A. theophrasti* sono stati nel corso degli anni sviluppati e registrati almeno 4 principi attivi, e sono state introdotte nell' uso numerose miscele, sia preformulate che in raccomandazioni di miscele estemporanee.

Un ulteriore elemento di variazione è rappresentato, da un paio di anni a questa parte, dalla diffusione della semina anticipata. Significative superfici a mais vengono ormai seminate con anticipo, rispetto alle date tradizionali, di 20-30 giorni, (fino ad arrivare, in aree del bresciano, a semine nell'ultima decade di febbraio)

L'adozione di tale metodologia trova giustificazione nei seguenti vantaggi ipotizzati: aumento delle rese; minore stress idrico per la pianta di mais nel periodo critico della fioritura; maggiore possibilità di ridurre l'incidenza di attacchi (2^a generazione) di piralide; umidità alla raccolta tendenzialmente minore. La semina anticipata può però portare ad una ulteriore evoluzione della flora del mais. In appezzamenti seminati precocemente si è già potuto osservare la comparsa di specie di infestanti che comunemente sono presenti in altre colture (grano, bietola) quali *Polygonum aviculare*, *Fallopia convolvulus* (L.) Holub, *Veronica* spp., *Matricaria chamomilla* L., *Stellaria media* (L.) Vill., (Rapparini, 2000) ed anche, in qualche caso, di *Papaver rhoeas* L. ed *Alopecurus myosuroides* Hudson. Inoltre il mais impiega un periodo assai più lungo del "normale" per raggiungere lo stadio nel quale si possa applicare il diserbo di post-emergenza, mentre le infestanti, spesso caratterizzate da minore esigenze termiche, possono competere inizialmente con maggiore successo.

Le attuali possibilità di ottimizzazione del diserbo del mais

Oggi sono disponibili in Italia per il diserbo del mais 34 principi attivi, in 138 formulati diversi, ovvero 11 principi attivi e 104 formulati in più che nel 1987. Considerando inoltre che per motivi

diversi buona parte dei p.a. utilizzati 20 anni fa non sono più impiegati, si può affermare che si è assistito ad un cambiamento quasi rivoluzionario.

Anche se molte delle specie infestanti che si trovano nel mais sono in realtà presenti da anni (Zanin *et al.*, 1988, 1991), per effetto combinato dei fattori e degli eventi precedentemente riportati la composizione floristica di diversi areali può presentare significative differenze, rendendo più difficile, se non impossibile, una raccomandazione tecnica unica per tutta la superficie maidicola. In tale situazione possono venire ad essere privilegiati, nella scelta degli agricoltori, principi attivi residuali dotati di maggiore durata di azione e/o approcci che prevedano una sequenza di applicazioni (tipicamente pre + post). L'approccio alla gestione delle infestanti (Tab. 7) prevede infatti, sulla larga maggioranza della superficie maidicola italiana, e con la sola eccezione dei terreni torbosi o ad elevatissimo contenuto di argilla, una applicazione di pre-emergenza. A differenza che in passato il "prodotto di base" tende ad essere un formulato o una miscela estemporanea contenente 2 o più principi attivi che permette di controllare la maggior parte delle graminacee annuali ed uno spettro di dicotiledoni abbastanza ampio. Il trattamento di pre-emergenza, integrato da una successiva lavorazione del terreno esaurisce, in alcuni casi, la gestione delle infestanti.

Tabella 6. Graminacee infestanti del mais: importanza nel 1992 ed evoluzione negli anni successivi (da Otto *et al.* 1994, modificato).

Specie	"Classifica" 1992	Tendenza	Specie	"Classifica" 1992	Tendenza
<i>Sorghum halepense</i>	1	Diminuzione	<i>Alopecurus myosuroides</i>	23	Aumento
<i>Echinochloa crus-galli</i>	4	Lieve diminuzione	<i>Panicum dichotomiflorum</i>	25	Stabile
<i>Digitaria sanguinalis</i>	15	Stabile	<i>Agropyron repens</i>	31	Stabile
<i>Setaria</i> spp.	18	Lieve diminuzione	<i>Avena</i> spp.	33	Stabile
<i>Lolium</i> spp.	21	Stabile	Riso Crodo	Non rilevato	Aumento

Tabella 7. Programmi di diserbo del mais; Italia 2000

Tecnica di impianto	Tipo di infestazione	Epoca di applicazione	Principi attivi
Semina su terreno lavorato, terreni a normale contenuto di sostanza organica	Moderata: mista graminacee e dicotiledoni annuali	Pre-emergenza seguita da lavorazione	Miscela di residuali ad efficacia graminicida e dicotiledonicida
		Post-emergenza precoce (mais 1-3 foglie) seguita da lavorazione	Miscela di residuali e fogliari ad efficacia graminicida e dicotiledonicida
	Elevata: mista graminacee e dicotiledoni annuali con presenza di ruderali e perennanti (<i>Abutilon, Convolvulus, Sorghum, Xanthium</i>)	Pre-emergenza seguita da post-emergenza seguita da lavorazione	Miscela di residuali ad efficacia graminicida e dicotiledonicida Fogliare specifico a seconda delle infestanti presenti
	Modesta: mista graminacee e dicotiledoni annuali anche con presenza di ruderali e perennanti (<i>Abutilon, Convolvulus, Sorghum, Xanthium</i>)	Post-emergenza medio precoce (mais 4-6 foglie) seguita da lavorazione	Fogliari a seconda delle infestanti presenti
Semina diretta, terreni a normale contenuto di sostanza organica	Modesta o moderata, mista graminacee e dicotiledoni annuali anche con presenza di ruderali e perennanti (<i>Abutilon, Convolvulus, Sorghum, Xanthium</i>)	Pre-semina seguita da post-emergenza seguita da lavorazione	Erbicidi totali Miscela di fogliari ad efficacia graminicida e dicotiledonicida
Terreni ad elevato contenuto di sostanza organica	Mista graminacee e dicotiledoni annuali anche con presenza di ruderali e perennanti (<i>Abutilon, Convolvulus, Sorghum, Xanthium</i>)	Post-emergenza precoce (mais 2-4 foglie) seguita da Post-emergenza (mais 6-8 foglie)	Miscela di fogliari e residuali ad efficacia graminicida e dicotiledonicida Fogliari a seconda delle infestanti presenti

Sequenze di trattamenti pre + post-emergenza sono in genere indicate in situazioni di pesanti infestazioni miste comprendenti sia specie annuali che perenni e/o ruderali (*S. halepense* da rizoma, *C. arvensis*, *C. sepium*, *A. theophrasti*, *X. strumarium*). In tali situazioni la pre-emergenza, oltre a controllare una quota delle infestanti, acquista un valore addizionale consentendo di intervenire in post-emergenza in epoca ottimale o comunque permettendo una maggiore flessibilità di epoca di applicazione. La post-emergenza riveste anche il ruolo di ultima risorsa nel caso che il diserbo di pre non abbia funzionato a sufficienza. In tale caso l'approccio usuale prevede la miscela di diversi p.a., in miscele solitamente, ma non necessariamente, tarate sulle infestanti predominanti. Va tuttavia rilevato che in situazioni di caratterizzate da forte presenza di contoterzisti spesso si ricorre a miscela a 3 o anche a 4 vie, al fine di ottenere uno spettro di infestanti controllate il più ampio possibile con la massima flessibilità di epoca di applicazione, in modo da poter minimizzare i tempi necessari alla pianificazione ed esecuzione dei trattamenti.

Una pratica che non gode di particolare favore in Italia, anche se ampiamente adottata in vari paesi dell'Unione Europea, è la post-emergenza precoce (mais 1-3 foglie) con prodotti residuali. In tale pratica si prevede l'applicazione, su infestanti nei primi stadi di sviluppo, di dosi ridotte di miscele a 3 o 4 vie. La miscela di base include un dicotiledonicida dotato anche di efficacia residuale (terbuthylazine), un graminicida residuale (metolachlor, flufenacet, dimethenamid) ed un dicotiledonicida "di contatto" (sulcotrione, pyridate, bentazone). Nel caso di trattamenti effettuati in relativo ritardo, qualora le infestanti graminacee annuali abbiano oltrepassato lo stadio di 2 foglie, a tali miscele viene aggiunto un graminicida di post-emergenza (rimsulfuron, nicosulfuron), anch'esso a dosi ridotte.

Il limite maggiore di tale approccio, che offre risultati eccellenti e possibilità di contenere i costi qualora si intervenga tempestivamente, risiede nella necessità di adattare in tempo reale la miscela erbicida e le dosi dei vari principi attivi quando non si riesce ad effettuare l'applicazione nella ristretta finestra ottimale. Inoltre l'efficacia dei principi attivi residuali è comunque condizionata dalle condizioni ambientali (in particolare umidità del terreno) nei giorni successivi l'applicazione. Può quindi rendersi talvolta necessario effettuare un secondo trattamento di post con dosi piene di miscele di graminicidi e dicotiledonicidi.

Linee tecniche che prevedono solo applicazioni in post-emergenza sono utilizzate principalmente in situazioni ove i principi attivi residuali, alle dosi oggi impiegate, risultano scarsamente efficaci (per esempio terreni torbosi).

In tali situazioni si è andato diffondendo il frazionamento del trattamento di post-emergenza con una prima applicazione assai precoce (mais a 2-4 foglie) fatta utilizzando principi attivi dotati di una certa attività residuale (sulcotrione, terbuthylazine, pendimethalin) seguita da un secondo trattamento eseguito con principi attivi ad azione fogliare quando la coltura ha raggiunto lo stadio di

6-8 foglie. Il primo trattamento serve a ridurre la competizione delle infestanti in fase iniziale; con il secondo si è in grado di controllare le infestanti emerse successivamente o sfuggite al primo intervento.

Per concludere questa breve disamina abbiamo provato a valutare quali potranno essere le specie che nel medio periodo, ipotizzando uno scenario nel quale la coltivazione del mais e le tecniche di diserbo non subiscano variazioni sostanziali, potrebbero richiedere maggiore attenzione.

La frequenza delle infestanti graminacee nel mais è stata classificata, qualche anno fa, come riportato in tabella 6. Le uniche specie che sembrano aver aumentato la loro diffusione da allora sono *A. myosuroides*, per effetto delle semine anticipate in zone con importante presenza di bietola nella rotazione, e *Oryza sativa* L. var. *sylvatica* (riso crodo) in areali risicoli dove la rotazione di riso con mais e soia è uno dei mezzi per abbassarne la densità di infestazione.

La tecnologia oggi disponibile consente in genere un buon controllo di tutte queste specie mediante l'utilizzo sia di principi attivi residuali che fogliari. I graminicidi impiegati appartengono a famiglie con diverse modalità di azione, hanno buona sovrapposizione di spettro e principi attivi alternativi (con diversa modalità di azione) sono disponibili anche per le maggiori colture in rotazione.

Più complessa sembra essere la situazione per le dicotiledoni, percepite negli ultimi anni come le infestanti in aumento e spesso di difficile contenimento. Sempre utilizzando l'indagine del 1992 come punto di partenza possiamo osservare (Tab. 8) come diverse specie sembrino in espansione rispetto a 8 anni fa. A commento di quanto descritto in tabella si può rilevare quanto segue.

Una specie già molto frequente (*C. album*, al terzo posto nel 1992) sembra aver aumentato ancora la sua diffusione e problematicità. La motivazione va forse ricercata nella relativa difficoltà di controllo non solo nel mais ma anche in colture in rotazione (soia). In diverse situazioni infatti più che di controllo per questa specie si può parlare di "riduzione della biomassa". In molti appezzamenti rimangono così sufficienti individui capaci di produrre cospicue quantità di seme che rimpinguano lo stock presente nel terreno.

A. theophrasti è ormai una presenza stabile e preoccupante nella Pianura Padana, ed ancora in espansione. Nonostante l'introduzione di nuovi principi attivi ad elevata efficacia specifica si ritiene, valutando anche le esperienze di altri paesi (USA), che tale infestante continuerà ad essere uno dei problemi principali da affrontare nel diserbo del mais.

Tabella 8. Dicotiledoni infestanti del mais: importanza nel 1992 ed evoluzione negli anni successivi (da Otto *et al.* 1994, modificato).

Specie	"classifica" 1992	Tendenza	Specie	"classifica" 1992	Tendenza
<i>Amaranthus retroflexus</i>	2	Stabile	<i>Helianthus tuberosus</i>	22	Lieve aumento
<i>Chenopodium album</i>	3	Aumento	<i>Portulaca oleracea</i>	24	Stabile
<i>Abutilon theophrasti</i>	5	Aumento	<i>Anthemis arvensis</i>	26	Stabile
<i>Polygonum persicaria</i>	6	Lieve diminuzione	<i>Sinapis arvensis</i>	27	Aumento
<i>Convolvulus arvensis</i>	7	Stabile	<i>Matricaria spp.</i>	28	Stabile
<i>Solanum nigrum</i>	8	Stabile	<i>Raphanus raphanistrum</i>	29	Stabile
<i>Fallopia convolvulus</i>	9	Aumento	<i>Equisetum spp.</i>	30	Stabile
<i>Datura stramonium</i>	10	Aumento	<i>Mercurialis annua</i>	32	Stabile
<i>Xanthium strumarium</i>	11	Aumento	<i>Papaver rhoeas</i>	34	Lieve aumento
<i>Bidens spp.</i>	12	Aumento	<i>Ranunculus arvensis</i>	35	Stabile
<i>Cirsium arvense</i>	13	Stabile	<i>Euphorbia spp.</i>	36	Stabile
<i>Chenopodium polyspermum</i>	14	Stabile	<i>Sycios angulatus</i>	37	Aumento
<i>Polygonum lapathyfolium</i>	16	Stabile	<i>Atriplex Patula</i>	38	Stabile
<i>Calystegia sepium</i>	17	Stabile	<i>Acalypha virginica</i>	41	Aumento
<i>Polygonum aviculare</i>	19	Aumento	<i>Galinsoga spp.</i>	Non rilevato	Aumento
<i>Rumex crispus</i>	20	Stabile	<i>Ambrosia spp.</i>	Non rilevato	Aumento

Il gruppo delle poligonacee, in particolare *P. aviculare* (avvantaggiato dalla pratica della semina anticipata) e *F. convolvulus* (caratterizzata da una certa scolarità di germinazione) appare in forte crescita. Va rilevato come queste due specie siano spesso una lacuna nello spettro di efficacia di molti principi attivi nuovi o di futura introduzione.

X. strumarium appare in lento ma costante incremento, forse anche perché non sono a disposizione dell'agricoltore erbicidi residuali sufficientemente efficaci, ed il suo controllo è di conseguenza demandato ai soli fogliari.

Bidens spp., *D. stramonium* e *S. angulatus* hanno assunto importanza crescente. Ciò è probabilmente dovuto alla riduzione dell'uso di triazine (dose applicata) ed alla conseguente riduzione della durata di attività delle soluzioni di pre-emergenza. Inoltre *Bidens* spp. è di difficile controllo nella soia, mentre *Sycios* non è ben controllato in post, qualora i trattamenti non siano effettuati tempestivamente.

L'anticipo della semina fa sì che compaiano con più frequenza nel mais specie infestanti tipiche della barbabietola da zucchero o del frumento. Molte di queste tuttavia (e.g. *Cruciferae*, *P. rhoeas*, *S. media*, *Veronica* spp.) sono ben gestibili con le soluzioni oggi comunemente adottate e non destano quindi preoccupazioni per il futuro.

Infine alcune specie che nel 1992 comparivano con frequenza modesta, o addirittura non risultavano censite (*A. virginica*, *Ambrosia* spp., *Galinsoga* spp.), vanno diffondendosi rapidamente anche se per il momento in aree ristrette.

Bibliografia

- AA.VV. (1995) Le tecniche di coltivazione delle principali colture agroindustriali. Agronomica, Ravenna, 384 pp.
- BASSI A, CATIZONE P, ZANIN G. (1988) Evoluzione del diserbo chimico in agricoltura. *La difesa delle piante* 11 (2), 95-122
- BERTI A, DUNAN C, SATTIN M, ZANIN G, WESTRAP. (1996) A new approach to determine when to control weeds. *Weed Science* 44, 496-503
- OTTO S, ZANIN G, RAPPARINI G, MUNDULA S. (1994) La flora infestante estiva del mais in pianura padana. *L'Informatore Agrario* 42, 71-76
- RAPPARINI G. (1980) *Il diserbo delle colture*. L'Informatore Agrario, Verona, 194 pp.
- RAPPARINI G. (2000) Il diserbo di mais e sorgo. *L'Informatore Agrario* 8, 61-78
- SARTORATO I, ZANIN G. (1999) Il diserbo della soia transgenica: rivoluzione o evoluzione? *Informatore Fitopatologico* 7-8, 40-49

- ZANIN G. (2000) Caratteristiche ed evoluzione della flora infestante del mais. *L'Informatore Agrario* **23**, 79-82
- ZANIN G, MOSCA G, CATIZONE P. (1988) La vegetazione infestante del mais nella pianura padano-veneta. Risultati di una indagine. Nota I: Aspetti qualitativi. *L'Informatore Agrario* **9**, 195-205
- ZANIN G, MOSCA G, CATIZONE P. (1991) La vegetazione infestante del mais (*Zea mays* L.) nella pianura padano-veneta. Nota II: Aspetti fitosociologici e organizzazione strutturale. *Rivista di Agronomia* **1**, 35-48
- ZANIN G, MOSCA G, CATIZONE P. (1992) A profile of the potential flora in maize fields of the Po valley. *Weed Research* **32**, 407-418

L'ottimizzazione del diserbo nel riso

A. FERRERO ¹ e M. TABACCHI ²

¹ Dipartimento di Agronomia, Selvicoltura e Gestione del Territorio - Università di Torino

² Centro Ricerche sul Riso - Ente Nazionale Risi, Castello d'Agogna (PV)

Riassunto

La coltivazione del riso in Italia è presente attualmente su una superficie di circa 220.000 ettari ed è caratterizzata da un progressivo aumento delle varietà di tipo *indica* e a taglia bassa. Su questa coltura la gestione della vegetazione infestante è sicuramente la pratica agronomica più complessa e con la maggiore influenza sugli esiti produttivi.

In questo lavoro, dopo aver brevemente descritto lo stato attuale delle principali pratiche colturali viene tracciato un quadro delle più comuni situazioni floristiche presenti nelle risaie italiane. Vengono in particolare segnalate le problematiche relative al riso crodo, ai giavoni e alle eterantere, alla comparsa di popolazioni di malerbe resistenti agli erbicidi inibitori della ALS e all'introduzione in risaia di nuove specie infestanti. Vengono trattati, inoltre, differenti aspetti relativi agli erbicidi, riguardanti in particolare il loro impiego e i loro effetti igienico-ambientali. Si sottolinea anche la tendenza negli ultimi anni ad un crescente ricorso a trattamenti anticipati e a un diffuso impiego di diserbanti a dosi unitarie molto basse e con meno pericolosi profili ecotossicologici. Si propongono, infine, in base alle esperienze acquisite, alcuni programmi di lotta integrata alle infestanti, in funzione delle principali situazioni malerbologiche presenti nelle risaie italiane, con particolare riferimento alla presenza del riso crodo ed alla coltivazione del riso con semina interrata.

Parole chiave: ottimizzazione diserbo, riso, erbicidi.

Summary

Optimisation of weed control in rice

Rice is cultivated in Italy on about 220,000 hectares, and is characterised by a remarkable increase of the *indica* type and semidwarf cultivars. In this crop weed control is certainly the agronomic practice with the most important influence on rice yield. The Authors, after having described main agronomic operations carried out on rice, report main floristic scenarios present in Italian rice fields. Particularly, they focus

the discussion on major noxious weeds (red rice, *Echinochloa* spp. and *Heteranthera* spp.), on ALS-inhibitor resistance appearance in some weed populations and on new weed species introduction. They also examine aspects referred to herbicides, concerning, in particular, their features, their practical use, their impact on environment and health. The Authors underline the trend towards early-stage treatments and growing application of low rate herbicides with less dangerous eco-toxicological behaviour. In the last part of the study there is a presentation of the integrated weed control programmes applicable without red rice infestations, with high red rice presence and in conditions of rice seeding in dry soil.

Key words: optimisation of weed control, rice, herbicides.

Premessa

La superficie interessata alla coltivazione del riso in Italia ha subito, nel periodo compreso tra il 1990 ed il 2000, significative variazioni, toccando un minimo di 184.333 ha nel 1991 e raggiungendo un massimo storico di 239.259 ha nel 1995 (Fig. 1). Attualmente la superficie totale si è stabilizzata, da 3 anni, intorno a circa 220.000 ha e la coltivazione è quasi interamente localizzata nelle regioni di Nord-Ovest (Piemonte e Lombardia).

Circa l'85% dell'area coltivata viene seminata con l'ausilio di seminatrici centrifughe in condizioni di sommersione, mentre la restante superficie è caratterizzata dalla semina interrata a file su terreno asciutto seguita dalla sommersione a 3-4 foglie della coltura.

Considerando la ripartizione varietale è invece evidente un cospicuo aumento della coltivazione delle cultivar di riso a profilo *indica* rispetto alle tradizionali varietà di tipo *japonica*; le nuove varietà sono caratterizzate da una taglia ridotta, da una crescita generalmente più lenta e da una minore competitività nei confronti delle malerbe. Le varietà di tipo *indica* attualmente più coltivate sono Thaibonnet e Gladio, le quali hanno interessato nel 2000 rispettivamente, una superficie di 23.500 e 16.266 ha (Tab. 1). Quest'ultima varietà in particolare ha avuto una larga diffusione grazie alle notevoli capacità produttive dimostrate, nonostante un ciclo culturale piuttosto precoce, caratteristica sempre più ricercata sia dagli agricoltori sia dai breeders delle aziende sementiere. Naturalmente le scelte varietali operate dai risicoltori sono state largamente influenzate da problematiche economiche (andamento dei mercati, necessità di esportare riso di tipo lungo B all'estero, inserimento del riso nella PAC, ecc.), ma spesso anche da esigenze agronomiche legate, ad esempio, al controllo delle infestanti, determinando la diffusione o la scomparsa di alcune cultivar. Un esempio molto chiaro è quello della varietà Selenio che, poco utilizzata fino a qualche anno fa, a causa di alcune sfavorevoli caratteristiche merceologiche (riso tondo con granello

frequentemente macchiato), ha avuto una notevole diffusione in questi ultimi anni a seguito dell'uso della tecnica della falsa semina per il controllo del riso crudo (Tab. 1).

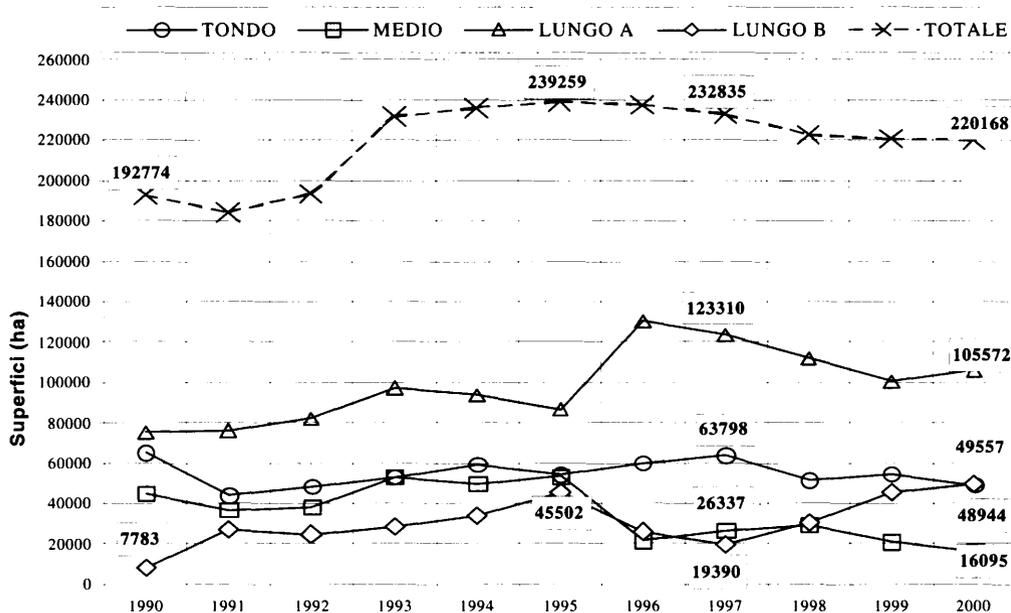


Figura 1. Evoluzione delle superfici coltivate a riso in Italia dal 1990 al 2000, ripartite per gruppi varietali (Elaborazione da dati Ente Nazionale Risi)

Tabella 1. Evoluzione delle superfici delle principali varietà di riso nel periodo 1996-2000 (Elaborazione da dati Ente Nazionale Risi)

VARIETÀ	1996 (ha)	1997 (ha)	1998 (ha)	1999 (ha)	2000 (ha)
SELENIO	10831	20497	19462	22729	26987
LOTO	44455	40692	39800	30918	27615
ARIETE	12086	13159	14472	11061	8404
ROMA	6375	5857	5550	7071	8019
BALDO	10714	12749	9199	11648	12788
ARBORIO	5924	7283	7396	6046	5773
VOLANO	15726	17649	10249	12803	16838
CARNAROLI	3125	3057	2679	3588	7059
THAIBONNET	24513	18663	27197	31180	23500
GLADIO	-	-	787	6623	16266
SATURNO	-	-	213	2674	4430
EOLO	-	-	259	1691	2173
VARIE LUNGO B	1381	727	1800	3374	3188
TOTALE	237551	232835	222705	220795	220168
Produttori (n.)	6367	6135	5759	5476	5206
SAU media (ha)	37,3	38,0	38,7	40,3	42,3

Evoluzione delle tecniche colturali

La crescente meccanizzazione e la progressiva introduzione dei diserbanti selettivi, registrati verso la fine degli anni 50, hanno portato ad una totale revisione delle tecniche colturali ed hanno avuto una indubbia influenza sulle caratteristiche del quadro floristico della risaia. L'abbandono del trapianto a favore della semina diretta nelle risaie sommerse, l'utilizzazione di diserbanti specifici in luogo della monda manuale, l'impiego di sementi riprodotte in altri Paesi hanno, ad esempio, favorito la diffusione di specie nuove come *Heteranthera* spp. o di piante, prima limitate nel loro sviluppo come il riso crodo.

Le pratiche colturali che, oggi, più sono in grado di influenzare l'evoluzione della vegetazione infestante della risaia sono la sistemazione e la preparazione del terreno, la gestione dell'acqua, la modalità di semina e di coltivazione, l'inserimento delle colture in rotazione, la scelta varietale, nonché le tecniche di controllo meccanico o chimico delle malerbe.

Sistemazione e preparazione del terreno

- **Livellamento delle camere**

L'accurato livellamento delle camere di risaia mediante dispositivi a controllo laser è l'intervento che più di altri ha permesso l'applicazione di strategie di gestione integrata delle infestanti del riso. La regolarità delle pendenze, all'interno dei bacini, consente di regolare il livello delle acque in modo da ottenere un limitato sviluppo delle malerbe ed assicurare un'emergenza uniforme delle stesse, rendendo più efficace l'azione dei diserbanti impiegati per la lotta. I livellamenti determinano, anche, la formazione di camere di maggiore superficie, con un minor numero di argini e di solchi colatori, permettendo di aumentare sensibilmente la superficie utilizzabile e di ridurre quella degli argini, da cui possono diffondersi molte malerbe.

- **Lavorazioni ridotte**

Si tratta di una tecnica la cui utilizzazione è per lo più finalizzata ad un miglioramento dei risultati della lotta al riso crodo con la tecnica della falsa semina. Numerosi studi hanno dimostrato che le lavorazioni ridotte permettono di mantenere i semi del riso crodo negli strati superficiali del profilo di terreno, favorendo l'emergenza contemporanea della malerba. Si creano in tal modo le condizioni ottimali per un intervento con erbicidi da impiegare prima della semina della coltura. Molta cautela va però posta nell'applicare tale tecnica di lavorazione con macchine dotate di organi lavoranti rotativi che determinano la moltiplicazione degli apparati vegetativi delle infestanti poliennali, favorendone la diffusione.

Nel corso degli anni il governo dell'acqua di sommersione ha subito profonde modificazioni, in relazione alle diverse caratteristiche di sviluppo delle nuove varietà che gradualmente sono state introdotte (differente vigore vegetativo nei primi stadi di sviluppo, taglie alte o basse della pianta, capacità di accestimento, ecc.) e alle specifiche esigenze legate alle tecniche di lotta impiegate. I programmi gestionali attualmente più seguiti prevedono il mantenimento di un livello alto dell'acqua di sommersione solamente dallo stadio di pieno accestimento in poi, con alcuni periodi di asciutta. Il ricorso all'asciutta ha lo scopo di favorire il radicamento delle piantine subito dopo la germinazione dei semi (7-15 giorni dopo la semina) e di arieggiare il terreno per evitare rischi di fermentazioni. L'adozione di questa pratica è frequentemente legata all'applicazione dei prodotti erbicidi e alla lotta contro le alghe. Gli erbicidi entrati in commercio negli ultimi anni sono prevalentemente caratterizzati da assorbimento fogliare e la loro applicazione richiede una elevata esposizione delle piante al getto irrorante. Il caso più evidente è quello del molinate, giavonicida applicato in condizioni di sommersione nei primi stadi di sviluppo delle infestanti, il cui impiego è radicalmente diminuito, in un primo tempo, a favore di propanile e, successivamente, di azimsulfuron e cyhalofop-butyl.

Rotazioni

L'interesse per le rotazioni in risaia è essenzialmente legato all'esigenza di applicare efficaci strategie di lotta al riso crodo. Nel caso di elevate infestazioni di riso crodo, la rotazione con colture non sommerse, come è stato dimostrato da molti studi, è la soluzione migliore per conseguire un forte e rapido abbattimento della banca semi della malerba. L'inserimento di soia e mais consente ad esempio, di avere, da un lato, una alta percentuale di emergenze dell'infestante e, dall'altro, di realizzare un elevato controllo della stessa, grazie ad un'ampia disponibilità di efficaci diserbanti gramincidi selettivi per queste colture. La validità di questa modalità di gestione della malerba ha reso più accettabili i vincoli stabiliti dai protocolli operativi del Regolamento 2078, tra cui quello dell'obbligo dell'inserimento della rotazione nei programmi colturali.

Modalità di semina

Nelle provincie di Pavia e Milano ed in generale nei terreni più sciolti, si è assistito a partire dagli anni 80 alla diffusione della tecnica della semina interrata del riso su terreno asciutto, con sommersione solo alla 3^a-4^a foglia della coltura. Si stima che tale modalità di coltivazione del riso interessi attualmente circa 35.000 ha.

La gestione della coltura in condizioni di terreno asciutto, durante la prima parte del suo ciclo, determina una minore o ritardata presenza di alcune specie tipicamente acquatiche (ad esempio *Heteranthera* spp.) e comporta l'introduzione di infestanti tipiche delle colture non sommerse, quali ad esempio *Panicum dichotomiflorum* Michx., *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop., *Polygonum* spp.

Scelta varietale

Le variazioni più significative intervenute in questi ultimi anni a livello di scelta varietale si riferiscono principalmente ad un sensibile aumento della coltivazione delle cultivar a profilo *indica* e cultivar a ciclo breve. Le prime (ad esempio Thaibonnet e Gladio) sono caratterizzate da una taglia ridotta, da una crescita lenta e da una minore competitività nei confronti delle malerbe. L'aumento delle superfici interessate a queste varietà ha certamente contribuito alla diffusione del riso crodo e sembra possa essere in grado di favorire lo sviluppo di infestanti, attualmente di minor importanza (es. *Ammannia coccinea* Rottb., *Bidens* spp.).

Le varietà precoci sono caratterizzate da un ciclo colturale di 130-145 giorni (20-30 giorni più breve di quello delle tradizionali cultivar). Il crescente interesse verso queste varietà è principalmente dovuto alla necessità di evitare di esporre la coltura agli effetti negativi delle basse temperature dei mesi primaverili (aprile) e di fine estate (agosto), nei momenti in cui la coltura si trova nelle delicate fasi di emergenza e fioritura. Questa esigenza ha favorito la selezione di varietà caratterizzate da buona capacità produttiva che, seminate nel mese di maggio, raggiungono la fase di fioritura prima del mese di agosto.

La disponibilità di varietà a ciclo breve ha reso applicabile anche la lotta al riso crodo con la tecnica della falsa semina. In relazione a questo aspetto, in questi ultimi tempi, hanno avuto una notevole diffusione soprattutto le varietà, come Selenio e Loto che hanno permesso di ritardare l'intervento di distruzione della malerba fino alla metà di maggio.

Distribuzione dei fitofarmaci

La diffusione delle attrezzature per la distribuzione dei fitofarmaci sempre più tecnologicamente perfezionate, ha permesso di ridurre i volumi e le pressioni di applicazione di molti erbicidi, non migliorando l'efficienza dei trattamenti e minimizzando gli errori operativi o il rischio di deriva. La maggiore larghezza delle macchine operatrici ha consentito, invece, di evitare molti passaggi all'interno degli appezzamenti con le ruote dentate di ferro, dalle cui carreggiate prendono origine infestazioni tardive sia di riso crodo sia di *Echinochloa* spp..

Le infestanti

In accordo con le varie osservazioni effettuate nel corso degli ultimi anni, la composizione della vegetazione infestante presente nelle risaie italiane può essere rappresentata da sei principali raggruppamenti floristici:

- specie del genere *Echinochloa*;
- specie del genere *Heteranthera*;
- Alismataceae e Ciperaceae;
- vari biotipi di riso crodo;
- infestanti tipiche della coltivazione in semina interrata;
- specie secondarie.

Specie del genere *Echinochloa*

Le piante del genere *Echinochloa* sono rappresentate principalmente dalle specie *E. crus-galli* (L.) Beauv., *E. crus-pavonis* (H.B.K.) Schultes, *E. hostii* (Bieb.) Boros, *E. colona* (L.) Link, *E. phyllopogon* (Stapf) Koss.

I risultati di una recente indagine effettuata in una ampia zona di coltivazione del riso, sulla base delle principali caratteristiche morfologiche delle piante, hanno fatto rilevare che soltanto il 44% delle piante esaminate poteva essere attribuito con certezza a queste specie (Sparacino *et al.*, 1994), mentre la restante percentuale era rappresentata dai biotipi con caratteristiche intermedie. In questo studio la specie *E. crus-galli* è risultata presente in tutta le aree oggetto dell'indagine, con un grado di copertura media del 53%. *E. crus-pavonis* è stata rilevata nel 95% delle risaie, con un grado di copertura del 25%. *E. hostii*, *E. colona* ed *E. phyllopogon* hanno mostrato una diffusione compresa tra il 65 e il 54%, con un grado di copertura oscillante tra il 7 e il 3% .

Specie del genere *Heteranthera*

Si tratta di piante esotiche che, segnalate per la prima volta in Italia nel 1968 (Pirola 1968), hanno raggiunto in poco tempo un'elevata diffusione. Le specie presenti nelle risaie sono principalmente rappresentate da *Heteranthera reniformis* Ruiz et Pavon e *Heteranthera rotundifolia* (Kunth) Griseb. In una indagine effettuata nel 1991 queste due specie hanno fatto rilevare una diffusione sull'80% dell'intera superficie a riso e con un grado di copertura medio (nelle zone in cui la specie era presente) del 75% (Sparacino e Sgattoni, 1993). Una terza specie, *Heteranthera limosa* (Sw.) Willd., ha presentato un diffusione del 60%, con un grado di copertura del 45%. Secondo stime attuali *H. reniformis* sarebbe ormai diffusa sul 85-90% della superficie totale, mentre *H.*

rotundifolia avrebbe mantenuto il grado di diffusione indicato precedentemente ed *H. limosa* avrebbe limitato sensibilmente la sua diffusione.

Queste piante possono germinare durante tutto il periodo di crescita del riso e possono generare in maniera molto rapida una banca semi abbondante e persistente (Schiele 1988). La sopravvivenza dell'infestante attraverso gli organi vegetativi si verifica soltanto se il terreno è mantenuto bagnato (Gabela e Doll 1974).

Nei primi due mesi dopo l'emergenza, *H. reniformis* può sviluppare un lungo rizoma e solamente 2-3 foglie (Viggiani 1988). La stessa specie germinata insieme al riso ad una densità di 48 piante m² può ridurre la produzione di risone del 65% (Ferrero 1996).

Alismataceae, Ciperaceae e *Butomus umbellatus*

Questo gruppo di infestanti è presente nelle risaie italiane a partire dall'inizio del ventesimo secolo. Queste piante sono considerate insieme, in quanto sono normalmente oggetto di uno stesso programma di controllo e risultano spesso sensibili agli stessi diserbanti. *Alisma plantago-aquatica* L. e *A. lanceolata* With. sono rispettivamente presenti in circa l'80 ed il 15% delle risaie, con un grado medio di copertura del 45% e del 30%. *Bolboschoenus maritimus* (L.) Palla e *Schoenoplectus mucronatus* (L.) Palla si trovano nel 55 e 60% delle risaie, rispettivamente con un grado medio di copertura del 40 e del 60%. *Butomus umbellatus* L. è considerato presente nel 12% delle risaie, con una copertura media dell'8%. L'infestazione di questa pianta ha fatto registrare una progressiva riduzione a partire dal 1989, quando era stata considerata presente sul 23% della zona coltivata a riso e con una copertura del 25% (Sparacino e Sgattoni 1993).

Alcuni anni dopo l'introduzione dei diserbanti sulfonilureici, alcune di queste specie hanno sviluppato una resistenza agli inibitori dell'ALS. Questo fenomeno è stato segnalato nel 1995 in piante di *Alisma plantago-aquatica* e *Schoenoplectus mucronatus*, trattate continuamente per almeno 3 anni con inibitori dell'ALS. Finora, casi di resistenza sono stati segnalati su superfici di riso superiori a 10.000 ha. Gli studi di Sattin *et al.* (1999) su *mucronatus* hanno indicato che esiste una resistenza incrociata generalizzata fra parecchie sulfoniluree (azimsulfuron, bensulfuron-methyl, cinosulfuron, etossisulfuron). Alcune popolazioni resistenti sono risultate inoltre insensibili anche a metosulam (erbicida appartenente alla famiglia delle triazolopirimidine), impiegato a tre volte la dose di campo.

Riso crodo

Il riso crodo (*Oryza sativa* L. var. *sylvatica*) è stato segnalato nelle risaie italiane già dall'inizio del diciannovesimo secolo, ma ha cominciato a diffondersi significativamente negli anni 60, dopo l'abbandono della pratica del trapianto. Le infestazioni sono diventate molto gravi già alcuni anni

fa, a causa dell'impiego di varietà di tipo *indica* a taglia ridotta e scarsamente competitive, per l'utilizzo di semente commerciale di riso contenente semi della malerba e per la limitata disponibilità di efficaci mezzi di lotta.

Il riso crodo comprende un gruppo di diversi biotipi, caratterizzati da una variabilità morfologica molto ampia (Coppo e Sarasso 1990), che hanno in comune una grande capacità di disseminare spontaneamente i semi prima della raccolta del riso. Alcune piante sono aristate ed alcune sono mutiche; le ariste possono essere di colore rosso-bruno scuro oppure giallo paglierino. La maggior parte dei biotipi di riso crodo hanno una cariosside con pericarpo rosso e mostrano alcune specifiche caratteristiche morfologiche che rendono possibile la distinzione della malerba dalla varietà coltivata solo dopo la fase di accestimento: maggior numero di culmi di accestimento, piante più alte e foglie di colore verde più chiaro. I vari incroci che si possono verificare in risaia tra i diversi biotipi determinano una grande variabilità nelle caratteristiche biologiche e fisiologiche di questa malerba (Craigmiles 1978, Kwon *et al.*, 1992), con notevoli conseguenze sul piano agronomico. L'elevata scalarità di germinazione di germinazione può, per esempio, favorire la competitività dei biotipi di riso crodo che sono in grado di emergere in anticipo rispetto alle varietà di riso coltivate o permettere alle piante che sono emerse in ritardo di sfuggire agli interventi di controllo con la tecnica della falsa semina.

Recenti indagini hanno evidenziato che il riso crodo infesta circa il 75% della superficie totale investita a riso con un grado di copertura medio del 30%.

Infestanti tipiche della coltivazione in semina interrata

Come precedentemente indicato questo metodo di coltivazione si caratterizza per la semina a file su terreno asciutto e per la sommersione continua della risaia solo al raggiungimento dello stadio di 3-4 foglie della coltura. In tali condizioni sono individuabili due specifici raggruppamenti floristici: uno caratterizzato dalle infestanti che si sviluppano prima della sommersione e l'altro rappresentato dalle specie che si sviluppano successivamente a questa operazione (Moletti 1993).

Le prime sono sicuramente molto importanti ed il loro mancato controllo può determinare perdite produttive quasi totali. Tra le specie più diffuse che comportano una elevata competizione verso la coltura vanno sicuramente annoverate due graminacee terofite, *Echinochloa* spp. e *P. dichotomiflorum*. Frequentemente sono anche presenti specie di minor importanza (in termini di capacità competitiva e di diffusione) quali *Cyperus serotinus* Rottb., *Bidens* spp., *D. sanguinalis* L., *Sorghum halepense* (L.) Pers. da rizoma e *Polygonum* spp. Sono normalmente presenti in modo occasionale *Lythrum salicaria* L., *Commelina* spp., *Rorippa* spp., il cui grado di infestazione varia a seconda della precessione colturale. Nei terreni interessati alla semina interrata il riso crodo presenta, comunemente, un grado di diffusione non molto elevato. In queste condizioni colturali,

infatti, non essendo facile realizzare un efficace controllo della malerba con la tecnica della falsa semina (a causa della scalarità di emergenza su terreno asciutto), si inserisce frequentemente il riso in programmi di rotazione con altre colture primaverili-estive come il mais o la soia.

Con questo tipo di gestione della coltura sono anche presenti infestanti proprie della risaia sommersa, che si moltiplicano per via vegetativa e si adattano sempre meglio all'assenza di sommersione (*B. maritimus* in particolare, ma anche *S. mucronatus* da rizoma e *Leersia oryzoides* (L.) Sw.). Le malerbe tipicamente acquatiche che si moltiplicano per seme (*Heteranthera* spp., *Alisma* spp., *S. mucronatus*, *A. coccinea*, ecc.), iniziano la crescita solamente quando il riso ha già raggiunto un certo sviluppo e di conseguenza esercitano una competizione non molto elevata nei confronti della coltura (Moletti 1993).

Altre infestanti

Questo gruppo di malerbe è costituito da un numero sempre maggiore di specie, alcune delle quali possono richiedere specifici interventi di controllo. Ne fanno parte, ad esempio, alcune graminacee perenni come *Leersia oryzoides* (L.) Sw., ancora presente in alcune risaie del Pavese, *Alopecurus geniculatus* L. e *Paspalum paspaloides* (Michx.) Scriber (= *Paspalum distichum* Auct.), quest'ultimo frequente soprattutto nelle risaie sarde.

Si possono considerare in questo gruppo anche *Cyperus difformis* L., *Eleocharis* spp., *Sparganium erectum* L., *Typha* spp., *Sagittaria sagittifolia* L., *Bidens* spp., *Lindernia* spp., *Marsilea quadrifolia* L., specie comunemente presenti in zone limitate della coltivazione e controllate in maniera efficace dai trattamenti effettuati contro *Alisma* spp. e le più comuni ciperacee.

Nelle risaie sono sporadicamente presenti anche malerbe appartenenti alle famiglie delle Lytracee e delle Commelinacee, la cui diffusione sembra essere aumentata in questi ultimi anni (Romani e Tabacchi, 2000). Tra le specie più frequenti nell'ambito della prima famiglia sono da ricordare *L. salicaria* L., *A. coccinea* Rottb. e *Rotala ramosior* (L.) Koehne e tra le Commelinaceae, *Commelina communis* L. e *Murdannia keisak* (Hassk.) Handel-Mazz. Quest'ultima specie sta avendo una diffusione sempre più preoccupante nell'areale della Baraggia Vercellese.

In alcune risaie del Pavese è stata recentemente segnalata dai tecnici dell'assistenza tecnica dell'Ente Nazionale Risi *Leptochloa fascicularis* (Lam.) Gray (sin. *Diplachne fascicularis* Lam. Beauv.), una infestante graminacea mai rilevata prima nel nostro Paese (Romani e Tabacchi, 2000).

È una pianta annuale, a ciclo primaverile-estivo, abbastanza diffusa, insieme ad altre specie simili (*L. chinensis* (L.), *L. filiformis* (Lam.) Beauv., *L. uninervia* (Presl) Hitchc & Chase), nelle zone risicole a clima temperato (A.A.V.V., 1992), principalmente in America e Asia (Snow, 1996).

La presenza di questa infestante è evidente soprattutto lungo gli argini e le capezzagne delle risaie. Anche se non è ancora stato possibile definire con sicurezza la provenienza, si ritiene probabile che l'infestante sia giunta in Italia con la semente della varietà Thaibonnet proveniente dalla Spagna, Paese dove la pianta è stata segnalata sin dal 1990 (Marquez, 1999).

I diserbanti nel riso

La coltura del riso è stata una delle prime a beneficiare della disponibilità di diserbanti selettivi. Le prime esperienze di diserbo chimico risalgono al secondo dopoguerra e si riferiscono all'utilizzazione di 2,4 D per fronteggiare una serie di scioperi delle mondine. Da quel periodo si è assistito ad una continua introduzione di molecole sempre più innovative, che non ha conosciuto soste fino ai giorni nostri. Si stima che nella campagna agraria del 2000 il mercato dei diserbanti impiegati in risaia abbia raggiunto un valore di 73 miliardi di lire. Attualmente sono disponibili per l'impiego in risaia 26 molecole erbicide (Tab. 2). Il ritmo di introduzione di questi prodotti è risultato alquanto variabile negli anni. Fino al 1962, anno che ha segnato l'introduzione del propanile, il primo erbicida che ha consentito di controllare in modo selettivo i giavoni, sono stati disponibili, oltre al 2,4 D, solo altri quattro principi attivi, TCA, MCPA, 2,4,5-T 2,4,5-TP; gli ultimi due sono stati, poi, vietati nel 1975 soprattutto per problemi tossicologici e di fitotossicità nei confronti di colture diverse dal riso, legata alla elevata volatilità di questi prodotti. Durante il decennio successivo si è assistito allo sviluppo commerciale del molinate, un diserbante a specifica attività giavonica, di notevole versatilità di impiego e caratterizzato dalla possibilità di utilizzazione in risaia sommersa nelle prime fasi di sviluppo delle malerbe. Il quadriennio 1972-1975 ha fatto registrare l'introduzione di due nuovi giavonocidi, tiocarbazil e thyobencarb nonché lo sviluppo di oxadiazon, una molecola erbicida messa a punto in anni precedenti per altri impieghi e risultata molto efficace nei confronti di *Heteranthera*. Particolarmente intensa è stata la dinamica dell'immissione al consumo di nuovi diserbanti nel quinquennio 1988-1992, con la registrazione di dimepiperate, pretilaclor, pirazossifen, quinclorac cinosulfuron e bensulfuron-methyl. Molto significativa è stata la messa a punto di queste ultime molecole ad azione inibitrice dell'ALS, caratterizzate da notevole grado di innovazione, legato all'elevata attività biologica a dosi di impiego molto basse. L'inserimento di altri prodotti è avvenuto recentemente con l'introduzione, nel 1996, di metosulam, nel 1997, di azimsulfuron ed etossisulfuron e, nel 1998, di cyhalofop-butyl. Nel 1999, si è poi avuta l'autorizzazione all'impiego per la lotta al riso crodo di pretilaclor e cycloxydim, erbicidi rispettivamente già impiegati per la lotta ad altre infestanti del riso e su altre colture agrarie.

La disponibilità di un sempre maggior numero di prodotti caratterizzati da diverso spettro d'azione, in alcuni casi, limitati ad un ristretto numero di specie infestanti e, in altri, estesi alla quasi totalità delle malerbe del riso (es. azimsulfuron), ha permesso di adottare programmi di gestione della vegetazione infestante caratterizzati da differenti quantitativi di molecole erbicide impiegate ad ettaro. E' possibile stimare che, negli anni in cui ha iniziato a diffondersi la pratica del diserbo chimico, il consumo medio unitario di diserbanti non abbia mai superato 2,8 kg p.a. ha⁻¹, essendo a quel tempo disponibili solo prodotti efficaci contro le infestanti a foglia larga (Tab. 3). Verso la fine degli anni '60, con il totale abbandono del trapianto e a seguito dell'introduzione dei giavonicidi specifici, i diserbanti della risaia hanno fatto registrare un sensibile incremento dei consumi unitari rispetto agli anni precedenti.

Si valuta che in tali condizioni il consumo medio sia stato compreso tra 8,5 e 10,5 kg p.a. ha⁻¹, a seconda del numero di interventi effettuati. Si calcola che i consumi siano rimasti, nel complesso, invariati sino verso la fine degli anni '80. L'introduzione della prima sulfonilurea selettiva per il riso (bensulfuron-methyl), caratterizzata da dose di impiego molto bassa, ha permesso di ridurre sensibilmente i quantitativi di diserbanti impiegati contro le infestanti a foglia larga. Si considera che a partire da questo periodo il quantitativo unitario di diserbanti abbia subito una progressiva riduzione, fino ad arrivare, nelle condizioni più favorevoli, a valori di 0,4 kg p.a. ha⁻¹. Tale situazione è stata favorita dalla disponibilità di un numero sempre maggiore di molecole caratterizzate, da un lato, da bassa dose di applicazione e, dall'altro, da elevata versatilità di impiego, che ha permesso l'adozione di programmi operativi basati su interventi precoci e con infestanti nelle prime fasi di sviluppo. Negli ambienti con forti infestazioni di riso crodo si stima, però, che in questo stesso periodo, il diserbo chimico abbia frequentemente fatto registrare consumi unitari decisamente molto elevati, raggiungendo livelli di 13,2 kg p.a. ha⁻¹. Tale valore è da attribuire alla elevata dose di impiego di dalapon (10,2 kg p.a. ha⁻¹), diserbante utilizzato nei programmi di lotta alla malerba basati sul ricorso alla falsa semina e ammesso dai disciplinari di difesa del regolamento 2078. Con la recente autorizzazione all'impiego di cycloxydim è però possibile applicare le stesse strategie di lotta riducendo l'impiego unitario di diserbante fino a 0,25 kg p.a. ha⁻¹.

L'esame dei consumi di diserbanti ha permesso di rilevare anche che, gran parte dei programmi gestionali delle malerbe in risaia si basano, ancora oggi, principalmente sull'utilizzo di propanile, molinate, oxadiazon, diserbanti che, come si precedentemente osservato, sono di non recente introduzione.

Tabella 2. Quadro evolutivo dei diserbanti introdotti in risaia

Anno di introduzione	Principio attivo	Dose media di impiego (kg di p.a. ha ⁻¹)
1954	2, 4-D	1,2
	TCA	45,0
	MCPA	0,8
1955	2, 4, 5-T ⁽¹⁾	0,5
	2, 4, 5-TP ⁽¹⁾	0,5
1958	MCPP	2,1
1962	propanil	4,2
	2, 4-DP	1,5
1968	molinate	2,60
1973	flurenolo	0,24
	bentazone	1,35
	oxadiazon	0,32
1974	tiocarbazil	3,30
1975	thyobencarb	1,80
1976	2, 4-DB	0,5
1984	triclopyr	0,42
1988	bensulfuron-methyl	0,06
	dimepiperate	2,50
	pretilachlor	1,18
1990	pyrazoxyifen	1,98
1992	cinosulfuron	0,06
	metsulfuron-methyl	0,002
	quinclorac	0,25
1996	metosulam	0,07
1997	azimsulfuron	0,02
	ethoxysulfuron	0,06
1998	cyhalofop-butyl	0,30
1999	cycloxydim ⁽²⁾	0,40

⁽¹⁾ vietato nel 1975; ⁽²⁾ già utilizzato per altre colture ed esteso al riso

Tabella 3. Stima dei quantitativi minimi e massimi di diserbanti mediamente impiegati nel tempo

Periodo	Quantità minime kg p.a. ha ⁻¹	Quantità massime kg p.a. ha ⁻¹
1960	0,5	2,8
1970	8,5	10,5
1980	6,5	9,8
1990	3,4	8,6
1995	2,7	7,5
2000	0,4	13,2

Si è potuto, altresì, evidenziare che in questi ultimi anni si è completamente consolidata la tendenza, osservata alcuni anni fa, ad un significativo anticipo nell'epoca di esecuzione dei trattamenti (Fig. 2). Si stima che i diserbanti utilizzati prima dello stadio di 1, 2 foglie del riso rappresentino, oggi, il 70% del quantitativo totale impiegato sulla coltura. Uno studio svolto nel 1987 aveva invece posto in evidenza che, per le stesse epoche di impiego, il consumo di diserbanti non superava il 40% di quello totale (Bassi, 1993).

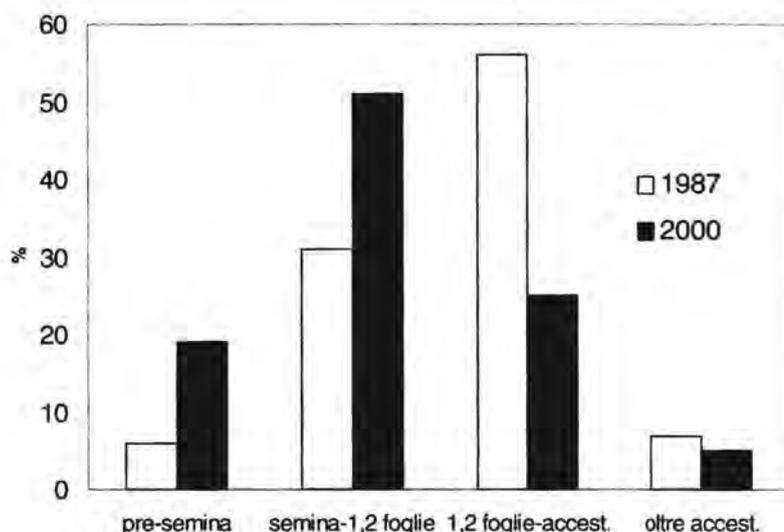


Figura 3. Distribuzione percentuale dei consumi di diserbanti in risaia in relazione alle fasi fenologiche del riso. Confronti tra dati stimati nel 1987 e nel 2000.

Il controllo delle diverse specie di *Echinochloa* presenti nelle risaie sommerse e in quelle a semina su terreno asciutto può, oggi, essere realizzato con numerosi diserbanti caratterizzati da diverse modalità di azione e da differenti periodi di applicazione.

Molinate, dimepiperate, tiocarbazil e thiobencarb sono diserbanti residuali comunemente usati nelle risaie seminate in sommersione, sia con applicazioni di pre-semina sia con interventi in post-emergenza precoce della coltura (Moletti 1993).

Quinclorac e recentemente azimsulfuron (erbicidi con prevalente attività fogliare, ma anche parzialmente assorbiti dalle radici), propanil e cyhalofop-butyl (diserbanti ad assorbimento fogliare) possono, invece, essere utilizzati in post-emergenza precoce o tardiva per controllare le specie di *Echinochloa* nelle risaie seminate in acqua e in asciutta (Rapparini 1998).

Molinate è il principale diserbante ad azione residuale, applicato contro tutte le specie di giavoni. Controlla queste infestanti fino allo stadio di 3-4 foglie e può essere applicato in pre-semina (in miscela con l'oxadiazon) o in post-emergenza precoce. Ha una solubilità in acqua relativamente alta ed è più attivo nei terreni limoso-argillosi o argillosi, nei quali è più facile mantenere un elevato livello dell'acqua per parecchi giorni.

Dimepiperate è un diserbante residuale molto selettivo nei confronti del riso ed è comunemente applicato in acqua, in pre-semina o in post-emergenza precoce, per controllare *E. crus-galli* e la più tardiva *E. phyllopogon*, prima che abbiano raggiunto lo stadio di 2 foglie. Per controllare giavoni più sviluppati, dimepiperate viene spesso miscelato con il molinate.

Tiocarbazil presenta caratteristiche simili a quelle del dimepiperate, ma può anche essere applicato in terreni sabbiosi, a causa della sua minore solubilità.

Tiobencarb è efficace come diserbante ad azione residuale contro le specie di *Echinochloa* fino alla fase di 2-3 foglie; è inoltre parzialmente attivo contro i semi di *H. reniformis*. Tiobencarb è applicato in pre-semina (in combinazione con oxadiazon) o in post-emergenza precoce, da solo o miscelato con molinate. Talvolta, con temperature elevate, questo diserbante può arrestare o rallentare la crescita delle plantule di riso.

Quinclorac è un erbicida applicato comunemente per il controllo dei giavoni, in post-emergenza, in condizioni di terreno saturo o ben drenato. Quinclorac garantisce un buono controllo di *E. phyllopogon* fino alla fase di accestimento, ma possiede un'attività relativamente debole contro *E. crus-galli*. I risicoltori miscelano frequentemente quinclorac con propanil, con l'obiettivo di ampliare lo spettro d'azione del prodotto.

Propanil è il più importante diserbante applicato in Italia per il controllo dei giavoni in risaia, particolarmente nei terreni sabbiosi, in cui è facile drenare il terreno o dove il riso è seminato a file

in asciutta e poi sommerso in seguito. Propanil è normalmente distribuito in post-emergenza su terreno asciutto, con applicazioni ripetute (solitamente due volte, con un intervallo di 5-6 giorni). Il prodotto deve essere applicato a partire dalla fase di 2-3 foglie del riso, per evitare danni da fitotossicità e prima della fase di accostamento delle piante di *Echinochloa*, per ottenere un buon controllo delle infestanti.

Azimsulfuron è una nuova sulfonilurea, applicabile in post-emergenza delle infestanti del riso. Questo diserbante inibisce l'azione dell'enzima acetolattato sintetasi (ALS) delle infestanti sensibili, bloccando la sintesi degli amminoacidi valina, leucina e isoleucina. Applicato alla dose di 20 g ha⁻¹ di principio attivo, preferibilmente con un tensioattivo non ionico allo 0,1%, fornisce un buono controllo delle specie di *Echinochloa*, delle ciperacee ed anche di molte infestanti a foglia larga (Massasso *et al.*, 1996). L'applicazione può essere effettuata circa 20-25 giorni dopo la semina, sia su risaia sgrondata, sia su un terreno con uno strato di acqua poco profondo. *E. phyllopogon* e gli ecotipi bianchi di *E. crus-galli* sono meno sensibili ad azimsulfuron rispetto agli ecotipi rossi.

Cyhalofop-butyl è un nuovo diserbante della famiglia degli arilossifenossipropionati utilizzato per il controllo in post-emergenza delle diverse specie di *Echinochloa* (Barotti *et al.*, 1998). Il prodotto agisce per inibizione dell'enzima Acetyl-CoAcarbossilasi nel processo di biosintesi degli acidi grassi. Applicato su terreno sgrondata dall'acqua, cyhalofop-butyl è efficace, preferibilmente insieme ad un bagnante non ionico, contro le diverse specie di giavoni, purché non abbiano superato lo stadio di 2-3 foglie. Il prodotto è altamente selettivo nei confronti del riso, ma è soggetto a riduzione di efficacia quando viene miscelato a diserbanti ad azione contro infestanti foglia larga (es. cinosulfuron).

Diserbanti per il controllo delle specie del genere *Heteranthera*

L'impiego di oxadiazon in pre-semina costituisce il principale metodo di controllo delle diverse specie di *Heteranthera*. Si considera che oxadiazon sia, oggi, utilizzato su circa l'80% della totale superficie coltivata a riso.

Il prodotto può venire applicato in acqua 5-6 giorni prima della semina, o su terreno asciutto 3-4 giorni prima della sommersione e della semina. Le plantule di *H. reniformis* che sfuggono all'applicazione dell'oxadiazon, possono venire parzialmente controllate con applicazioni in post-emergenza di pretilaclor, cinosulfuron o bensulfuron-methyl + metsulfuron-methyl.

Pretilaclor (impiegabile da solo o con l'antidoto fenclorim) è un erbicida antigerminello efficace contro numerose infestanti con applicazioni in risaia sommersa, in pre-emergenza o in post-emergenza precoce. L'applicazione di pretilaclor, in post-emergenza precoce, è efficace contro i semi e le plantule giovani di *H. reniformis*.

Cinosulfuron e bensulfuron-methyl + metsulfuron-methyl (da soli o in miscela con propanil) sono parzialmente efficaci nei confronti delle eterantere, dimostrando di essere in grado di limitare la capacità competitiva dell'infestante e di permettere al riso (particolarmente con varietà a taglia alta) di migliorare l'investimento. Il controllo parziale di questa infestante può essere anche ottenuto in post-emergenza ritardata, con applicazioni di triclopir, usato congiuntamente al propanil.

Diserbanti per il controllo delle Alismataceae, Ciperacee e *Butomus umbellatus*

Molti sono i diserbanti disponibili per il controllo di *Alisma* spp., *B. maritimus* e *S. mucronatus*. I diserbanti più comunemente utilizzati per controllare queste infestanti sono bensulfuron-methyl (da solo o formulato con metsulfuron-methyl), cinosulfuron, ethoxysulfuron, azimsulfuron, metosulam, MCPA, 2,4-DP, triclopir, bentazone e pretilachlor, impiegati da soli o insieme a propanil.

Bensulfuron-methyl è stata la prima sulfonilurea introdotta in Italia alla fine degli anni 80. Applicato in post-emergenza, il prodotto è molto selettivo verso il riso e fornisce un efficace controllo di quasi tutti le infestanti acquatiche annuali, ciperacee e a foglia larga. Per una migliore attività contro *B. maritimus* è frequentemente impiegato in miscela con propanil.

Etossisulfuron è una nuova sulfonilurea caratterizzata da un'efficacia simile a quella di bensulfuron-methyl, ma con un'attività leggermente migliore contro *B. maritimus*.

Cinosulfuron e bensulfuron-methyl in miscela con metsulfuron-methyl si applicano frequentemente a dosi ridotte, in quanto nel corso degli anni hanno dimostrato di essere un po' meno selettivi di altre sulfoniluree.

Metosulam è un inibitore dell'ALS che appartiene al gruppo chimico delle triazolopirimidine. Applicato da solo o in miscela con propanil, metosulam è efficace contro le stesse infestanti che sono controllate dai diserbanti sulfonilureici, ma è solitamente più selettivo verso la coltura. Questo diserbante risulta, invece, meno efficace contro *B. umbellatus* rispetto alle sulfoniluree.

MCPA e 2-4 DP sono diserbanti fenossiderivati molto attivi contro tutte le infestanti a foglia larga, particolarmente quando sono applicati insieme al propanil.

Bentazone fornisce generalmente un buon controllo di *B. umbellatus*, delle cyperacee e delle alismataceae. L'uso di questo diserbante è attualmente soggetto a limitazioni di impiego in molti comuni risicoli, a seguito del ritrovamento di residui del prodotto nelle acque dei pozzi.

Pretilachlor (da solo o formulato in miscela con fenclorim) è un diserbante ad azione antigerminello in grado di controllare, con applicazioni di pre-emergenza o post-emergenza precoce, *Alisma* spp., *S. mucronatus*, *Heteranthera* spp. e *Echinochloa* spp. In queste applicazioni, pretilachlor è usato in formulazione con un antidoto o quando la coltura ha raggiunto la fase di seconda foglia, per evitare effetti fitotossici.

Diserbanti per il controllo del riso crodo

Le strategie di controllo del riso crodo sono basate principalmente su una combinazione di tecniche preventive, colturali e chimiche.

Il preciso livellamento delle camere di risaia, ottenuto utilizzando apparecchiature a controllo laser, permette di governare in modo accurato il livello delle acque, in modo tale da favorire un'emergenza contemporanea ed uniforme delle infestanti. Il successo della tecnica di lotta basata sulla falsa semina è strettamente legato alle modalità di gestione dell'acqua e, in particolare, al numero di plantule in grado di emergere prima dell'intervento di lotta. Questo può essere realizzato con mezzi meccanici o con erbicidi ad azione totale, quali glyphosate, glyfosate trimesio, glufosinate ammonio, dalapon, oppure con cycloxydim, recentemente autorizzato per questo impiego.

L'intervento con mezzi meccanici, principalmente erpici e frese, sortisce solitamente un buon effetto nei confronti delle piantine di riso crodo già emerse, ma a seguito del leggero rimescolamento operato negli strati superficiali del terreno, favorisce lo sviluppo di nuovi flussi germinativi della malerba.

Glifosate, glyfosate trimesio e glufosinate ammonio sono erbicidi ad assorbimento fogliare caratterizzati da un ampio spettro d'azione. Sono efficaci contro il riso crodo ed altre infestanti, purché queste abbiano raggiunto uno sviluppo superiore alle 3-4 foglie e si trovino in buona attività vegetativa. Queste condizioni sono difficilmente riscontrabili in risaia con l'adozione della tecnica della falsa semina, in quanto, al momento del trattamento il crodo non ha ancora superato lo stadio di 2-3 foglie. Con la falsa semina è preferibile utilizzare formulati a base di dalapon, diserbante ad assorbimento prevalentemente fogliare e radicale, efficace anche in risaia nei confronti di infestanti nei primi stadi di sviluppo. Due o tre giorni dopo il trattamento si procede alla sommersione e, subito dopo, alla semina con una varietà precoce.

Ciclossidim è un erbicida già impiegato su altre colture e autorizzato nel 1999 per il controllo del riso crodo. Nel primo anno di impiego, il prodotto ha dimostrato di possedere una buona efficacia verso infestanti a diversi stadi di sviluppo, adattandosi bene soprattutto ad interventi tardivi (dopo il 10 di maggio). In alcuni casi il prodotto ha fatto registrare fenomeni di fitotossicità sulla coltura, non facilmente interpretabili, date le caratteristiche di esclusiva sistemicità per via fogliare e la ridotta persistenza del prodotto. È ipotizzabile che una causa di queste manifestazioni sia da ricercare, anche, in una non corretta gestione della risaia prima e dopo l'esecuzione del trattamento.

Il riso crodo può anche essere controllato utilizzando pretilaclor, un diserbante antigerminello recentemente autorizzato per questa specifica applicazione, con trattamenti molto precoci in pre-semina del riso ed in pre-emergenza del riso crodo. Questo prodotto è applicato in risaia sommersa in un periodo compreso tra la fine di marzo e l'inizio di aprile, quando la maggior parte dei semi

dell'infestante iniziano a germinare (Ferrero *et al.*, 1996). Pretilaclor offre una interessante possibilità di gestione del riso crodo, anche se il controllo delle malerbe non supera normalmente il 70-80%, poiché permette l'applicazione delle tecniche agronomiche ordinarie, senza dover ricorrere a semine tardive con varietà a ciclo breve. L'unica condizione da rispettare in questo caso è quella di applicare l'erbicida almeno 25-30 giorni prima della semina, per evitare il rischio di fitotossicità verso la coltura.

Diserbanti per il controllo delle infestanti del riso coltivato in semina interrata

La metodologia di diserbo del riso coltivato in semina interrata a file prevede innanzitutto un trattamento erbicida di pre-emergenza, per il quale è possibile utilizzare, in miscela o da soli, tre principi attivi: oxadiazon, thyobencarb e pendimethalin. I primi due trovano applicazione anche nella tradizionale semina in acqua, mentre il pendimethalin è utilizzabile, solo, per la semina interrata.

Per quanto riguarda le caratteristiche di oxadiazon e thyobencarb si rimanda alle sezioni relative agli erbicidi per il controllo di *Heteranthera* spp. e dei giavoni.

Pendimethalin è assorbito dai semi in geminazione ed ha una selettività di tipo stratigrafico, meccanismo che determina, spesso, evidenti fenomeni di fitotossicità in conseguenza di piogge o irrigazioni troppo abbondanti, durante la germinazione del riso seminato interrato.

Gli interventi di post-emergenza contro le malerbe che si sviluppano successivamente, soprattutto *Echinochloa* spp. e *P. dichotomiflorum*, vengono eseguiti con applicazioni ripetute di propanile, generalmente prima della sommersione e con le stesse modalità previste per la semina in acqua.

Nel caso si vogliano utilizzare prodotti ad assorbimento fogliare (o prevalentemente fogliare), come azimsulfuron o cyhalofop-buthyl, si rende necessario un intervento irriguo prima delle applicazioni. Dopo la sommersione, è possibile eseguire gli stessi trattamenti diserbanti previsti per la semina in acqua.

Le altre malerbe che si sviluppano, prima o dopo la sommersione, possono essere controllate con erbicidi normalmente utilizzati in risaia sommersa, quali fenossiderivati, ALS-inibitori (in miscela con propanile) oppure bentazone (dove è possibile l'impiego). La scelta degli specifici prodotti da utilizzare è legata al tipo di infestazione che si presenta al momento del trattamento.

Diserbanti per il controllo delle infestanti minori

Nel riso possono assumere una certa gravità le infestazioni di graminacee perenni e, in particolare, quelle di *Leersia oryzoides*. Contro questa malerba sono comunemente utilizzati formulati a base di TCA, applicati quando l'infestante si trova ancora in attività vegetativa, in autunno, dopo la raccolta della coltura, oppure in primavera, quando riprende la crescita a partire dagli organi vegetativi. Contro la stessa malerba possono essere impiegati, anche, glyfosate, cycloxydim, dalapon o altri erbicidi, con trattamenti primaverili effettuati con la falsa semina, in abbinamento alla lotta al riso crodo.

Un contenimento parziale di *L. oryzoides* è ottenibile anche mediante interventi con bensulfuron-methyl + metsulfuron-methyl e cinosulfuron, principalmente mirati al controllo delle infestanti a foglia larga e delle ciperacee.

La lotta ad altre infestanti minori non viene comunemente effettuata con trattamenti specifici, ma è realizzata, indirettamente, con gli interventi contro le malerbe principali. In tal senso assume notevole importanza la conoscenza dello spettro d'azione di ciascun principio attivo in relazione a questo gruppo di infestanti, allo scopo di evitarne la selezione.

Problematiche ambientali e sanitarie dei diserbanti impiegati in risaia

Le particolari condizioni di utilizzazione dei diserbanti nell'ambiente acquatico della risaia sollevano frequentemente non poche preoccupazioni di ordine igienico-ambientale, per i possibili effetti sulle risorse idriche interessate.

In generale la scomparsa di un erbicida distribuito in risaia può avvenire per effetto di processi di degradazione legati alla fodecomposizione e alla demolizione microbica nell'acqua e nel terreno o alla sottrazione per adsorbimento, evaporazione, lisciviazione e percolazione. La determinazione dei meccanismi di degradazione di una molecola erbicida è, nella maggior parte dei casi, alquanto complessa per la difficoltà di studiare le possibili interazioni tra i processi metabolici secondo le vie precedentemente indicate. Tali processi assumono, in generale, un ruolo ed una intensità variabili in relazione alle caratteristiche chemio-dinamiche dei prodotti, determinate sulla base dei parametri chimico-fisici degli stessi e delle condizioni specifiche dell'ambiente (caratteristiche climatiche, tipo di coltura, tipo di terreno, ecc.). I parametri più frequentemente presi in considerazione sono:

- $t_{1/2}$: tempo di dimezzamento o emivita di dissipazione nel suolo; rappresenta l'intervallo di tempo che deve trascorrere per consentire il dimezzamento della concentrazione iniziale;
- *solubilità in acqua*;
- K_d : esprime la misura dell'adsorbimento di un composto chimico al suolo;

- K_{oc} : esprime la misura dell'adsorbimento di un composto chimico alla frazione organica del suolo ed aumenta con l'aumentare della liposolubilità del composto stesso;

K_H : o costante di Henry; indica la tendenza di un composto disciolto in acqua a disperdersi nell'aria; più il valore della costante è elevato e maggiore è la tendenza del prodotto a volatilizzare;

K_{ow} : o *coefficiente di partizione ottanolo-acqua*; esprime la potenzialità di bioaccumulo nella catena alimentare; può venire determinato sperimentalmente, o sulla base di calcoli (indicato in questo caso come logP).

L'insieme di questi parametri permette di definire, con sufficiente grado di approssimazione, il rischio potenziale di inquinamento ambientale di una molecola di sintesi. La persistenza di un prodotto è, infatti, tanto più elevata quanto maggiore è la capacità di trattenuta del terreno e la solubilità in acqua, quindi meno intensi sono i processi di demolizione chimica, biologica e fotolitica.

Si può così valutare se un prodotto distribuito in un ambiente acquoso può provocare effetti su altre colture per trasporto superficiale o percolare lungo il profilo del terreno ed interessare le acque di falda.

Sulla base degli studi condotti per accertare il comportamento ambientale di molti prodotti fitosanitari l'EPA americana ha fissato i livelli di soglia dei parametri sopra indicati, da non superare, per evitare il rischio di contaminazione delle acque:

- $t_{1/2}$: < 3 settimane;

- K_d : < 5;

- K_{oc} : < 500;

- K_H : < 10^{-2} atm m³/mole;

- *solubilità in acqua*: < 30 ppm.

I prodotti comunemente impiegati in risaia presentano caratteristiche alquanto differenziate in relazione ai vari parametri chemio-dinamici presi in considerazione (Tab. 4).

Tenendo in considerazione i limiti fissati dall'EPA, tra i diserbanti a minor rischio di inquinamento delle acque, in relazione alla solubilità in acqua, sono da includere bensulfuron methyl, cycloxydim, cinosulfuron, dimepiperate, ethoxysulfuron, oxadiazon, thyobencarb e tiocarbazil; tra i prodotti, invece, meno pericolosi in relazione all'emivita sono compresi cinosulfuron, dalapon, molinate, propanil e tiocarbazil

Per cercare di definire in modo affidabile e rapido il potenziale di contaminazione delle falde acquifere sono stati elaborati modelli empirici basati sul riferimento ad alcune caratteristiche chemio-dinamiche degli erbicidi.

Sono attualmente disponibili molti modelli caratterizzati da una più o meno elevata complessità e da un diverso grado di attendibilità. Tra i modelli più semplici sono da ricordare, a titolo

esemplificativo, l'equazione di Laskowski, e quella di Gustafson ; entrambi i modelli permettono di determinare il rischio di contaminazione delle falde, il primo esprimendolo come *leaching index* (LI), calcolato sulla base del riferimento alla *solubilità in acqua*, al K_{oc} , al $t_{1/2}$ e alla *tensione di vapore* della molecola (Laskowski *et al.* 1982), il secondo come indice *GUS* determinato sulla base del K_{oc} e del $t_{1/2}$.

Va sottolineato il fatto che una corretta valutazione del potenziale di contaminazione delle acque profonde da parte degli erbicidi dovrebbe essere basata anche sulle caratteristiche geologiche ed idrogeologiche dell'area considerata. In alcuni casi, infatti, la suscettibilità all'inquinamento di una falda dipende più da questi elementi che non dalle caratteristiche chimico-fisiche dell'erbicida impiegato (Funari *et al.*, 1991)

In relazione a queste considerazioni, in questi ultimi tempi, con lo sviluppo degli strumenti di calcolo, sono stati elaborati modelli di previsione più complessi come ad esempio il *PRZM* (pesticide root zone model) che richiede un numero elevato di informazioni, compresi dati dettagliati sulle caratteristiche del suolo e sui parametri climatici (Simmons, 1991).

L'applicazione dei modelli fornisce informazioni previsionali preliminari, ma solo l'analisi dei campioni prelevati in campo consente di valutare concretamente il rischio di contaminazione delle acque da parte degli erbicidi.

La normativa riguardante la regolamentazione dei prodotti fitosanitari nel nostro Paese prevede che per la registrazione di un nuovo prodotto siano resi disponibili studi sul destino e sul comportamento nell'ambiente, riguardanti in primo luogo:

- l'assorbimento, il desorbimento e la mobilità in almeno 3 tipi di suolo;
- il tasso e la via di degradazione in sistemi acquatici, biodegradazione, idrolisi, fotolisi con l'individuazione dei metaboliti e dei prodotti di degradazione:

Per gli erbicidi, in particolare, il Ministero della Sanità ha inoltre previsto che per un periodo di 4-5 anni, dopo la registrazione, vengano effettuati studi specifici per accertare il comportamento ambientale nelle reali condizioni di impiego.

I severi limiti imposti dalla normativa comunitaria, recepiti anche dal nostro Paese, sulla massima concentrazione ammissibile di prodotti fitosanitari nelle acque destinate al consumo umano ($0,1 \mu\text{g l}^{-1}$ per un singolo p.a. e $0,5 \mu\text{g l}^{-1}$, per l'insieme di diverse sostanze) ha portato ad un'intensa attività di ricerca e monitoraggio e, come noto, intorno agli anni '88-'90, a numerosi provvedimenti di chiusura di pozzi di emungimento delle acque, a seguito dell'individuazione di concentrazioni di residui superiori ai limiti ammessi. Nell'ambito dei risultati dei numerosi studi realizzati in quel periodo, particolare interesse e attualità hanno ancora oggi le conclusioni di una ricerca di Bellinzona e Riganti dell'Università di Pavia (1988) volta a caratterizzare la natura dei terreni, il livello di inquinamento delle acque sotterranee e le tipologie dei pozzi presenti in una

zona della Lomellina. I risultati di questo studio hanno, in sintesi, posto in evidenza che:

- i terreni studiati presentano un elevato grado di permeabilità;
- la falda freatica interessa uno strato di circa 60 metri poggiate su un substrato impermeabile, al di sotto del quale è presente una falda artesianica;
- le acque di falda si muovono lentamente nel suolo (pochi metri al giorno)
- alcuni pozzi emungono l'acqua a 6 metri di profondità;
- in queste condizioni il molinate è risultato presente in concentrazioni inferiori a $0,1 \text{ g l}^{-1}$ in oltre la metà dei pozzi esaminati, il bentazone in oltre il 30%.

Un altro studio realizzato più recentemente, ha fatto rilevare che, tracce di alcuni importanti diserbanti impiegati in risaia sono rilevabili nelle acque del fiume Sesia dalla primavera all'estate (Greppi, 1999) (Tab. 5).

I dati rilevabili dalla bibliografia, anche se non molto numerosi, presentano una situazione nel complesso molto rassicurante sulla concentrazione nel riso dei residui degli erbicidi impiegati in questa coltura (Ferrero e Maini, 1993). Questi, nella generalità dei casi, appaiono, infatti, inferiori ai limiti di sensibilità dei metodi analitici adottati o, comunque, al di sotto dei limiti massimi fissati dall'ordinanza ministeriale del 19.05.2000. Tutti gli studi disponibili sui prodotti attualmente registrati pongono, in particolare, in evidenza che i residui dei vari diserbanti utilizzati in risaia non sono mai rilevabili nel riso lavorato e pronto per il consumo.

Tabella 4. Principali proprietà chemio-dinamiche di alcuni erbicidi impiegati in risaia

Prodotto	$t_{1/2}$ (giorni)	K_{oc}	K_H (atm.mc/mol)	K_{ow}	Solubilità in acqua (ppm)	Peso molecolare
azimsulfuron	89		8×10^{-9}		72,3 (pH 5)	424,4
bensulfuron- methyl	60			4,1 (pH 7)	12 (pH 6)	410,4
bentazon	70	264	$< 4.8. 10^{-11}$	LogP 0,646 (pH 5)	500	240,30
cycloxydim				25,3 (pH 7)	40	325,5
cinosulfuron	21 (pH 5)			0,63 (pH 7)	18	413,41
dalapon	10-15				900 g/kg	165
dimepiperate	15-75			LogP 4,02	20	263,4
etossisulfuron			1×10^{-3}	LogP 2,49 (pH 3)	1	394,4
oxadiazon	90-180	3241		26.915	0,7	345
metosulam	> 30			LogP 0,98		418,26
molinate	3,35	84.110	$9,6 \times 10^{-7}$	1.622	880	187
pirazossifen				LogP 3,69	900	403,27
pretilaclor	>200 (pH 1-9) 14 (pH 13)		$8,1 \times 10^{-4}$	LogP 4,08	50	311,9
propanil	1	220	$3,5 \times 10^{-8}$	193	130	218,10
thyobencarb	6.120	309-676	$1,7 \times 10^{-7}$	2.630	30	257,6
tiocarbazil	1-5		3×10^{-4}	LogP 4,4	2,5	279,4
triclopir	40,46	27		3	440	256,50

Tabella 5. Concentrazioni medie ($\mu\text{g l}^{-1}$) dei diserbanti nelle acque del Sesia e portate del fiume rilevate a Palestro (PV) (da Greppi, 1999).

		Data rilievi														
		16 Apr	22 Apr.	30 Apr	8 Mag	15 Mag	22 Mag	29 Mag	2 Giu	11 Giu	18 Giu	24 Giu	3 Lug	18 Set	22 Ott	
Volumi acqua	$\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	55	53	84	127	48	32	179	315	133	60	11	11	126	97	
molinate		0,09	0,10	0,09	0,15	0,15	0,10	0,20	0,16	0,71	0,35	0,21	0,20	-	-	
bensulfuron		-	-	-	0,20	0,10	0,12	0,15	0,16	0,25	-	-	-	-	-	
dimetenamide		0,08	0,07	0,04	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
oxadiazon		0,22	0,30	0,15	0,26	0,12	0,15	-	-	0,08	0,09	0,09	0,04	-	-	
bentazone		0,06	0,03	0,02	0,04	0,04	0,01	0,03	0,03	0,03	0,08	0,08	0,10	0,02	0,06	
pretilaclor		0,90	0,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
propanil		-	-	-	-	-	-	-	-	0,38	0,19	-	-	-	-	
MCPA		-	-	-	0,07	-	-	-	0,09	0,15	-	0,15	0,10	-	-	
Mecoprop		-	-	-	-	-	-	-	0,03	0,10	-	-	-	-	-	

Strategie operative

I programmi di lotta alle infestanti delle risaie assumono uno sviluppo molto differenziato a seconda del grado di infestazione del riso crodo e delle modalità di semina e gestione della risaia.

In relazione a tali aspetti sono schematicamente individuabili 3 principali linee operative:

1. Semina in acqua. Assenza di riso crodo e presenza di *Heteranthera* spp., giavoni, ciperacee, alismataceae e *Butomus umbellatus*.
2. Semina in acqua. Presenza di riso crodo e di tutte le altre infestanti.
3. Semina interrata.

1. Semina in acqua. Assenza di riso crodo e presenza di *Heteranthera* spp., giavoni, ciperacee, alismataceae e *Butomus umbellatus*.

Questa situazione malerbologica richiede comunemente l'esecuzione di almeno due o tre interventi di diserbo (Tabella 6). Nel caso di infestazioni ridotte (soprattutto di *H. reniformis* e di giavoni), normalmente prevedibili solo con l'inserimento del riso in una rotazione, è possibile il ricorso ad un unico trattamento, in post-emergenza precoce.

Nella maggior parte dei casi, il primo intervento di controllo chimico viene effettuato principalmente contro *Heteranthera* spp., una parte dei giavoni e altre infestanti da seme. Questa strategia operativa prevede l'impiego di oxadiazon, da solo, alla dose di 300-380 g p.a. ha⁻¹. Il diserbante può essere applicato 3-4 giorni prima della semina, in risaia asciutta e sommersa 1-2 giorni dopo, oppure 5-6 giorni prima della semina, in risaia sommersa.

È talvolta opportuno miscelare al prodotto una dose leggermente ridotta di un giavonicida residuale (es. thyobencarb, tiocarbazil, dimepiperate, molinate) per distruggere i giavoni in

germinazione o al massimo con 1 foglia (condizione che si presenta in caso di erpicatura troppo anticipata rispetto alla sommersione di erpicatura non eseguita bene).

Nel caso siano presenti al momento del trattamento Alismataceae, Ciperacee e *B. umbellatus*, è consigliabile aggiungere ad oxadiazon una sulfonilurea ad una dose pari ad 1/2 o 2/3 di quella normale. In queste condizioni il trattamento dovrà essere effettuato su terreno sommerso, 5-6 giorni prima della semina del riso.

Nel caso si conosca o si sospetti la presenza di infestanti resistenti alle sulfoniluree, è consigliabile ricorrere a diserbanti caratterizzati da meccanismo d'azione diverso da quello di questa famiglia chimica di diserbanti (es. MCPA).

Con questo programma operativo si rende indispensabile intervenire in post-emergenza con un unico trattamento erbicida o con due, a distanza di qualche giorno uno dall'altro, in relazione al tipo di diserbante utilizzato. I trattamenti hanno come principale bersaglio giavoni, Ciperacee, Alismataceae e *B. umbellatus*; se il trattamento di oxadiazon è stato eseguito correttamente le diverse specie di *Heteranthera* sono soltanto un obiettivo secondario. Questo intervento prevede, generalmente, l'utilizzo di una miscela di due o più erbicidi, scelti in base alla situazione malerbologica presente e da applicarsi secondo le esigenze specifiche dei principi attivi utilizzati.

Nel caso si intenda effettuare un solo trattamento precoce e non vi siano particolari problemi nel mantenere il terreno sommerso per alcuni giorni dopo l'esecuzione del trattamento, è possibile utilizzare: molinate a 3500-4500 g p.a. ha⁻¹ + ALS-inibitori (sulfoniluree o triazolopirimidina) alla dose piena raccomandata, 20-35 giorni dopo la semina in acqua oppure un altro giavonicida residuale come dimepiperate, thybencarb o tiocarbazil + ALS-inibitori alle dosi piene di etichetta, 20-30 giorni post-semina in acqua. La scelta del giavonicida da utilizzare deve essere fatta in funzione dello stadio di sviluppo dei giavoni; se queste infestanti hanno raggiunto lo stadio di 2-3 foglie, al momento del trattamento, è preferibile impiegare molinate; nel caso in cui i giavoni siano meno sviluppati (fino a 1-1,5 foglie), possono essere utilizzati indifferentemente tutti i prodotti ad azione giavonicida, a condizione che l'acqua di sommersione sia mantenuta ferma per un tempo abbastanza prolungato.

Anche l'impiego di prodotti a base di pirazossifen richiede un intervento precoce e il mantenimento dell'acqua di sommersione ferma per 5-6 giorni. Pirazossifen viene utilizzato a 2800-3200 g p.a. ha⁻¹, 15-25 giorni dopo la semina e con i giavoni non oltre lo stadio di una foglia; è preferibile non utilizzare questo prodotto nel caso di grosse infestazioni di cipollino, a causa della sua scarsa attività verso questa malerba.

Un'altra soluzione che garantisce buoni risultati è l'applicazione di azimsulfuron (con l'aggiunta di un bagnante non ionico allo 0.1%) alla dose di 20 g p.a. ha⁻¹, effettuata 18-28 giorni dopo la

semina (mantenendo poi l'acqua ferma per circa 5 giorni) o su terreno sgrondato (reimmettendo l'acqua 3-4 giorni dopo l'applicazione).

Contro i giavoni è possibile anche utilizzare quinclorac, prodotto che si può distribuire sia su risaia sommersa (con giavoni poco sviluppati), sia su terreno bagnato. Operativamente, per poter effettuare un passaggio unico, si ricorre alla miscela di questo prodotto con un inibitore dell'ALS, a dosaggio pieno, oppure con bentazone, alla dose di 1200-1600 g p.a. ha⁻¹, su terreno bagnato.

Si utilizzano, in genere, 250-300 g p.a. ha⁻¹ con l'applicazione a 25-35 giorni dopo la semina. L'attività di quinclorac è molto più evidente nei confronti dei biotipi "bianchi" dei giavoni, per cui, in caso di trattamenti tardivi o di presenza di giavoni rossi sviluppati oltre le 3 foglie, è consigliabile aggiungere al prodotto propanile o azimsulfuron, secondo le seguenti modalità:

- quinclorac a 180-250 g p.a. ha⁻¹ + propanile a 3000-3600 g p.a. ha⁻¹ + sulfonilurea (o triazolopirimidina) a dose leggermente ridotta rispetto a quella di etichetta, 30-35 giorni dopo la semina, su terreno sgrondato;

- quinclorac a 200-300 g p.a. ha⁻¹ + azimsulfuron a 15 g p.a. ha⁻¹, 25-35 giorni dopo la semina in acqua bassa o su terreno sgrondato.

Nel caso del trattamento unico, la scelta dei prodotti da utilizzare deve essere effettuata sulla base delle considerazioni generali seguenti:

- La presenza di *B. umbellatus* richiede sempre l'impiego di un inibitore dell'ALS (anche se il metosulam ha un'attività ridotta su questa malerba) o di bentazone, in miscela con i prodotti ad azione esclusivamente giavonicida (questa considerazione non si applica ad azimsulfuron e pirazossifen). Va sottolineato che il primo gruppo di erbicidi è utilizzabile in qualsiasi miscela, mentre bentazone (ove consentito) è miscibile solo in applicazioni su terreno bagnato (quindi con quinclorac ed in misura minore con propanile). Nei casi in cui non sia presente *B. umbellatus*, in queste applicazioni precoci è consigliabile impiegare, in miscela con i giavonicidi non residuali, dosi ridotte di fenossiderivati.

- E' possibile utilizzare, sia in miscela con molinate, sia con propanile, anche pretilaclor (con o senza antidoto). L'aggiunta di quest'ultimo erbicida è fondamentale nei casi in cui sia presente *H. reniformis* sfuggita al trattamento con oxadiazon e ancora poco sviluppata. Pretilaclor esercita anche una buona azione collaterale sui semi in germinazione di quasi tutte le infestanti (riducendo i rischi di infestazioni tardive) e anche sullo sviluppo delle alghe (molto pericolose nei trattamenti che prevedono il mantenimento dell'acqua ferma).

- Con forti infestazioni di *H. reniformis* (dovute a scarsa efficacia degli interventi precedenti o a condizioni particolari della risaia), i trattamenti unici precoci devono essere eseguiti ricorrendo, preferibilmente, a sulfoniluree (cinosulfuron e bensulfuron methyl + metsulfuron methyl), per la loro elevata efficacia nei confronti di questa malerba.

Tabella 6. Schema dei principali programmi di lotta alle infestanti nella risaia a semina in acqua con assenza di riso crodo

	PRE-SEMINA	POST-EMERGENZA				NOTE SUI	
	Prodotti	Prodotti	giorni dopo la semina				
			10	20	30		40
PRE-SEMINA E POST-EM (1 o 2 TRATT.)	oxadiazon oppure oxadiazon + giavonicida residuale oppure oxadiazon + ALS- inibitori	tiocarbazil, thyobencarb o dimepiperate + ALS inib.	_____				<p>Giavoni con meno di 2 foglie. Applicare in acqua. Mantenere l'acqua ferma dopo il trattamento.</p> <p>Giavoni con meno di 3 foglie. Applicare in acqua. Mantenere l'acqua ferma dopo il trattamento.</p> <p>Giavoni non oltre 1.5 foglie, <i>B. maritimus</i> assente o limitato. Applicare in acqua e mantenerla ferma dopo il trattamento.</p> <p>Giavoni non oltre 3 foglie, trattare in acqua o su terreno bagnato</p> <p>In presenza di molti biotipi bianchi di giavoni. Trattare in acqua o su terreno bagnato; in caso di molti giavoni rossi miscelare con propanile o azimsulfuron</p> <p>Prima applicazione, da solo, su terreno sgrondato; seconda applicazione dopo 10-11 gg in miscela con un ALS inibitore poco aggressivo. Reimmettere acqua 24 ore dopo</p> <p>Applicare la miscela con fenossiderivati su terreno asciutto.</p> <p>Scegliere il prodotto da miscelare in funzione delle malerbe non graminacee presenti.</p>
		molinate + ALS inib.		_____			
		pirazossifen	_____				
		azimsulfuron		_____			
		quinclorac + ALS inib. o bentazone			_____		
		cyhalofop e cyhalofop + ALS inib.		_____	_____		
propanile + ALS inib. o fenossiderivati o pirazossifen o pretilachlor e propanile 5-6 gg dopo			_____	_____			
SOLO POST-EM (1 o 2 TRATT.)		molinate + pretilachlor + ALS inib.		_____		<p>Giavoni con meno di 2-3 foglie, <i>H. reniformis</i> poco sviluppata (foglie cotiledonari). Trattare in acqua. Meglio utilizzare il pretilachlor con antidoto.</p> <p>Giavoni con meno di 1.5 foglie, <i>H. reniformis</i> poco sviluppata (foglie cotiledonari) e poco cipollino. Trattare in acqua. Mantenere ferma l'acqua dopo il trattamento.</p> <p>Solo in caso di infestazione molto ridotta di <i>H. reniformis</i>. Primo trattamento in acqua; il secondo dipende dal prodotto usato. Scegliere il prodotto da miscelare in funzione delle malerbe non graminacee presenti.</p>	
		pirazossifen	_____				
		tiocarbazil, thyobencarb, molinate o dimepiperate + pretilachlor e ALS inib. o bentazone (ev. propanile e/o MCPA)		_____	_____		

- In popolazioni di infestanti resistenti ai diserbanti inibitori dell'ALS, va previsto l'impiego di prodotti con diverso meccanismo d'azione, quali ad esempio pirazossifen, propanile, pretilachlor, bentazone, scelti in relazione alla specifica situazione floristica. Questa necessità comporta, però, delle limitazioni operative notevoli e a volte anche costi superiori.

Le strategie di diserbo che prevedono trattamenti ripetuti sono comunemente più impegnative di quelle basate sull'intervento unico, ma, in numerosi casi, forniscono una maggiore flessibilità operativa, in relazione all'epoca di intervento e alle modalità di applicazione.

Interventi di diserbo eseguiti con una doppia applicazione a distanza di pochi giorni possono essere eseguiti utilizzando propanile in miscela con fenossiderivati ad azione ormonica o inibitori dell'ALS, ed in misura minore anche con pirazossifen o pretilachlor. Queste possibili soluzioni differiscono tra di loro per le condizioni in cui si deve trovare il terreno al momento del primo intervento: per i fenossiderivati è consigliabile l'asciutta completa della risaia, per gli ALS-inibitori è preferibile la presenza di terreno bagnato e per pretilachlor e pirazossifen è opportuna la presenza di acqua bassa.

Va segnalato che le formulazioni di propanile in granuli idrodispersibili consentono, rispetto a quelle liquide, un leggero anticipo del momento di distribuzione, per una migliore selettività delle prime verso la coltura.

I possibili programmi operativi sono, quindi, rappresentati da un primo intervento con:

- propanile a 4000-4500 g p.a. ha⁻¹ + fenossiderivati (a 2/3 della dose piena), in asciutta, 25-50 giorni dopo la semina;

- propanile a 4000-4500 g p.a. ha⁻¹ + ALS-inibitori (a 1/2, 2/3 della dose piena), su terreno bagnato o in asciutta, 25-50 giorni dopo la semina;

- propanile a 4000-4500 g p.a. ha⁻¹ + pirazossifen (a 1/3 della dose piena), in acqua piuttosto bassa, 25-50 giorni post-semina;

- propanile a 4000-4500 g p.a. ha⁻¹ + pretilachlor senza antidoto (a dose leggermente ridotta), in acqua piuttosto bassa, 25-50 giorni dopo la semina.

questi trattamenti vanno seguiti da un secondo intervento con propanile a 4000-4500 g p.a. ha⁻¹, effettuato 5-6 giorni dopo.

Nel caso di forti infestazioni di *H. reniformis* è possibile aggiungere nel primo intervento triclopir alla dose di 300-400 g p.a. ha⁻¹, mantenendo il livello dell'acqua molto basso per ridurre gli effetti fitotossici del prodotto.

Nel caso in cui sia richiesto un anticipo del primo intervento è possibile utilizzare cyhalofop-butyl in luogo di propanile. In questa situazione è necessario effettuare un primo trattamento 15-25 giorni dopo la semina, su terreno sgronato, con cyhalofop-butyl impiegato da solo (con la sola aggiunta di un bagnante non ionico), alla dose di 200 g p.a. ha⁻¹, seguito dalla reimmissione rapida

di acqua in risaia (24-28 ore dopo) e da un secondo trattamento con lo stesso prodotto. Questo intervento può essere realizzato sempre alla dose di 200 g p.a. ha⁻¹, su terreno bagnato, a circa 10 giorni dal primo, con l'aggiunta di un'ALS-inibitore, o di altro erbicida con simile spettro d'azione.

In alcune situazioni caratterizzate da una ridotta presenza di malerbe è possibile intervenire solo in post-emergenza della coltura con uno o due trattamenti di diserbo.

Tra le diverse possibili ipotesi di intervento, applicabili in relazione alle differenti tipologie floristiche presenti, si riportano, di seguito, alcuni esempi di programmi di lotta.

Nel caso dell'intervento singolo sono prevedibili due soluzioni operative:

- molinate a 3000-4000 g p.a. ha⁻¹ + pretilachlor a 800-1000 g p.a. ha⁻¹ (con antidoto) + ALS-inibitore (sulfonilurea) a dose piena, in acqua, 15-25 giorni dopo la semina;
- in presenza di un'infestazione limitata di *B. maritimus*, pirazossifen a 2800-3200 g p.a. ha⁻¹, in post-emergenza molto precoce (8-15 giorni post-semina), in acqua.

Nel caso del doppio trattamento di post-emergenza, buoni risultati sono ottenibili con il seguente programma di lotta:

- 1° trattamento principalmente contro giovani ed *Heteranthera* spp. con pretilachlor (con antidoto) + giavonicida residuale, entrambi impiegati in acqua, a dosi quasi piene, 10-18 giorni dopo la semina; 2° trattamento contro Alismataceae, Ciperacee e *B. umbellatus*, utilizzando un'ALS-inibitore oppure bentazone o pirazossifen, ai quali è possibile miscelare triclopir, nel caso di elevata presenza di *H. reniformis*.

2. Semina in acqua. Presenza di riso crodo e di altre infestanti

Negli inerbimenti dominati dalla presenza di riso crodo i piani operativi di lotta alle infestanti sono in gran parte finalizzati al controllo di questa importante infestante. In queste condizioni tutti gli interventi necessari per il controllo delle malerbe devono essere necessariamente adattati alle esigenze di questo obiettivo principale. Le strategie di controllo del riso crodo sono essenzialmente basate su una combinazione di tecniche colturali e di lotta con mezzi chimici, allo scopo di limitare la diffusione della malerba. Gli interventi colturali sono principalmente rappresentati dall'impiego di seme certificato esente da riso crodo e dall'inserimento del riso in rotazione con mais o soia.

I programmi di lotta con mezzi chimici trovano attuazione con interventi realizzabili prima della semina del riso in pre- o post-emergenza del riso crodo, oppure dopo la semina della coltura (Tab. 7).

-Pre-semina del riso

I trattamenti effettuati prima della semina del riso rappresentano, in generale, i migliori metodi di lotta nei confronti di questa malerba.

In pre-emergenza del riso crodo è possibile utilizzare pretilaclor a 1250-1500 g p.a. ha⁻¹.

Questo prodotto è applicato in risaia sommersa, in un periodo compreso tra la fine di marzo e l'inizio di aprile, quando la maggior parte dei semi dell'infestante cominciano a germinare, permettendo l'applicazione delle tecniche agronomiche ordinarie, senza dover ricorrere a varietà precoci (Ferrero *et al.*, 1996). In questo caso il trattamento erbicida deve essere effettuato almeno 25-30 giorni prima della semina, per evitare il rischio di fitotossicità verso la coltura. Come già precedentemente osservato l'efficacia di questo prodotto, in generale, non è superiore al 70-80%.

Pretilachlor è l'unico diserbante autorizzato nel nostro Paese per i trattamenti in pre-emergenza del riso crodo, anche se numerose ricerche hanno posto in evidenza una elevata attività di altri principi attivi (dimetenamide, flufenacet).

L'utilizzazione di pretilachlor crea, però, qualche complicazione nella gestione di *H. reniformis* e delle infestanti che si sviluppano per via vegetativa, come *B. maritimus*. Il controllo di quest'ultima specie può essere realizzato utilizzando oxadiazon alla dose piena insieme a pretilachlor. In queste condizioni, però, l'applicazione può risultare eccessivamente anticipata rispetto all'epoca di germinazione dei semi delle infestanti a foglia larga e spesso, già prima della semina, la risaia tende a reinfestarsi, rendendo piuttosto problematica la lotta con gli interventi successivi. La tendenza attuale è quella di separare temporalmente i due trattamenti, applicando oxadiazon in successione a pretilachlor, 6-7 giorni prima della semina, dopo aver effettuato, preferibilmente, un ricambio dell'acqua di sommersione. Questa modalità operativa assicura un prolungamento dell'attività dell'erbicida nei confronti di *H. reniformis* e dà la possibilità di intervenire normalmente in post-emergenza, con qualsiasi tipo di programma di lotta. Se sono presenti infestazioni precoci di *B. maritimus* è, inoltre, possibile aggiungere a oxadiazon un inibitore dell'ALS. Gli interventi con pretilachlor e oxadiazon determinano, anche, un sensibile contenimento dei giavoni a nascita precoce, consentendo l'applicazione di giavonicidi non residuali di post-emergenza, come cyhalofop-butyl, azimsulfuron, propanile o quinclorac.

I migliori risultati nel controllo del riso crodo si ottengono, in genere, con i trattamenti effettuati in post-emergenza della malerba, in combinazione con la tecnica della falsa semina.

Questa pratica è realizzabile soltanto se le condizioni climatiche permettono alla malerba di raggiungere almeno lo stadio di 2-3 foglie entro i primi 10 giorni di maggio, in modo da poter seminare una varietà precoce, in grado di fornire una produzione soddisfacente.

Questo sistema di lotta si attua mediante la preparazione anticipata del letto di semina, seguita da un'irrigazione del terreno allo scopo di stimolare la germinazione del riso crodo e da un successivo intervento di distruzione delle plantule emerse. Questa operazione può essere realizzata con un intervento meccanico (con erpici stellari o con asse spianone) oppure con diserbanti a base di dalapon o cycloxydim, come già precedentemente osservato.

Il successo di questa tecnica di lotta dipende soprattutto dal numero di piante che sono in grado di emergere prima del trattamento. Esperimenti eseguiti negli ultimi anni hanno indicato che il tipo di lavorazione per la preparazione del letto di semina e l'umidità del terreno hanno un'influenza notevole sulla germinazione dei semi. La minima lavorazione ha, ad esempio, fatto registrare livelli di emergenza tre volte superiori a quelli ottenuti con l'aratura. L'emergenza della malerba è risultata favorita dal terreno umido, ma non sommerso, mentre è stata influenzata in senso negativo dalla condizione di sommersione continua. Lo stato di saturazione del terreno ha inoltre dimostrato di favorire l'uniformità e la contemporaneità di emergenza del riso crodo.

Un confronto fra l'impiego dei mezzi chimici (es. dalapon) e quelli meccanici (erpature), effettuato con interventi allo stadio di 2-3 foglie del riso crodo, ha evidenziato, per il trattamento con il diserbo chimico un controllo superiore al 95% e per quello meccanico di circa il 70% (Ferrero *et al.*, 1999). L'anticipo del trattamento alla fase di 1^a-2^a foglia riduce l'efficacia sia dell'intervento chimico sia di quello meccanico.

Nel caso dell'applicazione della tecnica della falsa semina è possibile contenere le infestazioni precoci di *H. reniformis* utilizzando oxadiazon a 2/3 della dose normale, circa 15-20 giorni prima del trattamento contro il crodo; la dose restante dell'erbicida può essere miscelata al prodotto utilizzato per la distruzione del riso crodo usato contro il crodo (dalapon, glyphosate, cycloxydim, ecc.), unitamente ad una dose ridotta di un ALS-inibitore o di un fenossiderivato per il contenimento delle infestanti non graminacee (*B. maritimus* e *B. umbellatus*, soprattutto). Essendo l'intervento contro il riso crodo efficace anche nei confronti dei giovani presenti al momento del trattamento, la lotta in post-emergenza risulta in genere più semplificata. In queste condizioni, il controllo dei giovani sviluppatasi successivamente può essere realizzata con specifici prodotti non residuali, in miscela con i diserbanti più idonei per il controllo delle altre infestanti.

Post-semina del riso

Il controllo del riso crodo dopo la semina del riso è impostato principalmente sull'impiego di varietà a taglia molto ridotta per permettere il taglio della pannocchia dell'infestante o l'applicazione localizzata di diserbanti sistemici ad assorbimento fogliare. Entrambi i sistemi devono essere applicati nella fase di massimo sviluppo in altezza dell'infestante, ma prima della maturazione del seme e dell'inizio della crodatura. L'attrezzatura utilizzata per gli interventi di taglio è costituita da una barra larga 5-6 m derivata dal dispositivo di taglio d'una mietitrebbiatrice, montata sulla parte anteriore di una trattrice. L'apparecchiatura di taglio è solitamente accoppiata ad un dispositivo frantumatore, costituito da una coppia di rulli controrotanti. Diversi esperimenti effettuati utilizzando la varietà a taglia bassa Thaibonnet hanno dimostrato che sono normalmente necessari due interventi di sfalcio, il primo a 10 giorni dall'inizio della fioritura e il secondo 15

giorni dopo, per controllare le pannocchie che sono state emesse successivamente. Con tale tecnica è possibile asportare almeno il 90% delle pannocchie di riso crodo presenti prima degli interventi di sfalcio. L'applicazione localizzata di diserbanti sistemici sulla parte superiore delle piante di riso crodo è resa possibile dall'impiego di un'apparecchiatura dotata di una barra umettante generalmente inserita su una trattrice, posteriormente (in tal caso necessita di un operatore per il controllo del lavoro) o anteriormente (comandata dal guidatore), oppure montata su una apposita macchina semovente. La sperimentazione ha posto in evidenza che glyphosate e cycloxydim utilizzati alle concentrazioni, rispettivamente, del 20 e 5%, sono in grado di ridurre di oltre il 90% la germinabilità dei semi di riso crodo e di determinare la morte di quasi tutti i culmi delle piante della malerba colpite dal trattamento. Questo risultato ha riguardato soltanto i semi delle pannocchie venute a contatto con l'apparecchiatura umettante. Si è osservato, però, che circa un terzo delle pannocchie sono in grado di sfuggire al trattamento, avendo un'altezza uguale o inferiore a quella della coltura. I semi del riso crodo che sfuggono a questi trattamenti alimentano la banca semi nel terreno, permettendo la selezione di biotipi a taglia bassa che, negli anni successivi, sono in grado di sfuggire agli interventi di sfalcio o di lotta con la barra umettante.

3. Semina interrata

In queste condizioni colturali i programmi di gestione della flora infestante devono potersi adattare all'esigenza di impedire lo sviluppo, in un primo tempo, di malerbe tipiche dei terreni asciutti e, successivamente (3,4 foglie della coltura) di quelle comuni agli ambienti sommersi.

Nella semina interrata è necessario prevedere un trattamento di pre-emergenza con pendimethalin, un diserbante ad azione antigerminello molto attivo nei confronti di graminacee da seme ed in particolare di *P. dichotomiflorum*, infestante di difficile contenimento in post-emergenza (Tabella 8).

Pendimethalin viene normalmente impiegato da solo a 1000-1300 g p.a. ha⁻¹ oppure in miscela con oxadiazon a di 750-1000 g p.a. ha⁻¹, nel caso si temano infestazioni successive di *H. reniformis*, o con thiyobencarb a 2000 g p.a. ha⁻¹, in caso di forte presenza di giavoni.

L'impiego di pendimethalin deve essere realizzato non oltre 3-4 giorni dopo la semina, per evitare effetti fitotossici sul riso in germinazione. L'efficacia di questo erbicida è favorita da una pioggia leggera durante i primi giorni successivi al trattamento; in assenza di precipitazioni è opportuno ricorrere ad un'irrigazione tempestiva della risaia, seguita da un rapido deflusso dell'acqua e da uno sgrondo completo del terreno, al fine di attivare l'azione del diserbante e stimolare contemporaneamente la germinazione del riso

Tabella 7. Schema dei principali programmi di lotta alle infestanti nella risaia a semina in acqua con presenza di riso crodo

		PRE-SEMINA				POST-EMERGENZA				NOTE SUI TRATTAMENTI
		30	20	10	giorni 0	30	60	90	120	
CONTROLLO DEL RISO CRODO IN PRE-SEMINA DEL RISO	USO DI ERBICIDI ANTIGERMINELLO	pretilachlor		ev. oxadiazon (+ ALS inibitori se necessari)		azimsulfuron o quinclorac o cyhalofop o propanile + altri prodotti per le malerbe non graminacee				Applicare pretilachlor in risaia sommersa tra fine marzo e l'inizio di aprile; seminare almeno 25-30 giorni prima della semina. Il controllo di <i>H. reniformis</i> si ottiene utilizzando oxadiazon alla dose piena insieme a pretilachlor o applicando oxadiazon, 6-7 giorni prima della semina. Con infestazioni precoci di <i>B. maritimus</i> aggiungere a oxadiazon un inibitore dell'ALS. Gli interventi con pretilachlor e oxadiazon determinano anche un sensibile contenimento dei giavoni a nascita precoce, consentendo l'applicazione di giavonicidi non residuali di post-emergenza
	TECNICA DELLA FALSA SEMINA	oxadiazon		dalapon o glyfosate o glufosinate o cycloxydim + oxadiazon + ALS inibitore oppure diserbo meccanico		azimsulfuron o quinclorac o cyhalofop o propanile + altri prodotti per le malerbe non graminacee				Preparare anticipatamente il letto di semina (falsa semina), mantenendo il terreno bagnato o saturo (per favorire l'uniformità e la contemporaneità di emergenza del riso crodo); distruggere le plantule emerse utilizzando mezzi chimici (dalapon, glyfosate, cycloxydim, ecc.) o meccanici (erpature). Per contenere <i>H. reniformis</i> utilizzare oxadiazon a 2/3 della dose normale, 15-20 giorni prima del trattamento; miscelare il resto della dose al prodotto utilizzato per la distruzione del riso crodo, unitamente a un ALS-inibitore o a un fenossiderivato per le infestanti non graminacee rizomatose (<i>B. maritimus</i> e <i>B. umbellatus</i>).
CONTROLLO DEL RISO CRODO IN POST-SEMINA DEL RISO				Attrezzatura con barra di taglio e rullo di frantumazione		Attrezzatura con barra umettante per la distribuzione localizzata di glyfosate o cycloxydim				Tecnica usata con infestazioni molto basse o confinata in alcune zone degli appezzamenti, per limitare la crodatura dei semi nel terreno. Seminare una varietà a taglia molto bassa (Thaibonnet, Gladio, Loto, ecc.). Intervenire all'inizio della fioritura del riso crodo, con almeno due passaggi a 15-20 giorni uno dall'altro.

Generalmente il trattamento di pre-emergenza non fornisce un controllo completo e duraturo delle infestanti; per tale motivo, in queste condizioni colturali sono comunemente previsti altri interventi in post-emergenza.

La soluzione più diffusa è sicuramente quella dell'applicazione ripetuta di propanile, con due interventi a distanza di 5-6 giorni uno dall'altro, eseguiti in condizione di terreno asciutto e, quindi, prima della sommersione definitiva. Per ottenere un controllo completo di tutte le infestanti non graminacee, sia quelle tipiche della risaia sommersa, sia quelle caratteristiche del terreno asciutto è consigliabile aggiungere a propanile MCPA oppure ALS-inibitori. Nel caso di forti infestazioni di *B. maritimus* o *B. umbellatus* è a volte opportuno separare i prodotti, controllando, prima della sommersione, i giavoni con un doppio intervento di propanile e intervenendo, dopo la sommersione, con ALS-inibitori, bentazone oppure con propanile + fenossiderivati.

I giavonicidi di più recente introduzione (azimsulfuron o cyhalofop-butyl) trovano nella coltivazione del riso in semina interrata un collocamento difficile, in quanto per esplicare al meglio la propria attività necessitano di condizioni di elevata umidità nel terreno. Questa condizione non è molto frequente, in quanto i risicoltori tendono ad effettuare i trattamenti diserbanti prima della sommersione definitiva, in modo da evitare di dover equipaggiare la trattrice e la barra irroratrice con ruote di ferro. Azimsulfuron e cyhalofop-butyl hanno uno spettro di azione non limitato ai soli giavoni; il primo, ad esempio, è efficace nei confronti di *C. serotinus*, una ciperacea perennante molto diffusa nelle risaie a semina interrata, mentre cyhalofop-butyl presenta anche una interessante attività collaterale nei confronti di *P. dichomiflorum*, una infestante che ha mostrato una scarsa sensibilità nei confronti di propanile.

Il controllo delle erbe infestanti può avvenire anche dopo la sommersione definitiva della risaia.

In questa situazione è possibile utilizzare tutti i programmi di lotta tipici della coltura seminata in acqua. La strategia più seguita rimane, comunque, la doppia applicazione con propanile (abbinato a fenossiderivati o ALS-inibitori), per l'ampio spettro d'azione e per il buon adattamento di questo erbicida alle condizioni di asciutta che spesso si vengono a creare nelle coltivazioni con semina interrata a causa della presenza di terreni sabbiosi e molto bibuli.

Conclusioni

Nel panorama colturale del nostro Paese il riso assume un rilievo di primo piano per l'elevato valore commerciale delle produzioni ottenute e per le complesse problematiche di carattere agronomico ed ambientale che tale coltura solleva.

Le profonde modificazioni intervenute nelle tecniche gestionali del riso a partire dagli anni '60, principalmente rappresentate, ad esempio, dall'introduzione della semina diretta, in terreno

Tabella 8. Schema dei principali programmi di lotta alle infestanti nella risaia a semina interrata e sommersione ritardata

PRE-EMERGENZA	POST-EMERGENZA		NOTE SUI TRATTAMENTI
	PRE-SOMMERSIONE	POST-SOMMERSIONE	
Prodotti	Prodotti	Prodotti	
<p>pendimethalin</p> <p>oppure</p> <p>pendimethalin + oxadiazon</p> <p>oppure</p> <p>pendimethalin + thyobencarb</p>	<p>propanile + ALS inib. o fenossiderivati e propanile 5-6 gg dopo</p>		<p>Eseguire i trattamenti in una giornata calda; scegliere ALS inibitori in caso di forte presenza di <i>Butomus umbellatus</i>. Sommergere la risaia 24-48 ore dopo il secondo intervento, mantenendo un buon livello di sommersione.</p>
		<p>azimsulfuron</p>	<p>Eseguire i trattamenti su terreno sgrondato o molto umido; reimmettere l'acqua 3-4 gg dopo il trattamento, mantenendo un buon livello di sommersione. Molto efficace contro <i>Cyperus serotinus</i>, insufficiente contro <i>Bidens</i> spp.</p>
		<p>cyhalofop e cyhalofop + ALS inibitore</p>	<p>Eseguire i trattamenti su terreno sgrondato o molto umido a distanza di 10 gg l'uno dall'altro; reimmettere l'acqua 24 ore dopo il trattamento. Buon contenimento di <i>Panicum dichotomiflorum</i></p>
		<p>propanile + ALS inib. o fenossiderivati e propanile 5-6 gg dopo</p>	<p>Eseguire i trattamenti su risaia asciutta in una giornata calda; scegliere ALS inibitori in caso di forte presenza di <i>Butomus umbellatus</i>. Sommergere la risaia 24-48 ore dopo il secondo intervento, mantenendo un buon livello di sommersione.</p>

sommerso o asciutto, dalla diffusione del diserbo chimico, dalla coltivazione di varietà a profilo indica, hanno avuto notevoli riflessi sulle caratteristiche delle comunità di malerbe presenti in questa coltura. Particolarmente significativa a questo riguardo è stata, soprattutto negli ultimi 20 anni, la diffusione delle eterantere e del riso crodo, malerbe che, oggi, caratterizzano e condizionano tutti i programmi di gestione della vegetazione infestante, rendendo talvolta vani i tentativi di contenere i consumi di diserbanti.

Notevoli sforzi sono stati effettuati in questi ultimi anni per contenere la pressione delle malerbe e per limitare il ricorso al diserbo chimico mediante opportune soluzioni agronomiche. Le operazioni di livellamento del terreno per migliorare la gestione dell'acqua, l'adozione di una stretta successione temporale tra le lavorazioni e la semina, per assicurare un vantaggio competitivo alla coltura e l'inserimento, in alcuni casi, della coltura in rotazione hanno permesso, nelle condizioni più favorevoli, di ridurre sensibilmente la scalarità di emergenza delle infestanti e di limitare il controllo delle infestanti ad un solo intervento. Questi obiettivi sono stati anche facilitati dalla disponibilità di diserbanti caratterizzati da dosi di applicazione basse o molto basse e da elevata versatilità di impiego, che hanno permesso di adottare programmi operativi basati su interventi precoci e con infestanti nelle prime fasi di sviluppo e quindi di maggior sensibilità all'azione degli erbicidi.

E' prevedibile che grazie all'elevato grado di professionalità raggiunto dagli operatori del settore, le già numerose esperienze di gestione ottimizzata delle malerbe possono avere, nel volgere di pochi anni, un'ampia diffusione su tutto il territorio risicolo con favorevoli ricadute sul piano economico ed ambientale.

Bibliografia

- AA. VV. (1992) Weeds. In: *Integrated Pest Management for Rice - 2nd Edition. University of California Publication 3280*, 32-55.
- ANGELINI F. (1936) *Il riso: tecnica ed economia della coltivazione*. Società anonima "Arte della stampa". Roma. 272.
- BAROTTI R, CARONE A, DALLAVALLE N, GALLIZIA B. (1998) Cyhalofop-butil (DE 537), nuovo graminicida per la lotta ad *Echinochloa* spp. nella coltura del riso. In: *Atti Giornate Fitopatologiche*, 321-326.
- BASSI A. (1993) Evoluzione del consumo di diserbanti. *L'Informatore Agrario*, XLIX (7), 77-80.

- BELLINZONA G, RIGANTI V. (1988) Indagine idrogeologica ed idrogeochimica finalizzata alla ricerca delle acque di falda da atrazina e molinate in una zona campione tra il torrente Agogna e il torrente Terdoppio, comprensorio di Mortara (Pavia). Pavia giugno.
- COPPO B, SARASSO G. (1990) Il riso crodo. In: Quaderno Agricolo n. 22, Istituto Federale di Credito Agrario, Piemonte, Liguria e Valle d'Aosta, 15-29.
- CRAIGMILES JP. (1978) Introduction. In: Red rice research and control. Ed. E.F. Eastin. Texas Agric. Exp. Stn. Bull., 5-6.
- FERRERO A. (1996) Prediction of *Heteranthera reniformis* competition with flooded rice using day-degrees. *Weed Research*. **36**, 197-201.
- FERRERO A, FINASSI A, VIDOTTO F. (1996) Prediction of red rice seedling densities from seed bank. *Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent*. 1181-1187.
- FERRERO A, MAINI P. (1993) Problematiche sul destino ambientale e sui residui dei diserbanti impiegati in risaia. *L'Informatore Agrario*, XLIX (7), 83-97.
- FUNARI E, BASTONE A, BOTTONI P, CAMONI I, MINIERO R, CARBONE S, DONATI L, MARCELLO I, CAMONI I, GIULIANO G, (1991). Il rischio della contaminazione delle risorse idropotabili da erbicidi. La situazione in Italia. *Rapporti Istisan* 9/12.
- GABELA F, DOLL J. (1974) Biology of *Heteranthera reniformis* Ruiz et Pavon. In: *Proceedings of the 11th Congreso ALAM VI Seminario de Comalfe*. Cali, Colombia. p 45-54.
- GREPPI M. (1999) Hydrogeology of the paddy fields. Proceedings of the workshop "Environmental Risk Parameters for Use of Plant Protection Products in Rice". September 16, Cremona, 10-19.
- KWON SL, SMITH RJ, TALBERT RE. (1992) Comparative growth and development of red rice (*Oryza sativa*) and rice (*O. sativa*). *Weed Science*. **40**, 57-62.
- LASKOWSKI DA, GORING CAI, MCCALL PJ, SWANN RL. (1982) Environmental Risk analysis for Chemicals. Van Nostrand Reinhold Company, New York, capitolo 6, 198.
- MARQUEZ, T. (1999). Nuevas especies de malas hierbas en el cultivo del arroz en España. *Vida rural* 8: 26-29.
- MASSASSO W, SALOMONE MC, TROMBINI A. (1996) Azimsulfuron (DPX A8947), nuova sulfonilurea per la lotta contro *Echinochloa* spp. ed altre infestanti non graminacee nelle risaie italiane. In: *Atti Giornate Fitopatologiche*. Vol 1. 279-286.

- MOLETTI M. (1993) Il diserbo del riso: strategie di lotta in funzione della flora infestante. *L'Informatore Agrario* **49**, 57-80.
- MOLETTI M, VILLA B, MAZZINI F, BALDI G. (1987) Un quinquennio di sperimentazione sul controllo delle erbe infestanti nella coltivazione del riso senza sommersione in Italia. *Informatore Fitopatologico* **7-8**, 49-62.
- PIROLA A. (1968) *Heteranthera reniformis* Ruiz et Pavon (Pontederiaceae) avventizia delle risaie pavesi. *Il Riso* **4**: 15-21.
- RAPPARINI G. (1998) Il diserbo del riso. *L'Informatore Agrario* **54**, 69-79.
- ROMANI M, TABACCHI M. (2000) Piccole infestanti crescono. *Terra e Vita*, Supplemento al n° **8**: 46-48.
- ROMANI M, TABACCHI M. (2000) *Leptochloa fascicularis*, nuova infestante del riso. *L'Informatore Agrario*, **36**: 65-66.
- SATTIN M. (1997) Ruolo delle conoscenze biologiche nella malerbologia. Atti dell'incontro "Strumenti informatici per il controllo delle infestanti: dalla teoria alla pratica". Legnaro 30 gennaio 1997, 15-26.
- SATTIN M, BERTO D, TABACCHI M, ZANIN G. (1999) Resistance to ALS inhibitors in rice in north-western Italy. In: *Proceedings of 11th EWRS Symposium*. Basel. 157.
- SCHIELE S. (1988) Longevity and dormancy of *Heteranthera rotundifolia* and *Heteranthera reniformis* (Pontederiaceae). In: *Proceedings of VIII Colloque International sur la biologie l'ecologie et la systematique des mauvaises herbes*. Dijon. 3-7.
- SGATTONI P, AROSIO F, TICCHIATI V. (1989) Distribution and importance of the rice weeds in Italy. Results from a 1988 technical survey. In: *Proceedings of 4th EWRS Mediterranean Symposium*. Valencia, Spain. Vol 2. 301-311.
- SIMMONS ND. (1991). Residues in ground water. In: *Proceedings of Brighton Crop Protection Conference*. Weeds, 1259-1269.
- SNOW N. (1996) The phylogenetic utility of lemmatal micromorphology in *Leptochloa* S.L. and related genera in subtribe Eleusininae (Poaceae, Chloridoideae, Eragrostidae). *Ann. Missouri Bot. Gard.* **83**: 504-529.
- SPARACINO AC, SGATTONI P. (1993) Le erbe infestanti il riso. *L'informatore Agrario* **49**, 37-55.

- SPARACINO AC, FERRERO A, FERRO R, RIVA N. (1994) Morphological analysis of the main *Echinochloa* species in Italian rice fields. In: Proceedings of 5th European Weed Research Society. *Mediterranean Symposium on Weed Control in Sustainable Agriculture in the Mediterranean Area*. Perugia. 285-292.
- SPARACINO AC, FERRO R, MANNINO MR. (1985) Evoluzione della flora infestante le risaie italiane. In: *Atti del V Convegno S.I.L.M. Le erbe infestanti graminacee nella moderna agricoltura: dinamica, problemi e possibili soluzioni*. Verona. p 381-396.
- VIGGIANI P. (1988) Morfologia e germinazione di *Heteranthera reniformis* Ruiz et Pavon. In: *Atti Giornate Fitopatologiche* **3**, 175-184.

L'ottimizzazione nel diserbo nel pomodoro da industria

P. Montemurro ¹ e P Preziosa ²

¹ *Dipartimento di Scienze delle Produzioni Vegetali - Università degli Studi di Bari*

² *Bayer S.p.A. - Divisione Agraria - Milano*

Riassunto

Dopo aver brevemente tracciato un quadro delle più comuni situazioni floristiche presenti negli areali di coltivazione del pomodoro da industria in Italia, indicando anche le specie per le quali è prevedibile un aumento di diffusione, sono state analizzate tutte le principali componenti che influenzano la gestione del diserbo. In particolare, sono stati evidenziati gli aspetti relativi alla scelta degli erbicidi, nell'ottica del loro impiego mirato alla difesa della produttività e della riduzione del loro impatto ambientale, e delle pratiche colturali, in funzione della loro influenza sull'inerbimento e sulla riuscita del diserbo, nonché quelli inerenti il ruolo delle rotazione.

Infine, prospettati diverse situazioni con differenti problematiche, vengono proposti alcuni programmi di ottimizzazione basati in maggior misura sul sistema di controllo integrato delle infestanti.

Parole chiave: ottimizzazione diserbo, pomodoro da industria, erbicidi.

Summary

Weed control optimisation in the tomato for processing crop

In this paper, after a short description of the most common weed associations present in Italian for processing tomato fields and a list of species whose presence could increase in the future, the most important aspects influencing weed control were analyzed; in particular, are described the aspects related to herbicides choose to preserve crop productivity and to reduce their environmental impact; the cultural practises in relation to their effects on weed infestation and control success, and the influence of crop rotation were decribed.

Finally, considering possible weed problem situations, some optimisation programmes of integrated weed control are suggested.

Key words: optimisation of weed control, tomato for processing, herbicides.

Introduzione

L'ottimizzazione di un qualunque sistema non può prescindere né dagli obiettivi prefissi e né dalla conoscenza di tutte le componenti che sono insite nel sistema stesso. Infatti, è proprio l'approfondimento delle cognizioni relative a tali componenti, e contemporaneamente delle interconnessioni tra esse esistenti, che consente di risolvere in modo ottimale le problematiche esistenti in un determinato settore.

Nel caso specifico del controllo della flora infestante nel pomodoro da industria, il livello delle acquisizioni sulle componenti implicate, ed in modo particolare sulla flora infestante stessa e sugli erbicidi (Fig. 1), è tale da permettere, nella generalità dei casi, la risoluzione dei problemi di inerbimento nel modo migliore e vantaggioso possibile.

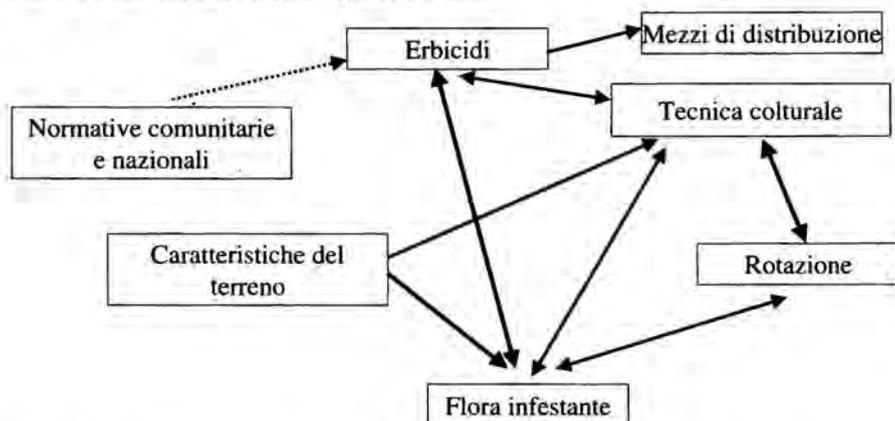


Figura 1. Principali componenti che influenzano l'ottimizzazione del diserbo.

Scopo del presente lavoro è appunto quello di rendere evidente, attraverso una disamina di tutti i fattori implicati, come siano abbastanza elevate le potenzialità oggi esistenti di ottimizzare il diserbo della solanacea in questione, nel rispetto della produttività e dell'ambiente, e quindi perfettamente in linea con quelli che sono i dettami sia dell'agricoltura eco-sostenibile e sia dell'Integrated Weed Management System.

La flora infestante

Una conoscenza della flora infestante molto dettagliata non solo in termini di presenza ed abbondanza delle specie nei diversi areali di coltivazione del pomodoro da industria, ma anche della loro dannosità, nonché di alcuni aspetti di tipo biologico, certamente contribuisce ai fini di una gestione razionale delle pratiche di diserbo in generale ed in special modo di quello chimico.

Recenti indagini sulla flora presente in alcuni dei maggiori e più importanti comprensori italiani nei quali si coltiva il pomodoro da industria (Viggiani *et al.*, 1998; Viggiani e Montemurro, 2000),

hanno consentito di evidenziare la presenza di circa 130 specie, una quarantina delle quali sono da considerarsi come prevalenti. Relativamente a queste ultime, però, soltanto una ventina di esse assumono una valenza nazionale, tra le quali il *Solanum nigrum* L. (costituiva in media da sola il 14 % circa dell'intero inerbimento presente), la *Portulaca oleracea* L., *L'Amaranthus retroflexus* L., il *Chenopodium album* L., il *Polygonum aviculare* L. ed il *Convolvulus arvensis* L., oltre ad alcune altre specie appartenenti alle famiglie delle *Graminaceae*, come *Echinochloa-crus galli* (L.) Beauv., *Setaria* spp. e *Phalaris* spp., e delle *Compositae*, quali la *Capsella bursa-pastoris* (L.) Med., il *Coronopus squamatus* (Forsskal) Asch., la *Sinapis arvensis* L. ed il *Raphanus raphanistrum* L. .

Le indagini effettuate hanno anche permesso agli autori sopracitati di segnalare la presenza di gruppi di infestanti tipiche in funzione delle aree geografiche (Tab. 1) e di formulare delle ipotesi riguardanti l'evoluzione di alcune specie, elencate nella tabella 2, per le quali è appunto prevedibile in un prossimo futuro un aumento della loro infestazione in qualcuno dei comprensori pomodoricoli.

Tabella 1. Specie infestanti tipiche per aree geografiche in Italia (1) (da Viggiani e Montemurro, 2000).

Nord	Centro	Sud
<i>Abutilon theophrasti</i> Medicus <i>Phytolacca americana</i> L. <i>Hibiscus trionum</i> L. <i>Calystegia sepium</i> (L.) R. Br.	<i>Veronica</i> spp. <i>Equisetum</i> spp. <i>Fumaria officinalis</i> L. <i>Anthemis</i> spp. <i>Stachys annua</i> L.	<i>Tribulus terrestris</i> L. <i>Ecballium elaterium</i> (L.) Rich. <i>Xanthium spinosum</i> L. <i>Cyperus</i> spp. <i>Silybum marianum</i> Gaertner

(1) Le infestanti in grassetto sono controllate da erbicidi registrati per il pomodoro.

Tabella 2. Specie infestanti ed aree nelle quali è prevedibile un aumento di diffusione (da Viggiani e Montemurro, 2000).

Località	Specie infestante
Provincia di Ferrara	<i>Amaranthus deflexus</i> L.
Comprensori settentrionali a vocazione maidicola	<i>Abutilon theophrasti</i> Medicus <i>Hibiscus trionum</i> L. <i>Phytolacca americana</i> L. <i>Calystegia sepium</i> (L.) R. Br.
Marche	<i>Anthemis</i> spp. <i>Equisetum</i> spp. <i>Fumaria</i> spp. <i>Stachys annua</i> L. <i>Veronica</i> spp
Puglia	<i>Cyperus</i> spp. <i>Ecballium elaterium</i> (L.) Rich. <i>Silybum marianum</i> Gaertner <i>Tribulus terrestris</i> L. <i>Xanthium spinosum</i> L. <i>Amaranthus graecizans</i> L.

Inoltre, tutte le acquisizioni, le più dettagliate possibili sugli inerbimenti instaurabili in una determinata area, risultano di una grande utilità ai fini dell'impostazione di programmi di diserbo che siano non solo in grado di salvaguardare la produttività della coltura, ma che contribuiscano anche alla prevenzione della diffusione di virosi o di batteriosi; nelle tabelle 3 e 4 sono elencate rispettivamente le specie infestanti che possono fungere da ospiti di virus e batteri patogeni appunti per il pomodoro.

Tabella 3. Specie infestanti possibili ospiti dei virus del pomodoro (Conti et al., 1996).

Specie infestante	Virus del pomodoro			
	CMV (1)	PVY (2)	TMV (3)	TSWV (4)
<i>Amaranthus retroflexus</i>				•
<i>Borago officinalis</i>	•			
<i>Calendula officinalis</i>	•			•
<i>Cichorium intybus</i>	•			•
<i>Cirsium</i> spp.		•		
<i>Convolvulus</i> spp.	•			
<i>Datura stramonium</i>				•
<i>Lamium purpureum</i>	•			
<i>Malva silvestris</i>	•			
<i>Mercurialis annua</i>	•			
<i>Pichris hieracioides</i>	•			
<i>Plantago</i> spp.			•	
<i>Portulaca oleracea</i>	•	•		•
<i>Ranunculus</i> spp.				
<i>Solanum dulcamara</i>	•	•	•	
<i>Solanum nigrum</i>	•	•	•	
<i>Stellaria media</i>	•			•

(1) *Cucumber Mosaic Virus* (virus del mosaico del cetriolo).

(2) *Potato Virus Y* (virus Y della patata).

(3) *Tobacco Mosaic Virus* (virus del mosaico del tabacco).

(4) *Tomato Spotted Wilt Virus* (avvizzimento maculato del pomodoro).

Tabella 4. Specie infestanti possibili ospiti dei batteri del pomodoro (A.A.VV.).

Specie infestante	Batterio		
	<i>Corynebacterium michiganense</i> pv. Michiganense (1)	<i>Xanthomonas campestris</i> pv. Vesicatoria (2)	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. Tomato (3)
<i>Brassica campestris</i>			•
<i>Brassica nigra</i>			•
<i>Datura stramonium</i>		•	
<i>Lamium amplexicaule</i>			•
<i>Solanum nigrum</i>	•	•	
<i>Stellaria media</i>			•

Agenti patogeni di: (1) cancro batterico; (2) maculatura batterica; (3) macchiettatura batterica.

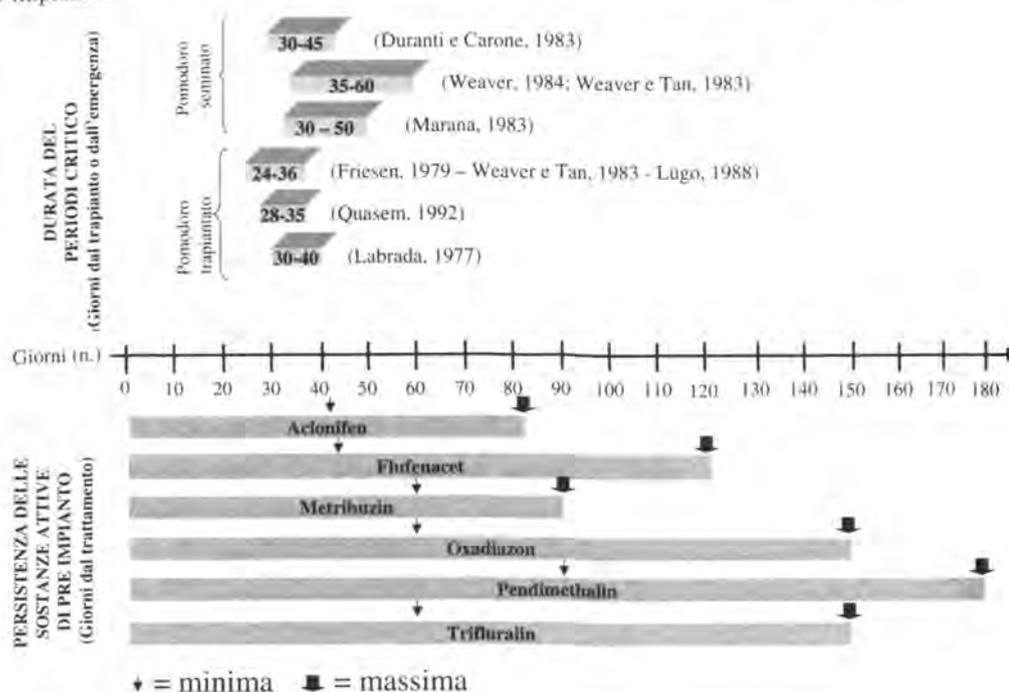
La conoscenza, invece, delle specie la cui infestazione risulti in fase di incremento in un dato territorio o soltanto a livello della singola azienda, può consentire, qualora tali specie siano ritenute dannose, di variare la tipologia dei programmi di diserbo, in modo tale che permettano di impedire o almeno di ostacolare il progredire degli inerbimenti, oltre che di mettere in atto altre pratiche di controllo di tipo indiretto.

Il *S. nigrum* continua ad essere attualmente la specie più diffusa ed abbondante in Italia ed a costituire il problema chiave nel nostro Paese ed in tutta l'area mediterranea (Montemurro e Tei, 1998), a causa della pressione selettiva esercitata dagli erbicidi impiegati nel passato, oltre che alla grande scalarità di emergenza ed alla non trascurabile potenzialità di produrre semi posseduta da questa specie. Una sola pianta, infatti, è in grado di formare fino a 30.000 semi (Keeley e Thullen, 1983), parte dei quali riesce a conservarsi vitale fino a 39 anni (Toole e Brown, 1946).

La dannosità estrinsecabile dal *S. nigrum* è dimostrata dal fatto che le soglie d'infestazione di questa specie sono risultate uguali o inferiori ad una pianta per metro lineare nella coltura trapiantata (Maillet e Abdel Fatah, 1983; Damato e Montemurro, 1986), e prossime allo zero in quella seminata, (Caussanel *et al.*, 1989 e 1990; Jacquard e Abdel Fatah, 1988).

Per quanto concerne la durata del periodo critico della competizione delle infestanti (Fig. 2), nella coltura seminata è risultata compresa tra un minimo di 15 (Duranti e Carone, 1983) ed un massimo di 25 giorni (Weaver, 1984; Weaver e Tan, 1983) a partire da quello dell'emergenza, e tra 7 (Quasem, 1992) e 12 giorni (Friesen, 1979; Weaver e Tan, 1983) dopo il trapianto, nella coltura impiantata mediante tale sistema.

Figura 2. Periodi critici di competizione del pomodoro e persistenza agronomica degli erbicidi di pre-impianto.



Gli erbicidi

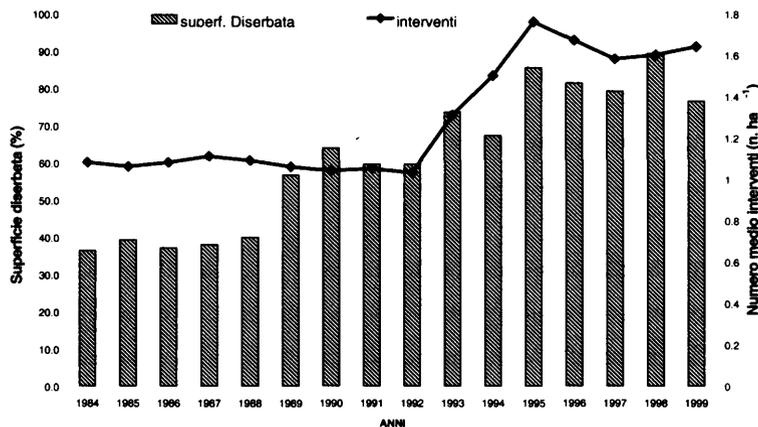
Le prime sostanze attive registrate per il pomodoro risalgono agli anni '60, nei quali furono resi disponibili per la coltura seminata, che era la più praticata, trifluralin, diphenamid, napropamide e chlorthal-dimethyl; successivamente, sono state introdotte l'isopropalin e la dinitramine, appartenenti ambedue alla famiglia delle nitroaniline. Nel 1972 viene registrato il metribuzin, diserbante che inizialmente viene impiegato esclusivamente in post-emergenza del pomodoro. Bisogna, poi, arrivare al 1993 perché in Italia sia possibile utilizzare due nuovi diserbanti, a base di rimsulfuron l'uno e di aclonifen l'altro, ed aspettare il 1997, il 1998 ed il 2000 per vedere registrati rispettivamente il pendimethalin, l'oxadiazon ed il flufenacet.

Alla fine degli anni '70 è stato messo in commercio il 1^o graminicida applicabile in post e vale a dire l'alloxydim sodium, attualmente non più disponibile, al quale ne fanno seguito degli altri quali il fluazifop-butyl, il quizalofop-ethyl, il fenoxaprop-ethyl, il cycloxydim, il propaquizafop ed il clethodim che sono stati introdotti tra il 1984 ed il 1996.

Relativamente alla immissione in commercio di nuovi erbicidi, tra il 1984 ed il 1999 le sostanze attive impiegabili sono passate da 8 a ben 22.

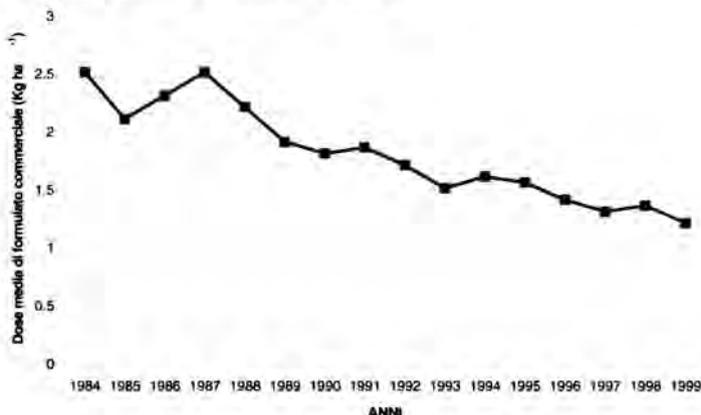
Per quanto concerne l'evoluzione del diserbo chimico in Italia (Fig. 3), è stato stimato come a partire dal 1989, per le superfici trattate, rispetto a quelle totali investite a pomodoro da industria, e dal 1993, per il numero medio di interventi eseguiti per ettaro, siano aumentati in modo netto, raggiungendo il valore massimo rispettivamente nel 1998 (85,5 %) e nel 1995 (1,7).

Figura 3. Evoluzione del diserbo chimico del pomodoro da industria nel periodo 1984-1999 in Italia: superfici diserbate rispetto a quelle coltivate e numero medio di interventi (Fonte: Bayer).



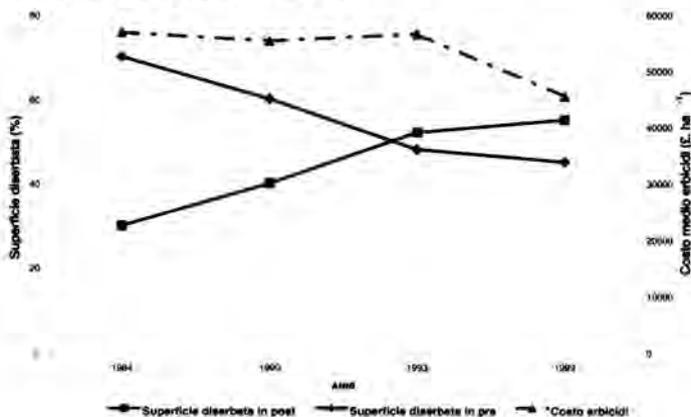
Le quantità medie di formulati distribuite per ettaro (Fig. 4), anche se in modo molto indicativo e superficiale, appaiono in progressiva diminuzione; tra il 1987 ed il 1999, infatti, i valori si sono ridotti rispettivamente da 2,5 a 1,2 kg ha⁻¹. Questo andamento decrescente è probabilmente da attribuirsi anche all'affermazione della coltura trapiantata dovuta, com'è noto, allo sviluppo del settore vivaistica ed al fatto che seguendo l'evoluzione verificatasi nella bieticoltura, è via via aumentato il numero degli ettari nei quali è stata adottata la tecnica del diserbo eseguito in post a dosi frazionate ridotte e molto ridotte (DMR) tecnica, quest'ultima, sperimentata con buoni risultati da Montemurro e Sarli (1994). C'è da segnalare, inoltre, una sicura ulteriore riduzione sia nei quantitativi di formulato e sia di sostanza attiva, derivante dal fatto che le industrie hanno reso disponibile un erbicida quale il rimsulfuron, appartenente alla famiglia chimica delle solfoniluree, che è attivo a bassissimo dosaggio e dall'aver immesso in commercio sotto forma isomerica delle s. a. già registrate quali il fluaizifop-P-butyl, il quizalofop-P-ethyl ed il fenoxaprop-P-ethyl).

Figura 4. Evoluzione del diserbo del pomodoro da industria nel periodo 1984-1999 in Italia: dosi medie di formulati commerciali impiegati (Fonte: Bayer).



Riguardo alle epoche d'impiego, le superfici diserbate prima della semina, dell'emergenza o del trapianto del pomodoro, sono diminuite dal 70 % del 1984, al 45% circa del 1999, al contrario di quelle gestite con interventi effettuati in post, il cui trend appare in crescita dal 28 al 57 % circa, sempre per lo stesso periodo. Pure per il costo medio degli erbicidi impiegati per ettaro si osserva un andamento in diminuzione; l'incidenza della spesa si è ridotta, infatti, da 56.500 £. ha⁻¹ del 1993 a 45.400 £. ha⁻¹ del 1999 (Fig. 5),

Figura 5. Evoluzione del diserbo del pomodoro da industria nel periodo 1984-1999 in Italia: epoche di intervento e costo medio erbicidi (Fonte: Bayer).



Le sostanze attive fino ad oggi registrate sono in totale diciannove; di queste, sette hanno un'attività mista (Tab.6), sette sono graminicidi applicabili in post (Tab. 7) e cinque sono ad azione totale (Tab. 8). La loro disponibilità consente di risolvere o quantomeno è di ausilio per trovare soluzioni accettabili per le problematiche di diserbo, in quanto nel loro spettro d'azione rientrano la maggior parte delle infestanti tipiche del pomodoro.

Tabella 6. Erbicidi ad azione mista.

Sostanza attiva	Nome commerciale	Dose di formulato commerciale (l o Kg ha ⁻¹)	Epoca dei trattamenti (1)
Aclonifen	Challenge	2,5 - 3	PS - PT
Metribuzin	Sencor WG Mesozin	0,5 - 2	PS - POST
Metribuzin+Flufenacet	Cadou pomodoro	0,8-1	PT
Oxadiazon	Ronstar liquido	1,5 - 3	PT
	Ronstar granulare	20 - 40	PT - POT
Pendimetalin	Stomp 330 E	2 - 3	PT **
Rimsulfuron	Titus	0,05 - 0,06	POST
Trifluralin	Diversi	1 - 1,9 *	POE - PT

Note :

(1) PS = pre-semina ; PRE = pre-emergenza ; PT = pre-trapianto ; POE = post - emergenza ; POT = post-trapianto ; POST = post-emergenza e post-trapianto.

* con formulato al 45,8 % di principio attivo.

** effettuare il trattamento almeno 7-8 giorni prima del trapianto; evitare di rincalzare le piantine prima di 30 giorni dalla distribuzione dell'erbicida.

Tabella 7. Erbicidi ad azione graminicida.

Sostanza attiva	Nome commerciale	Dose di formulato commerciale (l o Kg ha ⁻¹)
Fenoxaprop-P-ethyl	Whip S	1,5 - 1,8
Fluazifop-P-butyl	Fusilade N13	1,5 - 1,8
Propaquizafop	Agil	0,8 - 1,2
Quizalofop-P-ethyl	Targa Gold	1,5 - 1,8
Cycloxydim	Stratos	1 - 1,25
Cletodim	Select	0,6
Sethoxydim *	Fervinal, Grasidim	1 - 2

*Non miscibile con metribuzin

Tabella 8. Erbicidi ad azione totale.

Sostanze attive	Prodotti commerciali	Dosi di f. c. (l ha ⁻¹)
Paraquat +Diquat	Seccatutto	4 - 7
Glufosinate ammonium	Basta	4 - 8
Glyphosate	Diversi	1,5 - 4 1 - 2 *
Glyphosate trimesium	Supral	4,5 - 7,5

* Dosi ridotte aggiungendo 8-10 Kg/Ha di solfato ammonico alla soluzione erbicida.

Relativamente ai diserbanti distribuibili prima dell'impianto della coltura, fermo restando che tutti sono dotati di una persistenza che è tale da proteggere sia la coltura seminata che quella trapiantata durante tutto il periodo critico della competizione ed anche oltre (Fig. 2), senza provocare danni sulle colture in successione, a parità di prestazione nel controllo di una determinata infestazione, la loro scelta potrebbe avvenire tra quelli con la durata d'azione più limitata nel tempo i quali, generalmente, sono a più basso impatto ambientale. Ma per isolare preventivamente ed in modo più preciso, a parità di prestazione agronomica, le s. a. più compatibili dal punto di vista ambientale e tossicologico, possono risultare utili gli indici ambientali calcolati per ciascun erbicida applicabile nelle coltivazioni di pomodoro (1998) riportati nella tabella 9; nella stessa tabella viene anche indicato un altro indice denominato integrato, che compendia in modo olistico l'impatto che ognuno degli erbicidi possiede e, perciò, può essere ancor più indicativo nella fase della selezione degli erbicidi stessi.

Tabella 9. Indici di impatto ambientale dei principali erbicidi. (da Otto *et al.*, 1996; Otto e Zanin, dati non pubblicati).

Principi attivi	GUS	Classe	Log J	Classe	LogK _{ow}	Classe	Indice ambientale	NOEL	Classe	DL50	Classe	CL50	Classe	Indice tossicologico	Classe di carico	Indice integrato
Aclonifen	0.1	2	-3.58	1	4.37	3	6	400	2	5000	2	0.67	3	12	2	144
Cycloxydim	1.41	2	-3.74	1	1.36	2	4	100	2	5000	2	220	1	4	2	32
Diquat dibromide	-6.00	1	-3.62	1	-4.60	1	1	85	3	231	4	21	3	36	3	72
Fenoxaprop-P-etihyl	0.02	2	-4.10	1	4.19	3	6	80	3	4670	2	0.48	3	18	2	216
Fluazifop-P-butyl	0.28	2	-1.98	2	4.50	3	12	10	3	3680	2	1.07	3	18	2	432
Glyphosate	-0.64	1	-3.28	1	-3.59	1	1	300	2	5600	1	86.0	3	6	3	18
Glyphosate trimesium	-0.18	1	-3.20	1	-3.59	1	1	300	2	748	3	1800	1	6	1	24
Glufosinate ammonium	1.69	2	-2.85	2	0.10	1	4	40	3	2000	2	710	2	12	2	144
Metribuzin	3.56	4	-3.07	1	1.58	2	8	100	2	2000	2	64	2	8	2	128
Oxadiazon	0.87	2	-2.73	2	4.86	2	8	10	4	5000	2	1.2	4	32	4	768
Paraquat dchloride	-6.00	1	-2.79	2	-4.60	1	1	170	2	157	5	32	3	30	3	120
Pendimethalin	0.59	2	-1.17	2	5.18	3	12	100	2	1250	2	0.14	3	12	2	288
Propaquizafop	-0.75	1	-8.03	1	4.78	3	3	89	3	5000	2	1.2	3	18	2	108
Quizalofop-P-ethyl	1.29	3	-7.78	1	4.28	3	9	25	3	1670	2	10.7	2	12	1	108
Rimsulfuron	1.26	2	-4.51	1	0.03	2	4	300	2	5000	2	390	1	4	1	16
Sethoxydim	1.40	2	-3.63	1	1.65	2	4	246	2	3200	2	38	2	8	2	64
Trifluralin	0.18	2	-0.76	2	5.27	3	12	813	2	5000	2	0.01	3	12	2	288

La rotazione

L'inserimento nella rotazione di specie colturali che consentono di eliminare in modo ottimale le specie infestanti ritenute dannose per il pomodoro e di difficile eliminazione durante la sua coltivazione, può contribuire a diminuirne il più possibile sia la disseminazione e sia l'incremento della loro infestazione potenziale nel terreno. A titolo di esempio, nella tabella 10 sono riportate alcune colture e gli erbicidi in grado di ben contenere l'inerbimento dell'erba morella.

Tabella 10. Colture ed erbicidi per un controllo del *Solanum nigrum* nell'avvicendamento.

COLTURA	SOSTANZA ATTIVA
Soia	Acifluorfen
Mais	Alachlor,
Pisello, soia, riso, mais	Bentazone
Segale, mais	Bromoxynil
Barbabetola da zucchero	Chloridazon
Carota, ortaggi a bulbo, lattughe e simili, fagiolo, pisello, finocchio, carciofo, patata, barbabetola da zucchero, erba medica	Chlorpropham
Carota, ortaggi a bulbo, solanacee, cetriolo, melone, cocomero, cavoli, lattuga, scarola, pisello, asparago, finocchio, carciofo	Chlorthal-dimethyl
Cavoli, colza, mais, barbabetola da zucchero	Clopyralid
Spinacio, barbabetola da zucchero	Cycloate
Barbabetola da zucchero	Desmedipham
Tabacco, barbabetola da zucchero	Ethofumesate
Fava, cece, soia, favino, erba medica	Imazethapyr
Carota, fagiolo, fagiolino, asparago, finocchio, carciofo, girasole, soia, patata, mais	Linuron
Barbabetola da zucchero	Metamitron
Cavoli, colza, patata, carciofo	Metazachlor
Pisello, girasole, patata, mais	Methabenzthiazuron
Cetriolo, melone, cocomero, asparago	Naptalam
Mais	Nicosulfuron
Cipolla, carciofo, cavolo, girasole	Oxyfluorfen
Barbabetola da zucchero	Phenmedipham
Mais	Primisulfuron
Carota, fagiolo, pisello, carciofo, girasole, soia, patata, mais, sorgo, foraggiere leguminose	Prometryn
Ortaggi a bulbo, cavoli, sorgo	Propachlor
Lattughe, bietola da costa, fagiolo, carciofo, barbabetola da zucchero, foraggiere leguminose	Propyzamide
Pisello, fava, girasole, patata, mais	Terbutryn
Barbabetola da zucchero	Triflursulfuron

Lo stesso tipo di strategia può permettere di evitare che determinate specie infestanti che sono segnalate in via di aumento della loro diffusione in un determinato comprensorio o a livello aziendale, diventino nel tempo un problema di difficile soluzione, come appunto si è verificato per il *S. nigrum*. Nella tabella 11 sono, perciò, state indicate per ciascuna delle specie infestanti che

secondo Viggiani e Montemurro (2000) potrebbero incrementare in un prossimo futuro la loro presenza in alcune aree pomodoricole italiane, le colture inseribili negli avvicendamenti colturali e gli erbicidi in grado di contenere tali specie infestanti. Solo per il *Tribulus terrestris* L. non è stato possibile reperire informazioni concernenti i diserbanti in grado di eliminare questa specie durante la coltivazione di una specie colturale erbacea.

Tabella 11. Colture ed erbicidi per un controllo nell'avvicendamento delle specie infestanti di probabile aumento di diffusione.

INFESTANTE	SOSTANZA ATTIVA	COLTURE
<i>Phytolacca americana</i>	Dicamba	Asparago, frumento, orzo, segale, avena, riso, mais, sorgo
	Nicosulfuron, primisulfuron	Mais
	Thifensulfuron	Frumento, orzo, avena, mais
<i>Hibiscus trionum</i>	Primisulfuron	Mais
	Thifensulfuron	Frumento, orzo, avena, mais
	Acifluorfen	Soia
	Bentazone	Pisello, soia, frumento, orzo, segale, avena, riso, mais
	Desmedipham	Bietola da orto, barbabietola da zucchero e da foraggio
<i>Equisetum</i> spp.	Dicamba	Asparago, frumento, orzo, segale, avena, riso, mais, sorgo
	Dichlobenil	Frumento, erba medica, trifoglio
	Dichlorprop	Frumento, orzo, segale, avena, riso
	MCPA	Cereali
	Thifensulfuron	Frumento, orzo, avena, mais
	2,4-D	Patata, cereali, trifoglio
	2,4-DB	Pisello, cereali (escluso mais e sorgo), foraggiere leguminose, prati, pascoli
	Bromoxynil	Aglio, frumento, orzo, segale, avena, mais
	Chlorsulfuron	Frumento
<i>Cyperus</i> spp.	Metosulam	Frumento, orzo, riso, avena, segale
	2,4-D	Patata, cereali, trifoglio
	2,4 DB	Pisello, cereali (escluso mais e sorgo), foraggiere leguminose, prati, pascoli
<i>Silybum marianum</i>	Tribenuron-methyl	Frumento, orzo

I mezzi di distribuzione degli erbicidi

A proposito dei mezzi di distribuzione degli erbicidi, anche questi possono svolgere un ruolo molto importante ai fini della tutela della produttività e della redditività delle coltivazioni di pomodoro, e della diminuzione dell'impatto ambientale dei diserbanti stessi. Ciò è stato reso possibile dall'elevato livello di tecnologia raggiunto dalle macchine distributrici in senso lato; la disponibilità di ugelli adatti ad ogni tipo di trattamento e, contemporaneamente, la precisione con la quale si possono applicare i volumi di soluzione erbicida, permettono di adottare la tecnica delle

DMR. Inoltre, la reale possibilità oggi esistente di posizionare i diserbanti in modo localizzato sia negli spazi interfilari e sia direttamente sulla fila e, in quest'ultimo caso, sia prima che dopo l'insediamento della coltura, consente di ridurre in maniera abbastanza significativa le quantità da distribuire, a conferma del trend in decremento al quale in precedenza si è fatto riferimento e che è delineato nella figura 2. .

La tecnica colturale

Sicuramente grande è l'importanza ed il peso che la tecnica colturale adottata per qualunque coltivazione, quella del pomodoro compresa, esercita soprattutto sulla densità e sulla tipologia dell'inerbimento da un lato, e sulla riuscita del diserbo dall'altra.

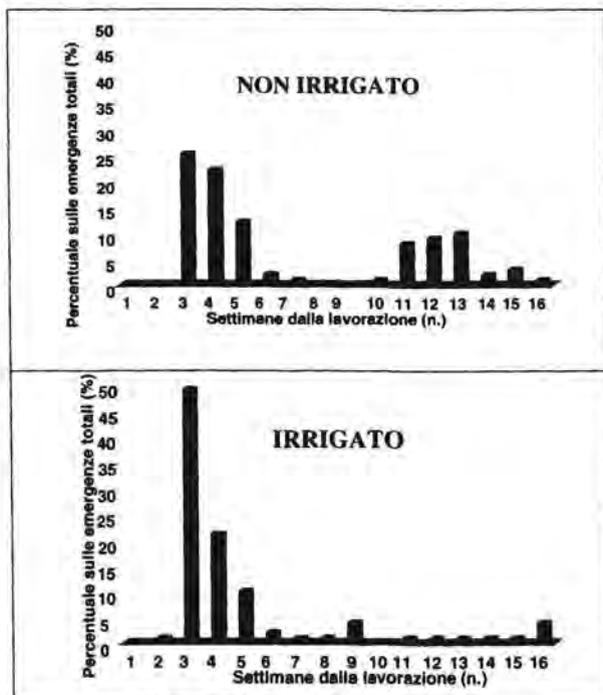
Tra gli aspetti più salienti c'è quello della tecnica dell'impianto; rispetto alla semina, il trapianto permette una lotta meccanica più accurata ed efficiente e conferisce al pomodoro un vantaggio competitivo verso le erbe infestanti (Weaver *et al.*, 1987); inoltre, è stata accertata una riduzione da 8 a 5 settimane del periodo richiesto di assenza dalle malerbe (Weaver, 1984).

Per quanto concerne la concimazione, i risultati di studi eseguiti da Fawcett e Slife (1978) e da Roberts (1981) hanno evidenziato come i fertilizzanti azotati, ed in particolar modo i nitrati, influenzano notevolmente la dormienza dei semi delle infestanti e quindi l'entità dell'infestazione in campo.

L'efficienza delle infestanti nell'utilizzo dei nutrienti contenuti nel terreno è superiore rispetto pomodoro (Qasem, 1992), in special modo quando il loro contenuto nel terreno è limitato. È stato, infatti, accertato da Minotti (1977) come il *C. album* è in grado di asportare quantità di potassio molto più elevate in confronto al pomodoro, soprattutto quando vi è appunto una ridotta disponibilità di questo elemento.

Anche l'irrigazione, sia per il fatto che può essere apportatrice di semi attraverso l'acqua proveniente da invasi (Kelly e Bruns, 1975) e sia perché stimola la germinazione dei semi delle infestanti, incide in modo significativo sull'intensità degli inerbimenti. Una razionale gestione dell'acqua può avvenire: a) ricorrendo ad una distribuzione localizzata sulla fila, per ridurre la pressione competitiva derivante dall'infestazione; b) nell'ottica di una regolazione dei flussi di emergenza delle erbe infestanti tale da indurre una maggiore efficienza della tecnica della falsa semina; studi effettuati da Bond e Baker (1990), infatti, hanno evidenziato come gli interventi irrigui eseguiti dopo la preparazione del letto d'impianto, stimolino un inerbimento più precoce e più concentrato rispetto a terreni non irrigati; nella figura 6 sono riportati i flussi di emergenza quantificati con e senza l'ausilio dell'irrigazione.

Figura 6. Flussi di emergenze nel mese di Aprile conseguenti alla preparazione del letto di semina, con e senza intervento irriguo, per un periodo di 16 settimane dopo l'intervento (Bond e Baker, 1990)



Le caratteristiche del terreno

Le conoscenze delle caratteristiche del terreno sono anch'esse utili ai fini della ricerca di soluzioni di diserbo che siano ottimali. È noto come in presenza di terreni torbosi è assolutamente sconsigliabile il ricorso ad erbicidi ad applicazione suolo, mentre particolare attenzione deve essere rivolta ai dosaggi di impiego quando la coltivazione del pomodoro avviene su suoli a tessitura sabbiosa; in quest'ultimo caso, nella scelta delle s. a. può essere d'aiuto l'indice di lisciviabilità (GUS), riportato nella tabella 9, tenendo presente il quale, a parità di efficacia erbicida è preferibile la s. a. con il valore indice più basso.

Normative comunitarie e nazionali

Le normative europee, come ad esempio quella che si riferisce al Reg. 2078/92, che come è noto erogano incentivazioni economiche con l'obiettivo di ridurre, tra l'altro, l'impiego dei fitofarmaci, hanno e continuano ad influenzare in modo abbastanza rilevante anche le tecniche di gestione della flora infestante ed in modo particolare la scelta degli erbicidi. Infatti, ogni regione si è dotata di propri disciplinari che appunto limitano gli agricoltori nella scelta delle sostanze attive da impiegare

L'ottimizzazione del diserbo

L'ottimizzazione del diserbo del pomodoro da industria, così come per la maggior parte delle colture agrarie, non può che essere ideata prevedendo un controllo di tipo integrato della flora infestante. In tale tipo di controllo, infatti, le strategie di contenimento delle malerbe sono scelte rifacendosi in modo particolare alle conoscenze in materia di biologia ed ecologia delle infestanti, di agronomia, di tecnologia del diserbo e di impatto ambientale.

Tra i principi base per gestire in modo integrato le erbe infestanti, come è noto, vi sono quelli di adottare innanzitutto una serie di azioni che servono per prevenire l'introduzione e la diffusione delle malerbe e di selezionare tra le pratiche colturali da effettuare, quelle che permettono alla specie coltivata di risentire il meno possibile della competizione.

Partendo dal presupposto che sia le azioni preventive e sia quelle riguardanti la gestione dell'agrotecnica concernenti il pomodoro da industria, riepilogate rispettivamente nei prospetti 1 e 2, vengano messe in atto, qui di seguito si riportano alcuni programmi di ottimizzazione del diserbo adeguati alla difesa della produttività ed alla tutela dell'ambiente, che sono stati strutturati prospettando situazioni diverse in termini di inerbimento, di terreno e di rispetto delle direttive comunitarie e nazionali.

Prospetto 1. Pratiche preventive per il controllo della flora infestante

- Utilizzare sementi dotate di elevata purezza.
- Filtrare le acque irrigue, in special modo quelle provenienti da invasi.
- Pulire gli attrezzi e le macchine agricole da rizomi o stoloni di infestanti perennanti.
- Controllare le erbe infestanti in zone incolte situate in prossimità dei campi coltivati.
- Adottare la tecnica della falsa semina.
- Asportare dai campi, se possibile, alla fine delle coltivazioni le piante infestanti sopravvissute ritenute pericolose e/o di costoso controllo in una o più delle colture previste nella rotazione.

- Preferire il trapianto alla semina.
- Scegliere l'investimento unitario più alto tra quelli possibili, allo scopo di "togliere spazio" alle erbe infestanti.
- Effettuare le sarchiature meccaniche a bassa profondità (massimo 10 cm) tra le file, al fine di non riportare molti semi di malerbe in superficie e non danneggiare le radici delle piante di pomodoro.
- Utilizzare metodi irrigui di tipo localizzato.
- Praticare, se possibile, la fertirrigazione o, comunque, una distribuzione localizzata dei concimi, soprattutto di quelli azotati.

Coltura seminata

Qualora si ricorra all'impianto della coltura attraverso la semina diretta, tranne nel caso di una infestazione di livello misto e moderato (D) (Prospetto 3), l'esecuzione della falsa semina, pur comportando quasi sempre un certo ritardo dell'operazione della vera semina, appare indispensabile; per l'eliminazione delle malerbe presenti si può ricorrere ad un'erpatura o un ad un intervento con erbicidi ad azione totale. L'impiego di questi ultimi si rende necessario, naturalmente in presenza di nuovo inerbimento, anche nella fase che precede l'emergenza del pomodoro; in particolare, nel caso delle zone a rischio virosi (B), è opportuna l'aggiunta del metribuzin o dell'aclonifen.

Effettuato il diradamento, contemporaneamente al quale per prassi l'infestazione viene eliminata operando una sarchiatura manuale sulla fila e meccanica tra le file, gli inerbimenti che si insedieranno successivamente potranno essere controllati distribuendo in modo localizzato sulle file l'oxadiazon, in forma granulare, o il metribuzin, impiegato da solo o miscelato a rimsulfuron, indispensabile nelle aree nelle quali abbonda il *S. nigrum* (A), oppure ad un graminicida (B-C e D).

Prospetto3. Possibili programmi di ottimizzazione nella coltura seminata.

	FALSA SEMINA	PRE-SEMINA	PRE-EMERGENZA	POST-EMERGENZA	
				DIRADAMENTO	POST-DIRADAMENTO
A	Erpicazione superficiale + metribuzin		Erbicidi totali	Sarchiatura	Con <i>Solanum nigrum</i> allo stadio cotiledonale: Metribuzin + rimsulfuron oppure oxadiazon granulare localizzati sulle file e sarchiatura interfilare.
	Erbicidi totali + metribuzin.				
B	Erpicazione superficiale o erbicidi totali.		Aclonifen + erbicidi totali in presenza di infestanti già nate.	Sarchiatura	Metribuzin + rimsulfuron o graminicida localizzati sulle file e sarchiatura interfilare.
	Erbicidi totali + metribuzin		Erbicidi totali.		
C	Erpicazione superficiale o erbicidi totali*.		Erbicidi totali*.	Sarchiatura	Metribuzin + rimsulfuron o graminicida localizzati sulle file e sarchiatura interfilare.
D		Metribuzin.	Erbicidi totali.	Sarchiatura	Metribuzin + rimsulfuron o graminicida localizzati sulle file e sarchiatura interfilare.

A = Aree con prevalente infestazione di *Solanum nigrum*.

B = Aree a rischio virusi.

C = Aree nelle quali non è possibile effettuare interventi con erbicidi residuali (terreni torbosi, aziende soggette a disciplinari di produzione).

D = Aree inerbite da flora equilibrata.

* = Verificare la possibilità di utilizzo nel caso di adesione a disciplinari di produzione.

Coltura trapiantata

Nella coltura trapiantata (Prospetto 4), così come in quella seminata, la falsa semina è praticamente indispensabile in tutte le situazioni ipotizzate fatta eccezione in quelle nelle quali è prevedibile una infestazione con flora equilibrata.

L'adozione della falsa semina comporta nelle aree nelle quali il *S. nigrum* è prevalente (A) ed in quelle con alto rischio di virosi (B), l'effettuazione di un trattamento con erbicidi totali miscelati a quelli residuali oppure la distribuzione di questi ultimi subito dopo aver praticato l'erpicoltura; successivamente, per gli inerbimenti insediatosi dopo il trapianto, è preferibile ricorrere a due interventi eseguiti sulle file con metribuzin a DMR miscelato a rimsulfuron, indispensabilmente quando il *S. nigrum* è allo stadio cotiledonare (A), o ad un graminicida se ritenuto necessario (B), integrati con la sarchiatura nell'interfilare.

Nelle aree dove l'impiego di prodotti residuali non può essere eseguito (C) per la natura eccessivamente torbosa dei terreni o per vincoli posti dai disciplinari, l'inerbimento costituitosi in conseguenza della pratica della falsa semina può essere controllato ricorrendo all'erpicoltura o alla distribuzione di erbicidi di post ad azione totale; per le infestazioni successive al trapianto, la strategia possibile è la stessa eseguibile nelle aree di tipo B.

Infine, qualora la flora attesa fosse equilibrata (D), eseguito un intervento in pre con erbicidi residuali, a trapianto avvenuto si può benissimo operare applicando in modo localizzato l'oxadiazon, in forma granulare, oppure secondo quanto indicato per le aree B e C.

Figura 8. Possibili programmi di ottimizzazione nella coltura trapiantata.

	FALSA SEMINA	PRE-TRAPIANTO	POST-TRAPIANTO	
A	Erpicatura superficiale o erbicida totale + erbicidi residuali.		I DMR (<i>Solanum nigrum</i> allo stadio cotiledonale) con metribuzin + rimsulfuron localizzati sulle file + sarchiatura interfilare.	II DMR (<i>Solanum nigrum</i> allo stadio cotiledonale) con metribuzin + rimsulfuron localizzati sulla file + sarchiatura interfilare.
B	Erpicatura superficiale o erbicida totale + erbicidi residuali.		I DMR (infestanti allo stadio di cotiledoni-prime foglie vere) con metribuzin + rimsulfuron o graminicida localizzati sulle file + sarchiatura interfilare.	II DMR (infestanti allo stadio di cotiledoni-prime foglie vere) con metribuzin + rimsulfuron o graminicida localizzati sulle file + sarchiatura interfilare.
C	Erpicatura superficiale o erbicida totale*.		I DMR (infestanti allo stadio di cotiledoni-prime foglie vere) con metribuzin + rimsulfuron o graminicida localizzati sulle file + sarchiatura interfilare.	II DMR (infestanti allo stadio di cotiledoni-prime foglie vere) con metribuzin + rimsulfuron o graminicida localizzati sulle file + sarchiatura interfilare.
D		Erbicidi residuali.		Metribuzin + rimsulfuron o graminicida oppure oxadiazon in formulato granulare.
		Erbicidi residuali.	I DMR (infestanti allo stadio di cotiledoni-prime foglie vere) con metribuzin + rimsulfuron o graminicida localizzati sulle file + sarchiatura interfilare.	II DMR (infestanti allo stadio di cotiledoni-prime foglie vere) con metribuzin + rimsulfuron o graminicida localizzati sulle file + sarchiatura interfilare.

A = Aree con prevalente infestazione di *Solanum nigrum*.

B = Aree a rischio virosi.

C = Aree nelle quali non è possibile effettuare interventi con erbicidi residuali (terreni torbosi, aziende soggette a disciplinari di produzione).

D = Aree inerbite da flora equilibrata.

* = Verificarne la possibilità di utilizzo nel caso di adesione a disciplinari di produzione.

Conclusioni

Le attuali possibilità di ottimizzare il controllo delle erbe infestanti nella coltura del pomodoro da industria sembrano abbastanza adeguate, soprattutto in quella trapiantata, alla risoluzione della maggior parte delle problematiche di diserbo nel pieno rispetto della produttività e dell'ambiente.

Riguardo al *S. nigrum*, la specie che comunque continua a porre le maggiori difficoltà ai coltivatori di pomodoro, in attesa che l'industria chimica metta a disposizione un erbicida distribuibile in post ed efficace anche quando le piante di tale malerba si trovano a stadi fenologici successivi a quelli iniziali, è indispensabile ridurre l'infestazione potenziale presente nei terreni inserendo opportune colture nella rotazione, strategia mediante la quale è possibile evitare anche pericolosi fenomeni di flora di compensazione.

In ogni caso, un'ottimizzazione del diserbo non può astrarre dal ricorso a strategie di tipo integrato; in particolare, l'impiego di erbicidi a DMR e la localizzazione degli interventi assicurano un'ottimale e razionale gestione complessiva del diserbo, nonché una consistente riduzione del mezzo chimico.

Bibliografia

- BOND W e BAKER PJ (1990) Patterns of weed emergence following soil cultivation and its implications for weed control in vegetable crops. *Proceedings of Symposium on "Crop protection in organic and low input agriculture"*, British Crop Protection Council **45**, 63-68.
- CAUSSANEL JP, BRANTHÔME X, MAILLET J, CARTERON A (1990) Influence de la densité et de la période de concurrence de *Solanum nigrum* L. sur la tomate de semis directe en relation avec le désherbage. *Weed Res.* **30**: 341-354.
- CONTI M, GALLITELLI D, LISA V, LOVISOLO O, MARTELLI GP, RAGOZZINO A, RANA GL, VOVLAS C (1996) *I principali virus delle piante ortive*. Ed. Bayer, Milano, 206 pagg.
- DAMATO G, MONTEMURRO P (1986) Studio della competizione tra *Solanum nigrum* L. e pomodoro da industria trapiantato. *La Difesa delle Piante* **9** (4): 359-364.
- DURANTI A, CARONE F (1983) Rapporti di competitività tra pomodoro seminato (*Lycopersicon esculentum* Mill., cv Petegrò) ed infestanti. *Riv. Ortofrutt. It.* **67**: 191-207.
- FAWCETT RS, SLIFE FW (1978) Effect of field applications of nitrates on weed seed germination and dormancy. *Weed Science* **26**: 594-596.
- FRIESEN GH (1979) Weed interference in transplanted tomatoes (*Lycopersicon esculentum*). *Weed Sci.* **27**: 11-13.
- JACQUARD P, ABDEL FATAH H (1988) Compétition entre adventices et plantes cultivées: cas de *Solanum nigrum* L. et *Lycopersicon esculentum* Mill. *VIII Coll. Intern. Biol. Ecol. System. Mauvaises Herbes* **2**: 537-548.

- KELLEY AD, BRUNS VF (1975) Dissemination of weed seeds by irrigation water. *Weed Science* **23** (6): 486-493.
- LABRADA R., SANTOS J. Critical period of weed competition in transplanted tomatoes *Agrotecnica de Cuba* **9**: (2) 111-119.
- LUGO M. L., LIU L.C., ALMODOVAR L. (1988) The critical period of weed competition in transplanted tomatoes *J. Agric. Univ. Puerto Rico* **72**: (2) 291-296.
- MAILLET J, ABDEL FATAH H (1983) Etudes préliminaires sur la concurrence entre *Solanum nigrum* ssp. *eu-nigrum* L. (morelle noire) et *Lycopersicon esculentum* Mill. (tomate) en culture repiquée. *Weed Res.* **23**: 217-219.
- MARANA J, GONGOLA R., PAREDES E., LABRADA R. (1983) Critical period for competition from weeds in direct-sown tomato. *Ciencia y Técnica en la Agricultura, Hortalizas, Papa, Granos y Fibra*, **2**: 73-83.
- MINOTTI PL (1977) Differential response of tomato and lambsquarter seedling to potassium level. *Journal of the American Society of Horticultural Science* **102**: 646-648.
- MONTEMURRO P, SARLI G (1994) Diserbo a dosi frazionate e ridotte nella coltura del pomodoro da industria trapiantato (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Atti Giornate Fitopatologiche*, vol. **1**: 307-312.
- MONTEMURRO P, TEI F (1998) Il controllo della flora infestante nelle colture orticole: problematiche agronomiche. *Atti XI Convegno Biennale S.I.R.F.I. "Il controllo della flora infestante nelle colture orticole"*, Bari 12-13 novembre 1998, 1-61.
- ONOFRI A, COVARELLI L, TEI F (1995) Efficacy of rimsulfuron and metribuzin against *Solanum nigrum* L. at different growth stages in tomato. *Proc. 16th COLUMA Conference, International Meeting on Weed Control, Reims*: 993-1000.
- ONOFRI A, VISCHETTI C, RAPPARINI G, MARCHI F (1998) Comportamento ambientale degli erbicidi impiegati nelle colture orticole. *Atti XI Convegno Biennale S.I.R.F.I. "Il controllo della flora infestante nelle colture orticole"*, Bari 12-13 novembre 1998, 111-164.
- OTTO S., VICARI A., ZANIN G., CATIONE P. (1996) Aspetti ecotossicologici e stima del rischio ambientale *Atti X Convegno Biennale S.I.R.F.I. "Il diserbo delle aree extra agricole"* Padova 12 dicembre 1996, 97-133.
- QASEM JR (1992) Nutrient accumulation by weeds and their associated vegetable crops. *Journal Horticultural Science* **67**: 189-195.
- QASEM JR (1993) Root growth, development and nutrient uptake of tomato (*Lycopersicon esculentum*) and *Chenopodium album*. *Weed Research* **33**: 35-42.
- ROBERTS EH (1981) The interaction of environmental factors controlling loss of dormancy in seeds. *Annals Applied Biology* **98**: 552-555.

- TOOLE EH, BROWN E (1946) Final results of the Duvel buried seed experiment. *J. Agric. Res. (Wash)*. **72**: 201.
- VIGGIANI P, BALDONI G, MONTEMURRO P (1998) Indagine sulla flora infestante da industria in alcuni ambienti tipici italiani. Atti XI Convegno Biennale S.I.R.F.I. "Il controllo della flora infestante nelle colture orticole", Bari 12-13 novembre 1998, 241-251.
- VIGGIANI P, MONTEMURRO P. (2000) La vegetazione infestante nel pomodoro da industria in alcune aree italiane. *Inf. Fitopatologico*. **50** (5): 9-16.
- WEAVER SE (1984) Critical period of weed competition in three vegetable crops in relation to management practices. *Weed Res.* **24**: 317-325.
- WEAVER SE, TAN CS (1983) Critical period of weed interference in transplanted tomato (*Lycopersicon esculentum*): growth analysis. *Weed Sci.* **31**: 476-481.
- WEAVER SE, TAN CS (198) Critical period of weed interference in field-seeded tomatoes and its relation to water stress and shading. *Can. J. Plant Sci.* **67**:557-583.
- WEAVER SE, SMITS N, TAN CS (1987) Estimating yield losses of tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) caused by nightshade (*Solanum* spp.) interference. *Weed Sci.* **35**: 163-168.



Ottimizzazione delle dosi d'impiego di triflusulfuron-methyl nella barbabetola da zucchero

G. COVARELLI e E. PANNACCI

Dipartimento di Scienze Agroambientali e della Produzione Vegetale

Università degli Studi di Perugia

Borgo XX Giugno, 74 – 06121 PERUGIA

Riassunto

In Italia centrale, sono state eseguite due prove sperimentali di pieno campo su barbabetola da zucchero, dove triflusulfuron-methyl è stato utilizzato in post-emergenza a quattro dosi (da 1/1 a 1/8 della dose massima prevista in etichetta) da solo e in miscela con olio minerale (500 g ha⁻¹). Dai dati ottenuti, con metodiche di regressione non lineare, sono state estrapolate le “dosi minime per un’efficacia erbicida soddisfacente” (ED90), in relazione a ciascuna specie infestante presente in prova. Considerando le specie infestanti più sensibili (*Sinapis arvensis* L., *Polygonum lapathifolium* L., *Daucus carota* L. e *Ammi majus* L.), triflusulfuron-methyl ha mostrato un’efficacia erbicida soddisfacente anche a dosi ridotte fino al 75 - 80% rispetto alla dose massima riportata in etichetta. L’aggiunta dell’olio minerale ha migliorato l’efficacia di triflusulfuron-methyl nei confronti di *P. lapathifolium* e colza (disseminata negli anni precedenti), consentendo una riduzione di dose di circa l’80% rispetto a quella necessaria utilizzando l’erbicida da solo. Considerando l’infestazione pluri-specifica, la presenza di specie poco sensibili al triflusulfuron-methyl (*Chenopodium album* L. e *Polygonum aviculare* L.), non ha permesso riduzioni della dose senza perdite di efficacia, confermando come in presenza di queste specie è fondamentale miscelare triflusulfuron-methyl ad un opportuno principio attivo con spettro d’azione complementare.

Parole chiave: triflusulfuron-methyl, barbabetola da zucchero, curve dose-efficacia

Summary

Optimisation of triflusulfuron-methyl dosage in sugar beet

Two field experimental trials were carried out in central Italy, wherein triflusulfuron-methyl was sprayed post-emergence in sugar beet, at four different doses (from 1/1 to 1/8 of the maximum labelled dose), alone and in mixture with mineral oil (500 g ha⁻¹). Non-linear regression analysis was used to estimate the “minimum threshold for a

satisfactory efficacy” (ED90) for each weed species. Results showed that the most sensitive weeds (*Sinapis arvensis* L., *Polygonum lapathifolium* L., *Daucus carota* L. e *Ammi majus* L.) could be controlled with doses of triflusaluron-methyl 75-80% lower than the maximum labelled rates. Mineral oil increased the efficacy of triflusaluron-methyl against *P. lapathifolium* L. and volunteer colza, allowing for a rate reduction of about 80% to be achieved, with respect to triflusaluron-methyl alone. Considering the whole plurispecific weed flora, no reduction of doses could be achieved without an unacceptable loss of weed control, due to the presence of some tolerant species, such as *Chenopodium album* L. and *Polygonum aviculare* L.. With such species, it is confirmed the need for an effective partner to triflusaluron-methyl.

Key words: triflusaluron-methyl, sugar beet, dose-efficacy curves.

Introduzione

Negli ultimi anni è sempre più sentita l'esigenza di migliorare la compatibilità ambientale delle attività agricole e, di conseguenza, quello di razionalizzare e ridurre l'input chimico nell'ambiente. Nell'ambito del controllo delle piante infestanti una delle strategie possibili è quella di utilizzare gli erbicidi a dosi sistematicamente ridotte, rispetto a quanto indicato in etichetta (Davies *et al.*, 1993; Rydahl, 1995). Per raggiungere questo obiettivo, è possibile seguire due criteri di lotta guidata nei trattamenti di post-emergenza: 1) adeguare le dosi alla sensibilità delle specie infestanti effettivamente presenti, utilizzando sempre la “*dose minima necessaria per un controllo soddisfacente*” (Kudsk, 1989); 2) miscelare gli erbicidi con opportuni coadiuvanti (McWhorter, 1985).

Per mettere in atto questi criteri è necessario ottenere, per ciascun binomio “erbicida/specie infestante”, informazioni sperimentali quantitative su: 1) la relazione tra la dose dell'erbicida e la sua efficacia; 2) l'effetto operato dai coadiuvanti sull'anzidetta relazione (Green, 1992).

La presente ricerca ha preso in considerazione un erbicida solfonilureico, triflusaluron-methyl, impiegato nel diserbo di post-emergenza della barbabietola da zucchero (*Beta vulgaris* L. var. *saccharifera*), allo scopo di: 1) valutarne le “*dosi minime per un'efficacia erbicida soddisfacente*” verso le specie infestanti più diffuse in Italia centrale; 2) valutare l'opportunità di utilizzare questo prodotto in miscela con olio minerale, per un ulteriore abbassamento delle dosi senza perdite di efficacia.

Materiali e metodi

La ricerca è stata condotta nel 1997 e nel 2000 a Papiano (PG), presso i campi sperimentali del Dipartimento di Scienze Agroambientali e della Produzione Vegetale, Sezione di Agronomia e Coltivazioni erbacee, su terreno argilloso - limoso (22% sabbia, 45% limo, 33% argilla).

Sono state eseguite due prove sperimentali, una per ogni anno. La barbabietola da zucchero (var. Contact nel 1997 e var. Sirio nel 2000) è stata seminata il 18.03.97 e il 29.02.00 e coltivata seguendo le normali pratiche colturali, per quanto riguarda concimazioni, irrigazioni e trattamenti antiparassitari.

Le prove sperimentali sono state organizzate secondo uno schema a blocchi randomizzati con tre ripetizioni, su parcelle di 16 m² di superficie.

Triflusaluron-methyl è stato utilizzato a quattro dosi, pari a 2.5, 5, 10, e 20 g ha⁻¹. La dose più alta corrisponde a quella massima prevista in etichetta. Oltre che da solo, triflusaluron-methyl è stato utilizzato alle stesse dosi anche in miscela con olio minerale; quest'ultimo impiegato sempre alla dose di 500 g ha⁻¹ indipendentemente dalla dose di triflusaluron-methyl.

Oltre alle tesi anzidette, nelle prove sono stati inseriti anche un testimone non trattato ed uno trattato solo con olio minerale (500 g ha⁻¹). Questi sono stati inseriti per poter meglio separare l'effetto del triflusaluron-methyl da quello dell'olio minerale. Di ciascun principio attivo è stato utilizzato il formulato commerciale, cioè SAFARI (500 g kg⁻¹ di triflusaluron-methyl, DUPONT S.p.A.) e BIANCOLIO (800 g l⁻¹ di olio minerale, SIAPA divisione delle Industrie Chimiche Caffaro S.p.A.). I trattamenti erbicidi sono stati eseguiti utilizzando una pompa a spalla Oxford Sprayer per trattamenti parcellari, equipaggiata con ugelli a ventaglio "Albuz APG 110 - Yellow" in grado di erogare 300 l ha⁻¹ di soluzione erbicida alla pressione di 200 kPa.

L'emergenza scalare delle piante infestanti ha richiesto, in entrambi gli anni della ricerca, la ripetizione di ciascuno dei trattamenti prima indicati. In particolare, nel 1997 sono stati eseguiti tre trattamenti, l'11.04 (con la barbabietola a 2 foglie vere), il 03.05 (con la barbabietola a 4-6 foglie vere) e il 24.05 (con la barbabietola a 10 foglie vere); nel 2000 sono stati eseguiti invece due trattamenti, il 17.04 (con la barbabietola a 2-4 foglie vere) e il 28.04 (con la barbabietola a 4-6 foglie vere).

L'efficacia erbicida è stata valutata con un rilievo visivo, eseguito quattro settimane dopo l'ultimo trattamento secondo il metodo fito-sociologico dell'abbondanza-dominanza di Braun-Blanquet. I dati così ottenuti sono stati trasformati in percentuale di controllo delle singole specie infestanti rispetto al testimone non trattato e sottoposti ad ANOVA per valutare l'errore sperimentale per ciascuna delle variabili rilevate. I dati relativi alla percentuale di controllo delle singole specie infestanti, sono stati utilizzati per stimare le curve dose-efficacia, con metodiche di regressione non-lineare. A questo fine è stato utilizzato il seguente modello dose-efficacia:

$$Y = C + \frac{100 - C}{1 + \exp \left\{ -b \left[\log(X) - \log(ED90) - \frac{\log \frac{10}{90 - C}}{b} \right] \right\}} \quad (\text{Equazione 1})$$

dove Y è l'efficacia erbicida (in percentuale di malerbe controllate), X è la dose di triflusaluron-methyl, b è la pendenza della curva nel punto di flesso, C è l'asintoto inferiore, ED_{90} corrisponde alla dose di erbicida che ha controllato il 90% della flora infestante presente. Quest'ultimo parametro è stato assunto come "dose minima per un'efficacia erbicida soddisfacente" (Copping *et al.*, 1990). L'asintoto inferiore corrisponde all'efficacia erbicida nel testimone non trattato e pertanto è stato posto uguale a zero nel caso del triflusaluron-methyl impiegato da solo, ed è invece stato lasciato libero di assumere valori diversi da zero nel caso della miscela con olio minerale, in quanto corrispondeva all'efficacia biologica dell'olio utilizzato da solo.

Il buon adattamento delle regressioni ai dati osservati è stato valutato tramite analisi dei residui, mentre l'effetto dell'olio è stato valutato sulla base della significatività delle differenze tra le due curve ottenute per il triflusaluron da solo e con olio (Draper e Smith, 1981). Quando l'effetto dell'olio risultava significativo, la riduzione relativa della dose permessa dall'olio minerale rispetto al triflusaluron-methyl impiegato da solo è stata calcolata dal rapporto:

$$R = \frac{1 - ED_{90, \text{triflusaluron}}}{ED_{90, \text{triflusaluron+olio}}} \quad (\text{Equazione 2})$$

Risultati e discussione

I risultati dei rilievi visivi sull'efficacia erbicida delle diverse tesi diserbanti sono riportati in figura 1 (prova del 1997) e in figura 2 (prova del 2000). Oltre ai dati osservati, le figure 1 e 2 riportano anche i valori attesi secondo il già citato modello dose-efficacia, che si è sempre ben adattato in maniera significativa ai dati sperimentali.

Dalle relazioni dose-efficacia sono stati estrapolati i livelli di ED_{90} riportati in tabella 1. Dalle due figure risulta chiaramente come in tutti i casi ad un decremento della dose dell'erbicida è corrisposto un significativo decremento della sua efficacia, anche se l'entità di questo decremento si è mostrata fortemente dipendente dalla specie infestante considerata. Di conseguenza, le "dosi minime per un'efficacia erbicida soddisfacente" (ED_{90}), in alcuni casi, sono risultate molto inferiori a quelle normalmente consigliate in etichetta, mentre in altri casi si sono mostrate uguali o addirittura superiori (tabella 1).

In dettaglio, si può osservare che nella prova del 1997 è emersa un'infestazione composta da colza (*Brassica napus* L. var. *oleifera*, presente per disseminazione nelle annate precedenti) (79% di ricoprimento nel testimone non trattato), *Sinapis arvensis* L. (71% di ricoprimento), *Chenopodium album* L. (71%), *Galium aparine* L. (28%), *Polygonum lapathifolium* L. (22%) e *Ammi majus* L. (18%). Come già accennato, in quest'anno, le abbondanti emergenze tardive di piante infestanti hanno richiesto tre interventi di diserbo.

Triflusaluron-methyl da solo ha ben controllato solo *S. arvensis*, *P. lapathifolium* e *A. majus*, anche ad una dose che in ciascun intervento era pari rispettivamente al 17%, al 26% e al 74% di quella massima in etichetta (3.4 g ha⁻¹, 5.2 g ha⁻¹ e 14.8 g ha⁻¹ ripetuti in tre applicazioni, per un totale di 10.2 g ha⁻¹, 15.6 g ha⁻¹ e 44.4 g ha⁻¹). Per tutte le altre specie presenti in prova sarebbe stato necessario un dosaggio ben superiore alla dose massima in etichetta.

D'altra parte, l'aggiunta dell'olio minerale ha mostrato in quasi tutti i casi, la possibilità di conseguire a parità d'efficacia, una riduzione delle dosi di triflusaluron-methyl. Tuttavia tali riduzioni sono risultate statisticamente significative solo nel caso di *B. napus* e *P. lapathifolium* e pari rispettivamente all'85% e all'82% della dose necessaria impiegando il triflusaluron-methyl da solo.

Utilizzando l'olio minerale, oltre alle già citate *S. arvensis*, *P. lapathifolium* e *A. majus*, triflusaluron-methyl ha mostrato di controllare bene a dose ridotta anche *B. napus* (ad una dose di 8.4 g ha⁻¹, per ogni applicazione) e *G. aparine* (ad una dose di 13.1 g ha⁻¹, per ogni applicazione).

Nei confronti di *C. album* triflusaluron-methyl ha mostrato una scarsa efficacia erbicida anche quando miscelato all'olio minerale. Vista la notevole presenza di questa infestante nella prova (71% di ricoprimento nel testimone non trattato) è evidente come lo scarso controllo di quest'ultima si è ripercosso negativamente sull'efficacia erbicida totale di triflusaluron-methyl, che è stata insufficiente a tutte le dosi (efficacia erbicida massima del 70-80%), indipendentemente dall'olio minerale.

E' quindi particolarmente importante puntualizzare quanto già osservato da Covarelli e Onofri (1995) e da Covarelli *et al.* (2000), che la dose di un erbicida va comunque scelta in funzione delle specie meno sensibili; questo vanifica in gran parte la possibilità di ridurre le dosi di intervento, a meno che non si punti sulla scelta di miscele più o meno complesse di erbicidi dallo spettro d'azione complementare.

Per quanto riguarda i risultati della prova dell'anno 2000, nel testimone non trattato erano presenti: *Polygonum aviculare* L. (88% di ricoprimento nel testimone non trattato), *Stachys annua* (L.) L. (81% di ricoprimento), *P. lapathifolium* (75%), *Anagallis arvensis* L. (72%), *Kickxia spuria* (L.) Dumort (39%), *Daucus carota* L. (16%), *A. majus* (10%) e *C. album* (7%). Come già accennato, in questo secondo anno le emergenze tardive sono state più contenute che nel 1997 e sono stati pertanto sufficienti due interventi di controllo.

Si può osservare come triflusaluron-methyl da solo ha ben controllato solo *P. lapathifolium* e *D. carota* anche ad una dose rispettivamente pari al 47% e al 44% di quella massima d'impiego (9.4 g ha⁻¹ e 8.8 g ha⁻¹ ripetuti in due applicazioni, per un totale di 18.8 g ha⁻¹ e 17.6 g ha⁻¹). Per tutte le altre specie presenti in prova sarebbe stato necessario un dosaggio superiore a 20 g ha⁻¹ per intervento, cioè la dose massima in etichetta.

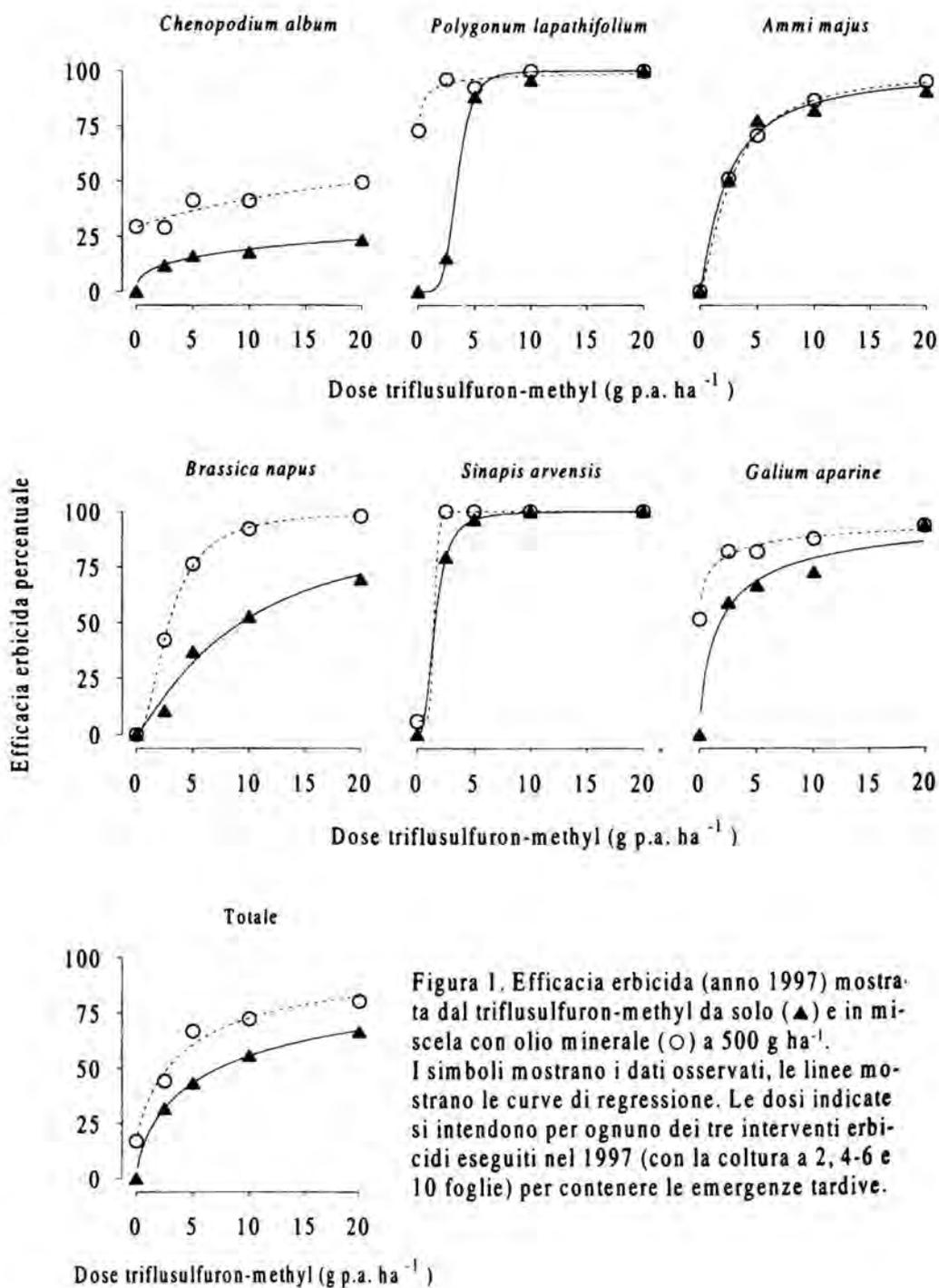


Figura 1. Efficacia erbicida (anno 1997) mostrata dal triflurosulfuron-methyl da solo (▲) e in miscela con olio minerale (○) a 500 g ha⁻¹. I simboli mostrano i dati osservati, le linee mostrano le curve di regressione. Le dosi indicate si intendono per ognuno dei tre interventi erbicidi eseguiti nel 1997 (con la coltura a 2, 4-6 e 10 foglie) per contenere le emergenze tardive.

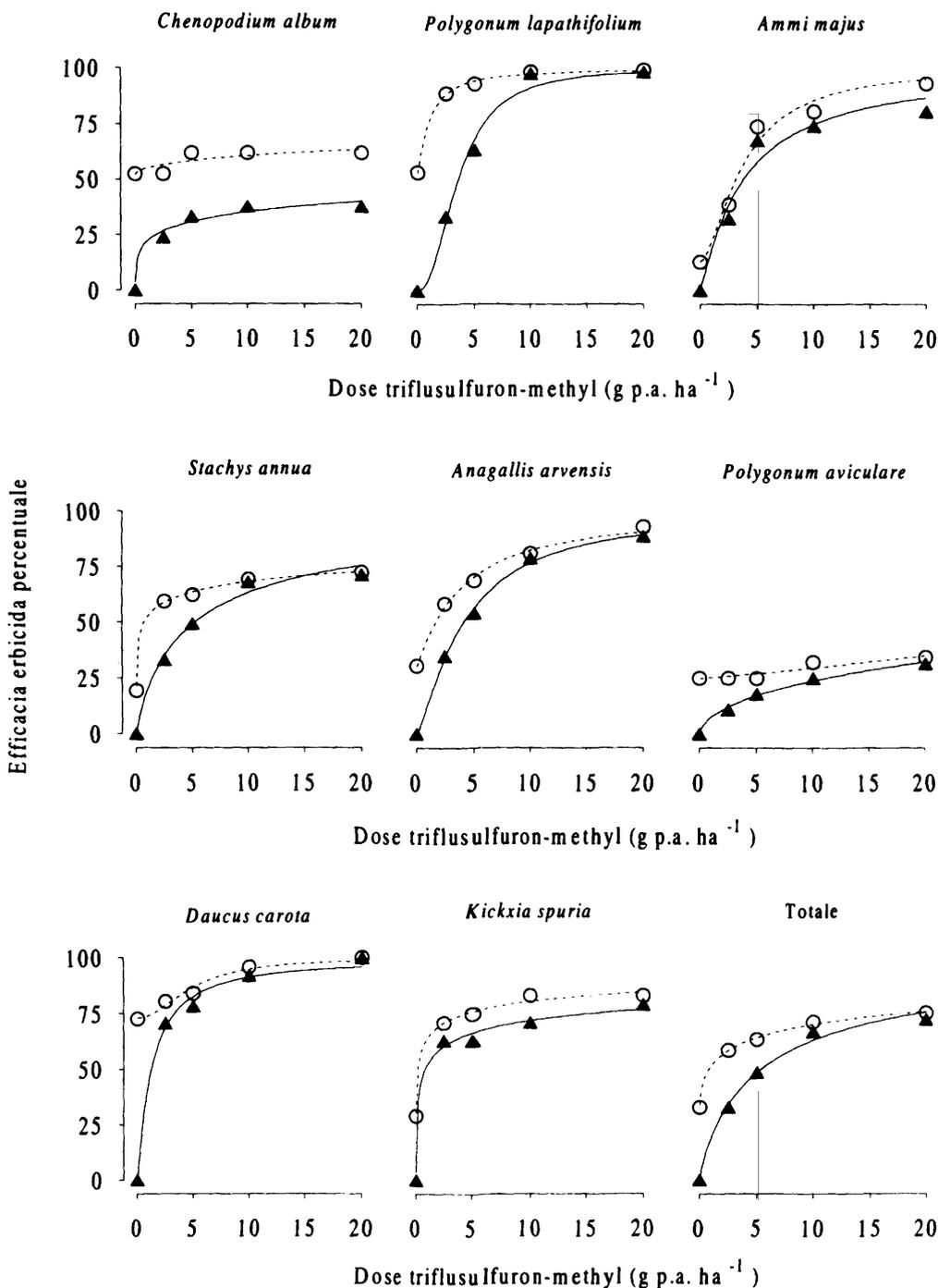


Figura 2. Efficacia erbicida (anno 2000) mostrata dal triflurosulfuron-methyl da solo (▲) e in miscela con olio minerale (○) a 500 g ha⁻¹. I simboli mostrano i dati osservati, le linee mostrano le curve di regressione. Le dosi si intendono per ognuno dei due interventi erbicidi eseguiti nel 2000 (con la coltura a 2-4 e 4-6 foglie) per contenere le ermenze tardive.

Tabella 1. Parametri del modello dose-efficacia e livelli di ED90, stimati nel 1997 e 2000. Tra parentesi gli errori standard. Gli ED90 si intendono per ognuno dei tre interventi eseguiti nel 1997 e per ognuno dei due eseguiti nel 2000. R è la riduzione relativa della dose di triflusal-furon-methyl grazie all'aggiunta di olio minerale (Eq. 2).

Anno	Specie infestanti	Trattamenti	b	ED90 (g ha ⁻¹)	R
1997	<i>Chenopodium album</i>	triflusal-furon-methyl	0.39 (0.04)	>20	
		triflusal-furon-methyl + olio minerale	0.88 (0.31)	>20	-
	<i>Polygonum lapathifolium</i>	triflusal-furon-methyl	5.33 (0.37)	5.2 (0.2)	
		triflusal-furon-methyl + olio minerale	0.80 (0.88)	0.9 (1.6)	0.82
	<i>Ammi majus</i>	triflusal-furon-methyl	1.18 (0.20)	14.8 (3.5)	
		triflusal-furon-methyl + olio minerale	1.40 (0.06)	12.7 (0.4)	n.s.
	<i>Brassica napus</i>	triflusal-furon-methyl	1.21 (0.17)	57.2 (16.7)	
		triflusal-furon-methyl + olio minerale	2.07 (0.05)	8.4 (0.2)	0.85
	<i>Sinapis arvensis</i>	triflusal-furon-methyl	2.75 (0.14)	3.4 (0.1)	
		triflusal-furon-methyl + olio minerale	8.60 (0.87)	1.9 (0.1)	n.s.
	<i>Galium aparine</i>	triflusal-furon-methyl	0.77 (0.23)	30.9 (17.8)	
		triflusal-furon-methyl + olio minerale	0.59 (0.16)	13.1 (4.2)	n.s.
	Totale	triflusal-furon-methyl	0.71 (0.01)	>20	
		triflusal-furon-methyl + olio minerale	0.88 (0.18)	>20	-
2000	<i>Chenopodium album</i>	triflusal-furon-methyl	0.29 (0.04)	>20	
		triflusal-furon-methyl + olio minerale	0.53 (0.37)	>20	-
	<i>Polygonum lapathifolium</i>	triflusal-furon-methyl	2.26 (0.35)	9.4 (1.5)	
		triflusal-furon-methyl + olio minerale	1.22 (0.21)	2.9 (0.3)	0.69
	<i>Ammi majus</i>	triflusal-furon-methyl	1.12 (0.29)	26.7 (12.3)	
		triflusal-furon-methyl + olio minerale	1.65 (0.34)	12.9 (3.2)	n.s.
	<i>Stachys annua</i>	triflusal-furon-methyl	0.84 (0.12)	>20	
		triflusal-furon-methyl + olio minerale	0.34 (0.03)	>20	-
	<i>Anagallis arvensis</i>	triflusal-furon-methyl	1.35 (0.08)	21.2 (2.1)	
		triflusal-furon-methyl + olio minerale	1.12 (0.11)	18.9 (0.3)	n.s.
	<i>Polygonum aviculare</i>	triflusal-furon-methyl	0.60 (0.05)	>20	
		triflusal-furon-methyl + olio minerale	1.21 (0.49)	>20	-
	<i>Daucus carota</i>	triflusal-furon-methyl	1.12 (0.26)	8.8 (2.2)	
		triflusal-furon-methyl + olio minerale	1.99 (0.45)	6.5 (0.9)	n.s.
	<i>Kickxia spuria</i>	triflusal-furon-methyl	0.37 (0.09)	>20	
		triflusal-furon-methyl + olio minerale	0.44 (0.08)	>20	-
	Totale	triflusal-furon-methyl	0.86 (0.09)	>20	
		triflusal-furon-methyl + olio minerale	0.52 (0.04)	>20	-

L'aggiunta dell'olio minerale, come visto nel 1997, ha mostrato come a parità d'efficacia sia evidente la possibilità di ridurre la dose di triflusaluron-methyl, ma tale riduzione è risultata significativa solo nel caso di *P. lapathifolium* e pari al 69%.

In miscela con olio minerale, triflusaluron-methyl ha permesso di controllare bene anche *A. majus* (ad una dose di 12.9 g ha⁻¹, per ogni applicazione) ed *A. arvensis*, anche se, per quest'ultima infestante è stato necessario utilizzare il triflusaluron-methyl ad una dose (18.9 g ha⁻¹, per applicazione) praticamente pari a quella riportata in etichetta.

Triflusaluron-methyl, inoltre, ha confermato una scarsa efficacia erbicida nei confronti di *C. album* e verso *S. annua*, *P. aviculare* e *K. spuria*, infestanti queste ultime non presenti nella sperimentazione del 1997.

Considerando la flora infestante nella sua globalità, analogamente a quanto osservato nel 1997, non è stato possibile ridurre la dose di triflusaluron-methyl per la presenza di specie poco sensibili all'erbicida.

Si conferma come l'efficacia globale di un prodotto è comunque influenzata dalla specie infestante meno sensibile, soprattutto se questa è in grado di occupare lo "spazio" ecologico lasciato libero dalle specie controllate. Ciò, come detto in precedenza, pone un serio limite alla riduzione dell'input chimico nel diserbo di post-emergenza, anche se questo problema potrebbe essere risolto con una maggiore diffusione dell'impiego delle miscele di erbicidi.

I risultati evidenziati nei due anni di prova consentono di trarre le seguenti conclusioni.

Conclusioni

- (1) Triflusaluron-methyl può essere utilizzato anche a dosi molto ridotte (fino a 3.4 g ha⁻¹) rispetto a quanto previsto in etichetta, in presenza di specie molto sensibili al principio attivo (*S. arvensis*, *P. lapathifolium* e *D. carota*).
- (2) Non è possibile prevedere riduzione della normale dose d'impiego in presenza di specie poco sensibili al triflusaluron-methyl (*C. album*, *S. annua*, *P. aviculare* e *K. spuria*).
- (3) L'efficacia di triflusaluron-methyl è migliorata con l'aggiunta di olio minerale. Questo ha permesso di ottenere riduzioni delle dosi di erbicida che sono risultate particolarmente elevate nel caso di *P. lapathifolium* e *B. napus* e variabili dal 69% all'85%.

Ringraziamenti

Si ringraziano il Prof. F. Tei e il Dott. A. Onofri per la rilettura critica del manoscritto.

Bibliografia

- COPPING LG, HEWITT HG, ROWE RR. (1990) Evaluation of a new herbicide. In: "*Weed control handbook: principles*", ed. by R.J. Hance and K. Holly, Blackwell Scientific Publication Oxford, VIII edizione, 261-299.
- COVARELLI G, ONOFRI A. (1995) Influence of adjuvants on the efficacy of post-emergence applications of dicamba and terbuthylazine. In: *Proceedings ANPP – 16th COLUMA Conference International Meeting on Weed Control*, Reims, 461-468.
- COVARELLI G, PANNACCI E, ONOFRI A. (2000) Impiego di rimsulfuron, dicamba, nicosulfuron e sulcotrione a dosi ridotte nel diserbo del mais. In: *Atti Giornate Fitopatologiche 2000*, 2, 477-482.
- DAVIES DHK, PROVEN MJ, COURTNEY AD, LAWSON HM. (1993) Comparison of the use of weed thresholds and routine herbicide use at reduced rates on the economics of cereal production in the rotation. In: *Proceedings 8th EWRS Symposium "Quantitative approaches in weed herbicide research and their practical application"*, Braunschweig, 747-754.
- DRAPER NR, SMITH H. (1981) Applied regression analysis. *John Wiley and Sons Inc.*, New York, 2^o Ed.
- GREEN JM. (1992) Increasing efficiency with adjuvants and herbicide mixtures. In: *Proceedings First International Weed Control Congress*, Melbourne, 1, 187-192.
- KUDSK P. (1989) Experiences with reduced herbicide doses in Denmark and the development of the concept of factor-adjusted doses. In: *Proceeding Brighton Crop Protection Conference Weeds*, 545-553.
- MCWORTHER CG. (1985) The physiological effect of adjuvants on plants. In: *S.O. Duke ed. "Weed Physiology", Vol 2, "Herbicide Physiology"*, CRC Press, Boca Raton, 141-158.
- RYDAHL P. (1995) Computer assisted decision making. In: *Proceedings EWRS Symposium "Challenges for Weed Science in a Changing Europe"*, Budapest, 29-37.

Ulteriori verifiche di integrazione tra diserbanti di pre e post-emergenza della barbabietola da zucchero

G. CAMPAGNA*, D. BARTOLINI, G. RAPPARINI

*Centro di Fitofarmacia – Dipartimento di produzione e valorizzazione agro-alimentare -
Università degli studi di Bologna. *Servizio agronomico CO.PRO.B.*

Riassunto

Si riportano i risultati relativi a 4 prove eseguite in un anno di sperimentazione di diserbo chimico della barbabietola da zucchero su diversi tipi di terreno. Gli scopi delle prove erano quelli di porre a confronto differenti strategie di intervento per valutare la possibilità di ottenere i migliori risultati riducendo al minimo i trattamenti e le dosi di applicazione degli erbicidi, sfruttando le sinergie d'azione di lenacil distribuito in pre-emergenza con i trattamenti di post-emergenza. I risultati conseguiti hanno dimostrato che è possibile salvaguardare la selettività colturale massimizzando le produzioni qualitative delle radici. Nel contempo è stato possibile ottenere una buona efficacia erbicida con un ottimo contenimento della flora infestante rappresentata dalle tipiche malerbe della Pianura Padana, tra cui *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. tra le graminacee, *Amaranthus retroflexus* L., *Chenopodium album* L., *Polygonum aviculare* L., *Fallopia convolvulus* (L.) Holub e *Polygonum lapathifolium* L. tra le dicotiledoni, oltre a *Daucus carota* L., malerba di sostituzione in graduale diffusione in questi ultimi anni nei coltivi di barbabietola da zucchero. Per alcune di queste si è resa particolarmente utile l'applicazione di triflusaluron-methyl in miscela con altri erbicidi in post-emergenza della barbabietola da zucchero.

Parole chiave: erbicidi, riduzione dosi, barbabietola da zucchero.

Summary

Interaction between pre and post-emergence treatments on sugar beet

Four trials in one year study were carried out to investigate weed control on sugar beet in different soil conditions. In this work different herbicide treatments were compared to examine the possibility of maximize weed control reducing the herbicide treatments and the application doses, exploiting the action of lenacil in conjunction with appropriate

herbicides in pre-emergence or in post-emergence. Results showed the possibility of safeguarding the selectivity level, while maximizing the root yields. At the same time, it was possible to obtain a good efficacy and an excellent weed control of typical Po Valley species hardly controlled such as *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv., *Amaranthus retroflexus* L., *Chenopodium album* L., *Polygonum aviculare* L., *Fallopia convolvulus* (L.) Holub, *Polygonum lapathifolium* L. and also *Daucus carota* L., which is diffusing in these last years in sugar beet cultures. Triflurosulfuron-methyl applied in post-emergence treatments on sugar beet in mixture with other herbicides was highly effective against the above mentioned weeds.

Key words: herbicides, reduction of the rate, sugar beet.

Introduzione

L'attuale tecnica di diserbo frazionato in post-emergenza della barbabietola da zucchero risale alla fine degli anni '70, quando fu dimostrato che dosi ridotte di erbicidi fogliari consentivano di ridurre i sintomi di fitotossicità intervenendo già allo stadio cotiledonare della coltura e con infestanti nei primissimi stadi di sviluppo (Venturi, 1981; Griffiths, 1994). In seguito non sono stati più introdotti diserbanti innovativi, a eccezione del recente triflurosulfuron-methyl che, in miscela con i normali programmi di intervento frazionati, ha consentito di migliorare il controllo di molte malerbe (Meriggi, 1994; Muchembled, 1994; Fisher *et al.*, 1995), tra cui quelle di più difficile contenimento, come *Abutilon theophrasti* Medicus e *Ammi majus* L..

Alla luce delle attuali conoscenze e in attesa dell'introduzione della tecnica di diserbo della bietola geneticamente modificata e resistente agli erbicidi totali, quali glyphosate e glufosinate-ammonium, si rende necessario indagare ulteriormente sulle strategie di diserbo più opportune in considerazione delle difficoltà a eliminare le infestanti nei primissimi stadi di sviluppo senza incorrere in gravi problemi di fitotossicità nei confronti delle giovani piantine di bietola (Covarelli *et al.*, 1998; Wilson, 1994; Brandes *et al.*, 1998).

Sulla base di precedenti esperienze sull'interazione fra trattamenti di pre e post-emergenza della barbabietola da zucchero (Campagna *et al.*, 2000) e sulla rivalutazione dell'impiego di lenacil ai fini di aumentare l'azione precondizionante degli interventi preventivi e di migliorare l'efficacia di quelli sulla coltura, si è voluto approfondire tali problematiche su differenti tipologie di terreno, con particolare riguardo all'efficacia erbicida e alla selettività colturale, comprensiva del controllo della produzione di radici e di saccarosio.

Materiali e metodi

Le prove sperimentali sono state effettuate in provincia di Bologna nell'anno 2000 su terreni sabbiosi (sabbia 52,4 %; limo 35,1 %; argilla 12,5 %; pH 7,6; sostanza organica 1,51 %; C.S.C. 17,4 meq 100 g⁻¹), argillosi (sabbia 12,3 %; limo 37,2 %; argilla 50,5 %; pH 7,7; sostanza organica 1,87 %; C.S.C. 27,4 meq 100 g⁻¹), di medio impasto tendenzialmente limosi (sabbia 23 %; limo 45 %; argilla 32 %; pH 8; sostanza organica 1,7 %; C.S.C. 22,4 meq 100 g⁻¹), e di medio impasto tendenzialmente argillosi (sabbia 23,4 %; limo 35 %; argilla 41,6 %; pH 8,1; sostanza organica 2,14 %; C.S.C. 25,5 meq 100 g⁻¹). I campi parcellari sono stati impostati secondo lo schema del blocco randomizzato composto, con parcelle elementari replicate da 3 a 6 volte, della superficie di 9-16 m². Gli interventi erbicidi sono stati eseguiti con barre portate o trainate munite di ugelli a ventaglio irroranti un volume di acqua di 400 l ha⁻¹ in pre-emergenza e di 200 l ha⁻¹ in post-emergenza della bietola. I rilievi floristici sono stati effettuati stimando sulle principali infestanti presenti, il grado di efficacia erbicida in % rispetto al testimone inerbito non trattato, e determinando il numero delle malerbe prima e dopo le applicazioni erbicide. La selettività colturale è stata valutata sulle piantine di bietola trattate a confronto di quelle non trattate, mediante la scala empirica 0-10 (0 = nessun sintomo; 10 = coltura distrutta) e descrizione dei sintomi di fitotossicità, oltre alla determinazione del ritardo della chiusura delle interfile da parte degli apparati fogliari della coltura diserbata a confronto dei testimoni sarchiati manualmente, presi come riferimento insieme ai testimoni inerbiti. Nella prova in cui si è proceduto a pesare le radici e a determinare il grado polarimetrico della polpa, allo scopo di calcolare il saccarosio prodotto a ettaro, è stata effettuata la semina più fitta delle bietole sulle file, le quali sono state diradate durante i primi stadi vegetativi della coltura per raggiungere un investimento omogeneo di 10 piante m².

Risultati

Una buona lavorazione dei terreni effettuata nell'autunno e nell'inverno scorsi, unitamente al verificarsi dell'andamento climatico freddo e asciutto che ha caratterizzato tale periodo, hanno permesso di ottenere letti di semina ben preparati. L'assenza di precipitazioni, le temperature alte e l'elevata insolazione che si sono verificati fino ai primi stadi di sviluppo delle bietole, hanno reso meno evidente l'azione di richiamo degli erbicidi distribuiti in via preventiva al sopraggiungere delle precipitazioni, quando la coltura e le malerbe avevano sviluppato mediamente 2-4 foglie (Fig. 1). In seguito l'umidità e le temperature più alte della media stagionale hanno ottimizzato lo stato fisiologico della flora infestante favorendo l'azione dei trattamenti di post-emergenza, oltre che il recupero d'azione di quelli distribuiti in pre-emergenza. In tale contesto climatico, nel corso del

corrente anno sono state eseguite 4 prove in 4 differenti località e tipologie di terreno, nelle quali è stato possibile ottenere i seguenti risultati.

Prima prova – terreno sabbioso (Tab. 1)

Nella prova effettuata su terreno sabbioso infestato in prevalenza da *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv., *Amaranthus retroflexus* L. e *Chenopodium album* L., sono stati ottenuti ottimi risultati mediante gli interventi frazionati applicati alle 2-4 e 6-8 foglie della bietola, indifferentemente dal trattamento effettuato in via preventiva con metamitron da solo o in miscela con chloridazon o chloridazon + (ethofumesate + lenacil). Ottimi i risultati sono stati ottenuti anche con la doppia applicazione di (phenmedipham + desmedipham + ethofumesate) + metamitron + olio minerale addizionata di triflusal-furon-methyl, che ha consentito di contenere sufficientemente anche le infestazioni di *E. crus-galli*, seppure in minor misura rispetto all'impiego di cycloxydim, addizionato all'ultimo intervento erbicida di post-emergenza. Risultati inferiori sono stati ottenuti con l'unica applicazione di (phenmedipham + desmedipham + ethofumesate) + metamitron + triflusal-furon-methyl + olio eseguita alle 4-6 foglie della coltura, in particolare nei confronti di *E. crus-galli*, che al momento dell'intervento era più sviluppato, e anche nei confronti di *A. retroflexus* e *C. album* nelle tesi trattate preventivamente solo con metamitron. Tra le diverse combinazioni distribuite in pre-emergenza si è potuto evidenziare, in assenza dei trattamenti di post-emergenza, una migliore azione della miscela di (metamitron + chloridazon) + (ethofumesate + lenacil) rispetto alle altre miscele e in particolare di metamitron applicato da solo, che ha evidenziato un peggior contenimento di *A. retroflexus* e *C. album*.

Per quanto riguarda le sole applicazioni di post-emergenza su coltura non trattata in pre-emergenza, si è evidenziata una buona azione, verso tutte le malerbe presenti, dei doppi interventi comprensivi del graminicida specifico nell'ultimo trattamento. Insufficiente è risultato il contenimento di *C. album* e di *E. crus-galli* esercitato dalla miscela di (phenmedipham + desmedipham + ethofumesate) + metamitron + triflusal-furon-methyl + olio, in particolare nell'unica applicazione effettuata alle 4-6 foglie della bietola.

Il grado di selettività colturale è risultato ottimo con tutte le applicazioni preventive e buono con quelle di post-emergenza, nonostante i più evidenti sintomi di marmorizzazione fogliare apparsi con le applicazioni di triflusal-furon-methyl. Riguardo alle differenti combinazioni che contemplavano sia interventi di pre-emergenza che di post-emergenza, una maggiore manifestazione di sintomi fitotossici sulla coltura si è riscontrata in corrispondenza delle tesi trattate in via preventiva con (metamitron + chloridazon) + (ethofumesate + lenacil) e integrate in post-emergenza con le applicazioni frazionate contenenti lenacil e con un grado di fitotossicità non differenziato dalle doppie applicazioni di triflusal-furon-methyl.

Seconda prova – terreno argilloso (Tab. 2)

Nella prova effettuata su terreno argilloso più infestato da *Polygonum aviculare* L., *Fallopia convolvulus* (L.) Holub e *Polygonum lapathifolium* L., i migliori risultati sono stati ottenuti con gli interventi frazionati di (phenmedipham + desmedipham + ethofumesate) + metamiltron + lenacil + olio distribuiti su tutte le parcelle trattate con le miscele contenenti metamiltron, fatta eccezione per metamiltron + lenacil e metamiltron + chloridazon + lenacil applicate alle dosi inferiori. Simili i risultati ottenuti con i doppi interventi di (phenmedipham + desmedipham + ethofumesate) + metamiltron + triflusaluron-methyl + olio, anche se con risultati sensibilmente migliori verso *Polygonum aviculare* e inferiori nei confronti di *F. convolvulus* e *P. lapathifolium*, maggiormente evidenziati in assenza dei trattamenti di pre-emergenza.

Gli unici interventi di pre-emergenza hanno fornito risultati inferiori rispetto alle sole applicazioni di post-emergenza. Il migliore contenimento delle poligonacee è stato ottenuto con la miscela di metamiltron + (ethofumesate + lenacil), che alla dose maggiore ha permesso di contenere quasi la metà delle malerbe presenti.

Tra le altre miscele, metamiltron + lenacil e metamiltron + chloridazon + lenacil hanno permesso di ottenere risultati simili, mentre metamiltron distribuito da solo e la miscela di metamiltron + chloridazon + lenacil non hanno fornito risultati molto differenziati dal testimone inerbito.

Per quanto concerne la selettività colturale, sono stati osservati evidenti marmorizzazioni fogliari con l'impiego delle miscele contenenti triflusaluron-methyl applicate in post-emergenza, mentre i trattamenti frazionati non addizionati di questa solfonilurea non hanno causato sintomi rilevanti. Tutti gli interventi di pre-emergenza sono apparsi perfettamente selettivi, mentre leggermente più marcata è risultata la fitotossicità dopo le applicazioni di post-emergenza sulle bietole trattate in pre-emergenza con le miscele contenenti lenacil.

Terza prova – terreno di medio impasto tendenzialmente limoso (Tab. 3)

Nella prova realizzata su terreno di medio impasto tendenzialmente limoso prevalentemente infestato da *E. crus-galli* e con una rilevante presenza di *Daucus carota* L., il migliore contenimento di dette malerbe è stato ottenuto con il doppio intervento frazionato di (phenmedipham + desmedipham + ethofumesate) + metamiltron + olio con l'aggiunta di triflusaluron-methyl alla dose di 40 g ha⁻¹ di formulato commerciale indipendentemente applicato su tutte le parcelle trattate in pre-emergenza, con un più sensibile incremento del grado di azione erbicida ottenuto con la miscela preventiva di metamiltron + lenacil. Minore è stato il contenimento di *E. crus-galli* e di *D. carota* con gli interventi frazionati di triflusaluron-methyl impiegato alla dose inferiore di 30g ha⁻¹ di formulato commerciale e con le applicazioni uniche alle 2-4 foglie della coltura. *E. crus-galli*, in assenza di un graminicida specifico, è stato maggiormente contenuto nel suo sviluppo mediante

l'intervento più precoce di triflusaluron-methyl applicato con coltura e malerbe allo stadio compreso tra i cotiledoni e le 2 foglie.

Per quanto riguarda i rilievi della fitotossicità, a fronte di una perfetta selettività colturale degli interventi preventivi, le miscele di post-emergenza hanno causato transitorie riduzioni dello sviluppo delle piantine di bietola, oltre a lievi ustioni fogliari verificatesi con l'impiego di lenacil e a marmorizzazioni quando è stato applicato il triflusaluron-methyl, che si sono rese un po' più manifeste nei casi in cui era stata distribuita la miscela di metamiltron + lenacil in pre-emergenza.

Quarta prova – terreno di medio impasto tendenzialmente argilloso (Tab. 4)

Nella prova effettuata su terreno di medio impasto tendenzialmente argilloso infestato da *C. album* e dalle poligonacee *P. aviculare*, *F. convolvulus* e *P. lapathifolium* emerse prevalentemente poco prima dell'emergenza della coltura, buoni risultati sono stati ottenuti con i doppi interventi frazionati di (phenmedipham + desmedipham + ethofumesate) + metamiltron + triflusaluron-methyl + olio applicati sui differenti trattamenti eseguiti in pre-emergenza dopo la semina della bietola in particolare nei confronti di *P. aviculare*, a differenza delle stesse miscele di prodotti in cui non era stato addizionato triflusaluron-methyl, con o senza l'aggiunta di lenacil, che hanno permesso di contenere meglio *C. album* e *F. convolvulus*. Inferiore è stata l'attività ottenuta con l'applicazione unica di (phenmedipham + desmedipham + ethofumesate) + metamiltron + lenacil + triflusaluron-methyl + olio eseguita alle 4-6 foglie della coltura, in particolare nei confronti delle piante di *C. album* e *F. convolvulus* più sviluppate. Tra le applicazioni di pre-emergenza eseguite dopo la semina della bietola, nessuna ha permesso di contenere sufficientemente le malerbe presenti, anche se la miscela di metamiltron + (ethofumesate + lenacil) ha fornito i migliori risultati quando è stata integrata dai complementari trattamenti di post-emergenza. Il controllo delle infestanti nate numerose dopo la semina della coltura e di più difficile contenimento in post-emergenza, come *P. aviculare*, ottenuto con l'impiego di glifosate o glufosinate ammonio prima dell'emergenza della bietola, ha fornito buoni risultati, simili a quelli ottenuti con i normali interventi preventivi mediante la distribuzione di erbicidi residuali. Tuttavia migliore in assoluto è risultato il contenimento fornito dalla miscela di glufosinate ammonium + metamiltron + (ethofumesate + lenacil) distribuita prima dell'emergenza della bietola in presenza di malerbe già nate, su terreno secco e prima delle precipitazioni piovose, che hanno attivato i prodotti residuali favorendo l'azione di richiamo sulle malerbe nate in prossimità dell'emergenza della coltura, che sono poi state completamente devitalizzate con i successivi interventi frazionati di post-emergenza.

Per quanto riguarda la selettività colturale, molto selettivi sono risultati tutti gli interventi di pre-emergenza, mentre transitorie riduzioni di sviluppo sono state causate da tutti i trattamenti di post-emergenza, con marmorizzazioni fogliari quando era stato impiegato anche triflusaluron-methyl e

lievi ustioni fogliari con lenacil. Leggermente più marcati sono apparsi i sintomi di fitotossicità nelle parcelle diserbate anche in pre-emergenza con l'aggiunta di lenacil nelle differenti combinazioni.

Rilievi produttivi (Tab. 5)

Il rilievo della produzione della barbabietola da zucchero, effettuato sulle più rappresentative combinazioni erbicide applicate nel corso della quarta prova eseguita su terreno di medio impasto tendenzialmente argilloso e prevalentemente infestato da chenopodiacee e poligonacee, ha potuto evidenziare che le migliori produzioni di saccarosio sono state ottenute nelle tesi meno infestate, nonostante il tendenziale decremento osservato con le applicazioni di lenacil distribuito sia in pre che in post-emergenza. Un sensibile decremento produttivo è stato osservato nelle parcelle trattate in post-emergenza unicamente alle 4-6 foglie della bietola dopo normali interventi di pre-emergenza, similmente ai trattamenti frazionati eseguiti in post-emergenza in assenza delle applicazioni preventive. Le produzioni sono apparse più limitate con i soli interventi di pre-emergenza rispetto alle sole applicazioni di post-emergenza, a fronte del testimone inerbito da una normale infestazione di *C. album* e poligonacee, che ha prodotto mediamente circa il 50 % in meno rispetto al testimone sarchiato e alle parcelle trattate sia in pre che in post-emergenza, dove il contenimento delle malerbe era risultato pressoché totale.

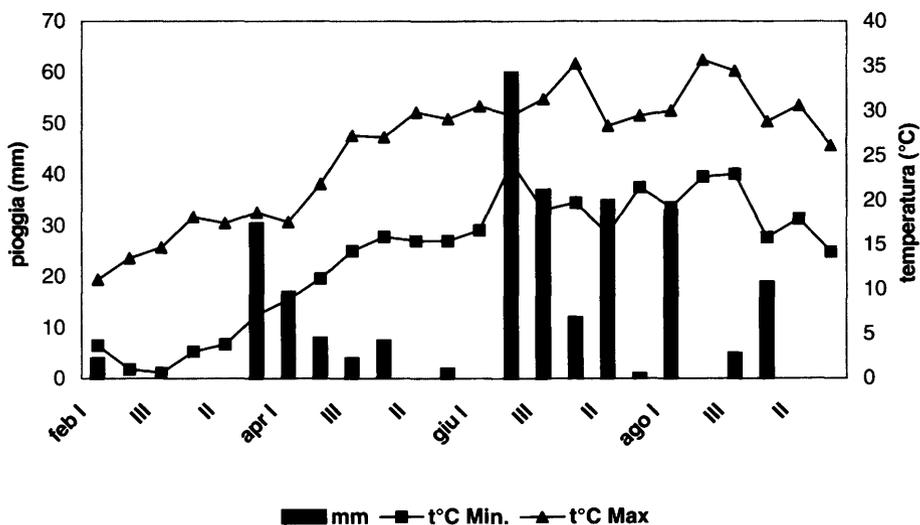


Figura 1. Andamento termopluviometrico – anno 2000

Tabella 1. Tesi a confronto e risultati dei floristici e della selettività colturale - terreno sabbioso.

Trattamenti di pre-emergenza (24-02-2000)		Trattamenti di post-emergenza: A=19-04-00 (2-4 foglie); B=26-04-00 (4-6 f.); C=02-05-00 (6-8 f.)		Fitotossicità grado*(2) scala 0-10	Rilievo floristico del 22-06 n. infestanti 10 m ⁻²			
Tesi	Prodotti *(1) Dosi: (l o kg ha ⁻¹ f.c.)	Tesi	Prodotti *(1) Dosi: (l o kg ha ⁻¹ f.c.)		ECHCG	AMARE	CHEAL	Totale
1	(met.+chlor.) 4	I	A (phe+des+ethof)+met.+chlor.+olio 0,7+0,5+0,5+0,5	1,4 a	3	0	0	3
2	met.+chlor. 3+2		C (phe+des+ethof)+met.+chlor.+cycl.+olio 1,2+0,7+0,7+1+0,5	1,5 a	5	0	0	5
3	(met.+chlor.)+(ethof.+len.) 4+1			1,7 a	2	0	0	2
4	met. 3			1,3 a	4	0	0	4
5	non trattato -			1,3 a	6	0	4	10
			media	1,4	4	0	1	5
1	(met.+chlor.) 4	II	A (phe+des+ethof)+met.+len.+olio 0,7+0,5+0,1+0,5	1,7 ac	6	0	0	6
2	met.+chlor. 3+2		C (phe+des+ethof)+met.+len.+cycl.+olio 1,2+0,7+0,1+1+0,5	1,8 ac	4	0	0	4
3	(met.+chlor.)+(ethof.+len.) 4+1			2,0 ac	3	0	0	3
4	met. 3			1,6 ac	5	0	1	6
5	non trattato -			1,6 ac	5	0	8	13
			media	1,7	5	0	2	7
1	(met.+chlor.) 4	III	A (phe+des+ethof)+met.+trifl.+olio 0,7+0,5+0,030+0,5	2,0 ab	13	0	1	14
2	met.+chlor. 3+2		C (phe+des+ethof)+met.+trifl.+olio 1,2+0,5+0,030+0,5	2,1 ab	11	0	0	11
3	(met.+chlor.)+(ethof.+len.) 4+1			2,1 ab	7	0	0	7
4	met. 3			2,0 ab	13	0	0	13
5	non trattato -			1,9 ab	16	0	11	27
			media	2,0	12	0	3	14
1	(met.+chlor.) 4	IV	B (phe+des+ethof)+met.+trifl.+olio 1,2+0,7+0,040+0,5	1,0 ab	35	0	1	36
2	met.+chlor. 3+2			1,1 ab	39	0	2	41
3	(met.+chlor.)+(ethof.+len.) 4+1			1,3 ab	13	0	1	14
4	met. 3			0,8 ab	43	4	3	49
5	non trattato -			0,8 ab	41	4	22	68
			media	1,0	34	2	6	42
1	(met.+chlor.) 4	V	non trattato -	0,0 -	103	23	42	168
2	met.+chlor. 3+2			0,0 -	97	25	54	176
3	(met.+chlor.)+(ethof.+len.) 4+1			0,3 a	61	3	33	97
4	met. 3			0,0 -	89	52	118	259
5	non trattato -			0,0 -	95	90	349	534
			media	0,1	89	39	119	247

Semina barbabietola da zucchero varietà "Dorotea" eseguita il 10-03-2000

(1) e (2): la legenda per erbicidi e sintomi di fitotossicità è riportata in calce alla tabella 5.

Tabella 2. Tesi a confronto e risultati dei rilievi floristici e della selettività colturale - terreno argilloso

Trattamenti di pre-emergenza (24-02-2000)			Trattamenti di post-emergenza: A=31-03-00 (cot.-2 foglie); B=13-04-00 (2-4 f.)		Fitotossicità grado scala 0-10	Rilievo floristico del 22-06 n. infestanti 10 m ²					
Tesi	Prodotti *(1)	Dosi: (l o kg ha ⁻¹ f.c.)	Tesi	Prodotti *(1) (l o kg ha ⁻¹ f.c.)		* (2)	POLAV	POLCO	POLLA	Totale	
1	(met.+chlor.)	5	I	A (phe+des+ethof)+met.+len.+olio	0,8+0,5+0,1+0,5	1,4	ac	15	10	5	30
2	(met.+chlor.)+(ethof.+len.)	4+1		B (phe+des+ethof)+met.+len.+olio	1,2+0,7+0,1+0,5	1,6	ac	6	9	11	26
3	(met.+chlor.)+len.	5+0,25				1,6	ac	9	8	11	28
4	met.	4				1,3	ac	18	25	27	70
5	(met.+len.)	4				1,5	ac	10	15	19	44
6	(met.+len.)	5				1,7	ac	7	10	11	28
7	met.+(ethof.+len.)	3+1,5				1,5	ac	11	16	16	43
8	met.+(ethof.+len.)	4+2				1,7	ac	6	12	11	29
9	met.+chlor.+len.	1,4+1,4+0,2				1,6	ac	22	20	21	63
10	non trattato	-				1,3	ac	32	29	36	97
				media		1,5		14	17	19	50
1	(met.+chlor.)	5	II	A (phe+des+ethof)+met.+trifl.+olio	0,8+0,5+0,040+0,5	3,0	abc	5	35	37	77
2	(met.+chlor.)+(ethof.+len.)	4+1		B (phe+des+ethof)+met.+trifl.+olio	1,2+0,5+0,040+0,5	3,1	abc	4	36	39	79
3	(met.+chlor.)+len.	5+0,25				3,3	abc	5	26	32	63
4	met.	4				2,9	abc	12	65	69	146
5	(met.+len.)	4				3,0	abc	15	30	32	77
6	(met.+len.)	5				3,2	abc	10	15	16	41
7	met.+(ethof.+len.)	3+1,5				3,0	abc	9	20	21	50
8	met.+(ethof.+len.)	4+2				3,1	abc	5	18	16	39
9	met.+chlor.+len.	1,4+1,4+0,2				2,9	abc	8	30	32	70
10	non trattato	-				2,8	abc	26	43	42	111
				media		3,0		10	32	34	75
1	(met.+chlor.)	5	III	non trattato	-	0,3	a	22	160	170	352
2	(met.+chlor.)+(ethof.+len.)	4+1				0,2	a	18	158	166	342
3	(met.+chlor.)+len.	5+0,25				0,4	a	9	140	148	297
4	met.	4				0,0	-	24	185	175	384
5	(met.+len.)	4				0,2	a	31	156	159	346
6	(met.+len.)	5				0,4	a	22	132	138	292
7	met.+(ethof.+len.)	3+1,5				0,2	a	30	129	127	286
8	met.+(ethof.+len.)	4+2				0,4	a	19	118	123	260
9	met.+chlor.+len.	1,4+1,4+0,2				0,2	a	49	163	185	397
10	non trattato	-				0,0	-	64	187	205	456
				media		0,2		29	153	160	341

Semina barbabietola da zucchero varietà "Dorotea" eseguita il 10-03-2000

(1) e (2): la legenda per erbicidi e sintomi di fitotossicità è riportata in calce alla tabella 5.

Tabella 3. Tesi a confronto e risultati dei floristici e della selettività culturale - terreno di medio impasto tendenzialmente limoso

Trattamenti di pre-emerg. 04-03-00			Trattamenti di post-emergenza: A=13-04-00 (cot.-2 foglie); B=21-04-00 (2-4 f.); C=26-04-00 (4-6 f.)			Fitotossicità grado *(2)		Rilievo floristico del 22-06 n. infestanti 10 m ⁻²			
Tesi	Prodotti *(1)	Dosi: (l o kg ha ⁻¹ f.c.)	Tesi	Prodotti *(1)	Dosi: (l o kg ha ⁻¹ f.c.)	scala 0-10	*	ECHCG	DAUCA	POLLA	Totale
1	met.+chlor.	2,5+1,5	I	A (phe+des+ethof)+met.+len.+olio	0,7+0,5+0,1+0,3	3,2	ac	81	109	0	190
2	met.+len.	3+0,2		C (phe+des+ethof)+met.+len.+olio	1+0,7+0,1+0,3	3,5	ac	75	122	0	197
3	met.	3,5				3,1	ac	78	136	0	214
4	non trattato	-				3,0	ac	89	225	0	314
				media		3,2		81	148	0	229
1	met.+chlor.	2,5+1,5	II	A (phe+des+ethof)+met.+trifl.+olio	0,7+0,5+0,030+0,5	3,8	ab	41	67	0	108
2	met.+len.	3+0,2		C (phe+des+ethof)+met.+trifl.+olio	1+0,5+0,030+0,5	3,9	ab	42	41	0	83
3	met.	3,5				3,5	ab	34	52	0	86
4	non trattato	-				3,3	ab	49	69	4	122
				media		3,6		42	57	1	100
1	met.+chlor.	2,5+1,5	III	A (phe+des+ethof)+met.+trifl.+olio	0,7+0,5+0,040+0,5	3,9	ab	37	45	0	82
2	met.+len.	3+0,2		C (phe+des+ethof)+met.+trifl.+olio	1+0,5+0,040+0,5	4,0	ab	34	34	0	68
3	met.	3,5				3,7	ab	35	42	0	77
4	non trattato	-				3,5	ab	39	47	0	86
				media		3,8		36	42	0	78
1	met.+chlor.	2,5+1,5	IV	B (phe+des+ethof)+met.+trifl.+olio	1,2+0,7+0,040+0,5	2,7	ab	78	69	0	147
2	met.+len.	3+0,2				2,8	ab	51	65	0	116
3	met.	3,5				2,4	ab	59	71	4	134
4	non trattato	-				1,9	ab	81	74	11	166
				media		2,5		67	70	4	141
1	met.+chlor.	2,5+1,5	V	B (phe+des+ethof)+met.+trifl.+olio	1,5+0,7+0,040+0,5	2,8	ab	74	71	0	145
2	met.+len.	3+0,2				3,0	ab	62	68	0	130
3	met.	3,5				2,7	ab	67	62	0	129
4	non trattato	-				2,6	ab	72	79	7	158
				media		2,8		69	70	2	141
1	met.+chlor.	2,5+1,5	VI	non trattato	-	0,0	-	105	178	4	287
2	met.+len.	3+0,2				0,2	a	102	125	3	230
3	met.	3,5				0,0	-	109	198	14	321
4	non trattato	-				0,0	a	126	276	49	451
				media		0,1		111	194	18	322

Semina barbabietola da zucchero varietà "Dorotea" eseguita il 10-03-2000

(1) e (2): la legenda per erbicidi e sintomi di fitotossicità è riportata in calce alla tabella 5.

Tab. 4/a – Tesi a confronto e risultati dei rilievi `logistici e della selettività culturale – terreno di medio impasto tendenzialmente argilloso

Tratt. di pre-em. normale e ritardata* 10/20*-03-00			Trattamenti di post-emergenza: A=08-04-00 (cot.-2 foglie); B=22-04-00 (4-6 f.)			Fitotossicità grado scala 0-10	*2	Rilievo floristico del 25-05 n. infestanti 10 m ²				
Tesi	Prodotti *(1)	Dosi: (l o kg ha ⁻¹ f.c.)	Tesi	Prodotti *(1)	Dosi: (l o kg ha ⁻¹ f.c.)			CHEAL	POLAV	POLCO	POLLA	Totale
1	met.+chlor.	2+1,5	I	A (phe+des+ethof)+met.+olio	0,7+0,7+0,3	1,8	a	7	17	5	9	38
2	(met.+len.)	3		B (phe+des+ethof)+met.+olio	1,2+1+0,3	2,2	a	2	15	8	8	33
3	met.+(ethof.+len.)	2+2				2,1	a	1	8	5	5	19
4	(ethof.+len.)	2				2,0	a	5	9	4	7	25
5	met.	4				1,7	a	9	17	9	14	49
6*	gluf. a.+met.+(ethof.+len.)	4+2+2				2,1	a	0	6	0	0	6
7*	gluf. a.+(ethof.+len.)	4+2				2,0	a	3	11	5	3	22
8*	glufosinate ammonio	4				1,6	a	21	14	12	16	63
9*	glifosate+solfo amm.	2+4				1,7	a	18	12	15	14	59
10	non trattato	-				1,6	a	37	19	26	23	105
				media		1,9		10	13	9	10	42
1	met.+chlor.	2+1,5	II	A (phe+des+ethof)+met.+len.+olio	0,7+0,1+0,3	1,8	ac	6	12	3	6	27
2	(met.+len.)	3				2,2	ac	2	7	5	8	22
3	met.+(ethof.+len.)	2+2				2,3	ac	1	4	4	2	11
4	(ethof.+len.)	2		B (phe+des+ethof)+met.+len.+olio	1,2+	2,1	ac	5	6	3	5	19
5	met.	4				1,8	ac	7	11	8	13	39
6*	gluf. a.+met.+(ethof.+len.)	4+2+2				2,3	ac	0	0	1	0	1
7*	gluf. a.+(ethof.+len.)	4+2				2,1	ac	0	1	5	3	9
8*	glufosinate ammonio	4				1,8	ac	18	8	12	15	53
9*	glifosate+solfo amm.	2+4				1,9	ac	15	7	14	13	49
10	non trattato	-				1,8	ac	33	12	24	19	88
				media		2,0		9	7	8	8	32

Semina barbabietola da zucchero varietà "Dorotea" eseguita il 10-03-2000

(1) e (2): la legenda per erbicidi e sintomi di fitotossicità è riportata in calce alla tabella 5.

Tab. 4/b – Tesi a confronto e risultati dei rilievi logistici e della selettività culturale – terreno di medio impasto tendenzialmente argilloso

Tratt. di pre-em. normale e ritardata* (10/20*-03-00)			Trattamenti di post-em.: A=8-4-00 (cot.-2 foglie); B=22-04-00 (4-6 f.)			Fitotossicità grado *(2)		Rilievo floristico del 25-05 n. infestanti 10 m ²					
Tesi	Prodotti *(1)	Dosi: (l o kg ha ⁻¹ f.c.)	Tesi	Prodotti *(1)	Dosi: (l o kg ha ⁻¹ f.c.)	scala 0-10		CHEAL	POLAV	POLCO	POLLA	Totale	
1	met.+chlor.	2+1,5	III	A	(phe+des+ethof) + met.+trifl.+olio	0,7+ 0,5+0,040+0,5	2,2	ab	11	5	3	6	25
2	(met.+len.)	3					2,4	ab	4	3	8	9	24
3	met.+(ethof.+len.)	2+2					2,5	ab	2	2	4	2	10
4	(ethof.+len.)	2					2,4	ab	8	3	5	6	22
5	met.	4					2,2	ab	12	8	13	11	44
6*	gluf. a.+met.+(ethof.+len.)	4+2+2		B	(phe+des+ethof) + met.+trifl.+olio	1+ 0,5+0,040+0,5	2,5	ab	0	0	0	0	0
7*	gluf. a.+(ethof.+len.)	4+2					2,5	ab	4	2	2	4	12
8*	glufosinate ammonio	4					2,2	ab	15	4	3	10	32
9*	glifosate+solf. amm.	2+4					2,3	ab	12	3	4	9	28
10	non trattato	-					2,2	ab	29	9	17	14	69
media						2,3		10	4	6	7	27	
1	met.+chlor.	2+1,5	IV	B	(phe+des+ethof)+ met+ +len.+trifl.+olio	1,2+0,5+ 0,1+0,040+0,5	3,0	abc	16	15	8	10	49
2	(met.+len.)	3					3,1	abc	9	11	14	11	45
3	met.+(ethof.+len.)	2+2					3,1	abc	4	8	7	4	23
4	(ethof.+len.)	2					3,0	abc	15	9	13	9	46
5	met.	4					2,9	abc	18	16	19	13	66
6*	gluf. a.+met.+(ethof.+len.)	4+2+2					3,3	abc	3	3	2	3	11
7*	gluf. a.+(ethof.+len.)	4+2					3,2	abc	8	4	5	6	23
8*	glufosinate ammonio	4					3,0	abc	24	7	8	15	54
9*	glifosate+solf. amm.	2+4					3,1	abc	22	6	9	14	51
10	non trattato	-					2,9	abc	38	14	26	18	96
media						3,1		16	9	11	10	46	
1	met.+chlor.	2+1,5	V	non trattato	-	-	0,0	a	29	37	19	26	111
2	(met.+len.)	3					0,5	a	28	25	27	25	105
3	met.+(ethof.+len.)	2+2					0,5	a	6	21	15	24	66
4	(ethof.+len.)	2					0,3	a	25	45	28	30	128
5	met.	4					0,0	a	32	29	39	29	129
6*	gluf. a.+met.+(ethof.+len.)	4+2+2					0,5	a	4	2	5	11	22
7*	gluf. a.+(ethof.+len.)	4+2					0,3	a	21	5	7	19	52
8*	glufosinate ammonio	4					0,0	a	52	8	10	39	109
9*	glifosate+solf. amm.	2+4					0,5	a	48	5	8	35	96
10	non trattato	-					0,0	a	65	79	48	62	254
media						0,3		31	26	21	30	107	

Semina barbabietola da zucchero varietà "Dorotea" eseguita il 10-03-2000

(1) e (2): la legenda per erbicidi e sintomi di fitotossicità è riportata in calce alla tabella 5.

Tab. 5 - Tesi a confronto e controllo produzione - terreno di medio impasto tendenzialmente argilloso (riferimento tabella 4)

Combinaz. pre + post-em.	Tratt. di pre-em. normale e ritardata* 10/20*-03-00			Trattamenti di post-emergenza: A=08-04-00 (cot.-2 foglie); B=22-04-00 (4-6 f.)			Efficacia media (%)	Controllo della produzione		
	Tesi	Prodotti *(1)	Dosi: (l o kg ha ⁻¹ f.c.)	Tesi	Prodotti *(1)	Dosi: (l o kg ha ⁻¹ f.c.)		Peso t ha ⁻¹	Pol.	Sacc. t ha ⁻¹
A	2	(met.+len.)	3	I	A (phe+des+ethof)+met.+olio	0,7+0,7+0,3	87,0	79,2	16,74	13,26
B	5	met.	4		B (phe+des+ethof)+met.+olio	1,2+1+0,3	80,7	83,5	16,71	13,95
C	10	non trattato	-				58,7	65,8	16,85	11,09
D	2	(met.+len.)	3	II	A (phe+des+ethof)+met.+len.+olio	0,7+0,7+0,1+0,3	91,3	75,3	16,51	12,43
E	5	met.	4		B (phe+des+ethof)+met.+len.+olio	1,2+1+0,1+1+0,3	84,6	81,2	16,89	13,71
F	10	non trattato	-				65,4	69,7	16,94	11,81
G	2	(met.+len.)	3	III	A (phe+des+ethof)+met.+trifl.+olio	0,7+0,5+0,040+0,5	90,6	78,1	16,96	13,25
H	5	met.	4		B (phe+des+ethof)+met.+trifl.+olio	1+0,5+0,040+0,5	82,7	80,6	16,85	13,58
I	10	non trattato	-				72,8	72,1	17,02	12,27
L	2	(met.+len.)	3	IV	B (phe+des+ethof)+met.+ len.+trifl.+olio	1,2+0,5+ 0,1+0,040+0,5	82,3	73,2	16,53	12,10
M	5	met.	4				74,0	69,8	17,03	11,89
N	10	non trattato	-				62,2	63,5	17,10	10,86
O	2	(met.+len.)	3	V	non trattato	-	58,7	53,8	16,95	9,12
P	5	met.	4				49,2	54,7	17,08	9,34
Q	10	non trattato	-				0	41,5	17,12	7,10
		testimone sarchiato	-		testimone sarchiato		0	82,9	16,48	13,66

Legenda - Prodotti *(1) e sintomi *(2) citati nelle tabelle:

*(1) Prodotti:

(met.+chlor.)=(metamitron 40%+chloridazon 25%)

chlor.=chloridazon 65%

met.=metamitron 70%

len.=lenacil 80%

(met.+len.)=(metamitron 60%+lenacil 5%)

(ethof.+len.)=(ethofumesate 30%+lenacil 12%)

(phe.+des.+ethof.)=(phenmedipham 75 g l⁻¹+desmedipham 25 g l⁻¹+ethofumesate 150 g l⁻¹)

trifl.=triflusulfuron-methyl 50%

cycl.=cycloxydim 200g/l

*(2) Sintomi:

a=sviluppo ridotto

b=ingiallimenti e/o marmorizzazioni fogliari

c=malformazioni fogliari

DMS a P < 0,05

6,5

0,49

1,25

Conclusioni

Nel corso delle prove sperimentali effettuate allo scopo di mettere in risalto le interazioni tra erbicidi distribuiti in pre e in post-emergenza su differenti tipologie di terreno, si è potuto evidenziare l'effettivo grado di contenimento delle malerbe sottoposte alle molteplici combinazioni erbicide e il loro grado di selettività. Si è operato in presenza delle più diffuse infestazioni, che rappresentano la prevalente flora infestante della barbabietola da zucchero dell'Italia settentrionale, come *E. crus-galli*, *A. retroflexus*, *C. album*, *P. aviculare*, *F. convolvulus*, *P. lapathifolium* e l'infestante di sostituzione *D. carota*, che in questi ultimi anni si sta gradualmente diffondendo. Nell'ambito di un andamento climatico poco piovoso in corrispondenza della semina e delle prime fasi di sviluppo della coltura sono stati ottenuti ottimi risultati con programmati interventi di post-emergenza a base delle più complesse miscele di (phenmedipham + desmedipham + ethofumesate) + metamitron + olio nel caso di normali infestazioni di *C. album*, *F. convolvulus* e *P. lapathifolium* e, con l'aggiunta di triflusal-methyl, anche in presenza di *P. aviculare*, *D. carota* ed *E. crus-galli*. Le applicazioni di post-emergenza, in funzione della reale presenza delle malerbe, hanno raggiunto un grado di perfezione rispetto ai tradizionali interventi di pre-emergenza, sufficiente a garantire un buon contenimento di qualsiasi tipo di infestazione. Tuttavia la distribuzione degli erbicidi residuali applicati in via preventiva, nonostante il loro insufficiente contenimento delle malerbe, offre margini di riuscita ben superiori ai soli interventi di post-emergenza, in particolare nei casi in cui l'andamento climatico risulta avverso o se si opera nei terreni più sciolti, dove l'emergenza delle malerbe è più scalare. Inoltre è possibile avere una maggiore elasticità nell'esecuzione dei trattamenti di post-emergenza e risparmiare un intervento erbicida nel caso di limitate e non pericolose infestazioni.

Per quanto riguarda le interazioni tra i trattamenti di pre e post-emergenza, l'impiego preventivo di lenacil permette di ottenere una maggiore azione di precondizionamento, mentre in post-emergenza aumenta l'efficacia erbicida. Tuttavia il controllo più completo delle più difficili infestazioni di *P. aviculare* e di *C. album* si ottiene quando il lenacil viene applicato sia in pre che in post-emergenza in miscela con gli altri prodotti, e più in particolare nei complementari trattamenti di post-emergenza con ulteriore aggiunta di triflusal-methyl il quale, attivo anche verso *D. carota*, ne ottimizza l'efficacia erbicida, ma ne riduce la selettività colturale. Tale maggiore azione fitotossica si evidenzia in un primo tempo con un lieve ritardo della chiusura delle interfila da parte degli apparati fogliari e a volte anche con calo di produttività, che ne sconsiglia l'impiego in miscela con lenacil quando questo erbicida è stato precedentemente distribuito in pre-

emergenza. Pertanto, l'ottimizzazione dell'efficacia erbicida rimane condizionata dai valori della massima capacità produttiva della coltura, che aumenta progressivamente con il grado dell'azione diserbante, per poi ridurre la propria marginalità diventando non più conveniente ai fini economici.

Bibliografia

- BRANDES A, SCHAUFELE WR, BENZ W. (1998). Einflub unterschiedlicher unkrautdeckungsgrade auf den ertrag von zuckerruben. Proceedings of the 61° IIRB Congress Brussels 1998, 419 – 423.
- CAMPAGNA G, RAPPARINI G. (2000). Prove di interazione fra trattamenti di pre e post-emergenza della barbabietola da zucchero con miscele a base di lenacil e triflusaluron-methyl. Atti Giornate Fitopatologiche, 2000, 2, 487 – 494.
- CAMPAGNA G, ZAVANELLA M, VECCHI P, MAGRI F. (2000). Sugar beet weed control: yield in relation with herbicide selectivity and action. Proceedings of the 63° IIRB Congress Interlaken (CH) , 541 – 548.
- COVARELLI G, ONOFRI A. (1998). Effects of timing of weed removal and emergence in sugar beet. 6° EWRS Mediterranean Symposium 1998, Montpellier, 65 – 72.
- FISHER SJ, MAY MJ, DICKINSON G. (1995). Post-emergence broad-leaved weed control in sugar beet with triflusaluron in the UK 1993-1994. Brighton crop protection conference – Weeds – 1995, 853 – 858.
- GRIFFITHS W. (1994). Evolution of herbicide programs in sugarbeet. Weed technology 8, 338 – 343.
- MERIGGI P. (1994). Synthèse des expérimentations conduites avec l'herbicide DPX 66037 sur culture betteravière dans le bassin méditerranéen. Atti IIRB Bruxelles 1994, 103 – 108.
- MUCHEMBLED C. (1994). Synthèse de trois années d' expérimentation du Safari en France. Proceedings of the 57° IIRB Congress Brussels , 133 – 139.
- VENTURI F. (1981). Il diserbo della bietola con gli "interventi frazionati" di post-emergenza: risultati sperimentali 1977-81. Atti SILM "Stato attuale della lotta alle malerbe nella barbabietola da zucchero in Italia", 357 – 365.
- WILSON R.G. (1994). New herbicides for postemergence application in sugarbeet (*Beta vulgaris*). Weed technology 8, 807 – 811.

Prove di lotta contro *Abutilon theophrasti* Medicus infestante il mais

G. RAPPARINI, G. CAMPAGNA, F. PACI

Centro di Fitofarmacia - Dipartimento di Protezione e Valorizzazione Agroalimentare
Università degli Studi di Bologna

Riassunto

Si riferisce su un biennio di prove eseguite in tre areali maidicoli della Pianura Padana per verificare le nuove possibilità di lotta contro *Abutilon theophrasti* Medicus con l'impiego dei più recenti erbicidi isoxaflutole, flufenacet, metolachlor isomero, sulcotrione e prosulfuron.

L'isoxaflutole da solo, ed ancor meglio in miscela con la terbuthylazine e i graminicidi residuali, ha perfettamente contenuto le nascite di *A. theophrasti* e di tutte le più diffuse infestanti dicotiledoni e graminacee annuali anche nella più sicura dose ridotta di 70-75 g ha⁻¹ di formulato commerciale. Risultati soddisfacenti sono stati ottenuti in post-emergenza con sulcotrione, nella più attiva miscela con nicosulfuron e fluroxypyr, dalla miscela di prosulfuron + primisulfuron addizionati di dicamba e dalla miscela di fluroxypyr + dicamba in addizione a rimsulfuron o nicosulfuron.

Parole chiave: erbicidi, mais, *Abutilon theophrasti*.

Summary

Control of *Abutilon theophrasti* Medicus in maize

Two year trials were carried out in three different areas of the Po Valley to investigate the activity against *Abutilon theophrasti* Medicus of the most recent herbicides isoxaflutole, flufenacet, metolachlor isomero, sulcotrione e prosulfuron. Isoxaflutole, alone or, with better performance, mixed with terbuthylazine and the grass-killer herbicides completely controlled the growth of *A. theophrasti* and the most diffused broad-leaf weeds and grasses, also applying the effective reduced rate of 70-75 g ha⁻¹. Good results were also observed in post-emergence treatments applying sulcotrione in the more active mixture with prosulfuron + primisulfuron in conjunction with dicamba and was also confirmed the good activity of the mixture fluroxypyr + dicamba added to rimsulfuron or nicosulfuron.

Key words: herbicides, maize, *Abutilon theophrasti*.

Introduzione

Nella gestione del diserbo chimico del mais una delle problematiche più attuali è sicuramente rappresentata dalla progressiva e sempre maggiore diffusione di una flora di sostituzione, che spesso richiede, per un contenimento ottimale, diffusi e specifici interventi erbicidi.

Sono da tempo noti i negativi effetti di rotazioni strette e minime lavorazioni sulla propagazione di tali malerbe (Catizone 1979; Covarelli *et al.* 1988), a cui si è aggiunta la semplificazione floristica e la nascita di fenomeni di resistenza provocati da un impiego eccessivo di atrazine (Zanin *et al.* 1988).

Tra le specie dicotiledoni di sostituzione del mais, c'è da sottolineare come *Abutilon theophrasti* Medicus, specie appartenente alla famiglia botanica delle malvacee e originaria della Cina e presente nel Nord-Africa e America, si sia facilmente naturalizzata anche nel nostro Paese. Inizialmente sporadica in alcune località della bassa pianura padana (Castagnoli 1981; Cantele *et al.* 1983), si riscontra oggi frequentemente soprattutto in Veneto e Lombardia ed è sempre più diffusa anche in Emilia e nell'Italia centrale.

Tale malerba è dotata di notevole capacità competitiva e la sua soglia di infestazione è considerata praticamente zero (Zanin *et al.* 1988). Per un suo contenimento, sono indicate lavorazioni che prevedono il rivoltamento degli strati del terreno e sarchiature precoci che eliminano le prime ondate di germinazione, favorendo nel contempo le successive nascite da colpire con trattamenti chimici (Cantele *et al.* 1987 a; 1987 b), che risultano comunque indispensabili per contrastare l'elevata scalarità di emergenza.

Nel corso degli anni sono inoltre emersi da parte di *A. theophrasti* fenomeni di resistenza a molti erbicidi largamente utilizzati soprattutto in pre-emergenza del mais.

Diversi studi sperimentali, hanno messo in evidenza, come per contrastare tale malvacea, sia necessario ricorrere a trattamenti frazionati o ad erbicidi efficaci a stadi di sviluppo dell'infestante relativamente avanzati come ad esempio bentazone, dicamba e fluroxypyr (Zampetti *et al.* 1984; Rapparini *et al.* 1987).

Successivamente sono state messe a punto nuove linee di diserbo in post-emergenza, favorite dall'introduzione di nuove molecole chimiche attive nei confronti di *A. theophrasti* Medicus tra i quali tifensulfuron-methyl (Bassi A. *et al.* 1990), primisulfuron da solo o in miscela con prosulfuron (Roy C. 1995) e sulcotrione (Villani A. *et al.* 1994).

Nonostante tutto, a causa della ridotta sensibilità dell'infestante a stadi di sviluppo avanzati e la efficacia erbicida aleatoria di molti principi attivi quando applicati in condizioni pedoclimatiche non ottimali, non sempre si sono ottenuti completi risultati su *A. theophrasti* (Rapparini 1993).

La recente introduzione del principio attivo di pre-emergenza del mais isoxaflutole (Tracchi G.

et al. 1996), ha invece rivoluzionato il diserbo della coltura e aperto una nuova linea nella lotta preventiva alle infestanti del mais in presenza di *A. theophrasti*, verso cui isoxaflutole, esercita una completa efficacia in tutte le condizioni di trattamento.

Una selettività non sempre ottimale e una media-lunga persistenza nel terreno, pongono nello stesso tempo l'esigenza di razionalizzare l'uso di questo nuovo principio attivo, alla ricerca della minima dose attiva quando applicato da solo o in miscela con i comuni erbicidi di pre-emergenza del mais.

A tal fine, nel corso degli anni 1999 e 2000, nell'ambito di un'indagine di pieno campo, sono state eseguite 5 prove parcellari in coltivazioni di mais infestate da *A. theophrasti*.

Materiali e metodi

Le prove parcellari sono state realizzate nelle province di Bologna, Modena e Mantova nel biennio 1999-2000 su terreni sciolti e di medio impasto prevalentemente infestati da *A. theophrasti*. I campi sperimentali sono stati impostati secondo lo schema del blocco randomizzato, con parcelle elementari della superficie di 20-28 m²; replicate da 3 a 4 volte. Gli interventi erbicidi sono stati eseguiti con barra portata o trainata munite di ugelli a ventaglio irroranti un volume di acqua di 400 l ha⁻¹ in pre e post-emergenza. I rilievi floristici sono stati effettuati tramite il conteggio del numero di infestanti per parcella, il grado di efficacia erbicida in % rispetto al testimone non trattato, e valutando il grado di ricoprimento delle infestanti residue (inerbimento %). La selettività colturale è stata valutata sulle piantine di mais mediante la scala empirica 0-10 (0=nessun sintomo; 10=coltura distrutta) e descrizione dei relativi sintomi di fitotossicità.

Fig. 1 - Andamento pluviometrico - Anno 1999

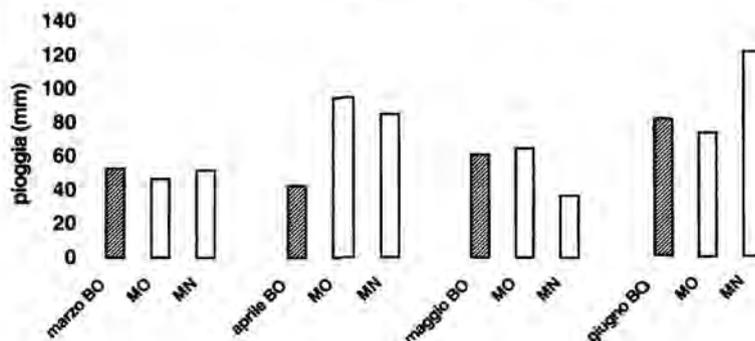
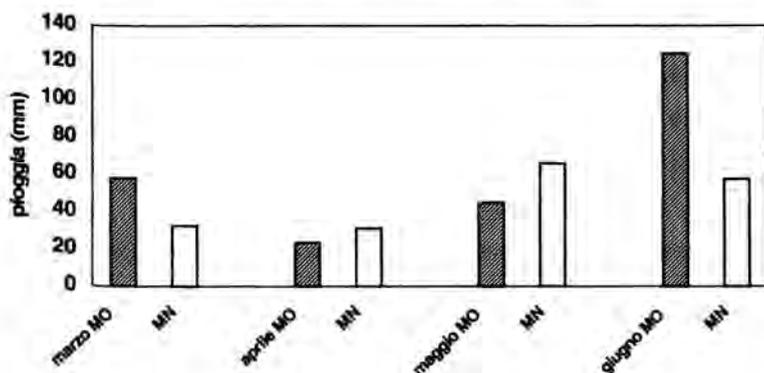


Fig. 2 - Andamento pluviometrico -Anno 2000



Risultati

Prima prova - Bologna 1999 (Tab. 1)

La prima prova è stata effettuata su un terreno di medio impasto tendenzialmente argilloso e ricco di sostanza organica. Il decorso climatico è stato caratterizzato da una favorevole piovosità a partire dall'esecuzione dei trattamenti di pre-emergenza, con una piena attivazione degli erbicidi ad azione residuale distribuiti in via preventiva. Meno frequenti sono state le piogge cadute durante la prima parte del ciclo colturale del mais, con temperature rientranti nella media stagionale. L'infestazione era costituita prevalentemente da *A. theophrasti*, (che nell'arco di 25 anni si è diffusa in maniera endemica, ma rilevante nei terreni più organici della zona) ed in misura minore da *Polygonum lapathifolium* L., *Chenopodium polyspermum* L., *Solanum nigrum* L. e *Myagrum perfoliatum* L.. Dai risultati dei rilievi floristici sul grado di inerbimento residuo, è apparso che la prevalente infestazione di *A. theophrasti* è stata completamente contenuta con l'impiego di isoxaflutole da solo o in miscela con gli altri erbicidi residuali. La tradizionale combinazione di metolachlor + terbuthylazine ha confermato la sua parziale e insufficiente azione verso l'infestante malvacea. Più differenziata è risultata l'attività esercitata dalle applicazioni uniche o frazionate eseguite nelle due epoche di 2-3 e 6-7 foglie del mais. Si è potuta accertare in primo luogo una totale azione verso la generalità delle infestanti da parte del doppio intervento di nicosulfuron + sulcotrione, ulteriormente addizionato di fluroxypyr nel corso della seconda applicazione. Parziale è risultata l'efficacia svolta da (pendimethalin + dicamba) + nicosulfuron e più in particolare di rimsulfuron + bromoxynil fenolo + dicamba applicati precocemente sulla coltura. Perfettamente risolutive verso *A. theophrasti* sono apparse le uniche applicazioni alle 6-7 foglie del mais di

nicosulfuron posto in miscela con sulcotrione + fluroxypyr, dicamba + fluroxypyr e (prosulfuron + primisulfuron) + dicamba. Risultati del tutto simili sono stati ottenuti con la miscela di rimsulfuron + dicamba + fluroxypyr. In queste favorevoli condizioni climatiche e di sviluppo delle malerbe sono stati riscontrati pertanto risultati del tutto simili verso l'infestante malvacea tra le applicazioni preventive a base di isoxaflutole e quelle estintive a base delle più complesse miscele di nicosulfuron e rimsulfuron.

Per quanto concerne la selettività colturale, dai rilievi effettuati dopo l'esecuzione dei trattamenti si è potuto accertare che isoxaflutole è stato sufficientemente tollerato in tutte le combinazioni di impiego, inducendo solo lievi e temporanee riduzioni di sviluppo e ingiallimenti fogliari, più evidenti quando è stato posto in miscela con aclonifen e dimethenamid. Più accentuate sono risultate inizialmente le manifestazioni fitotossiche apparse su mais trattato in post-emergenza, in particolare con le combinazioni di nicosulfuron + dicamba + fluroxypyr e di rimsulfuron + dicamba + fluroxypyr.

Seconda prova – Modena 1999 (Tab. 2)

La prova eseguita su terreno di medio impasto, è stata caratterizzata da un decorso climatico piovoso e freddo, durante il mese di aprile e la prima parte di maggio, che ha causato un rallentamento dello sviluppo della coltura durante le prime fasi vegetative, la quale ha subito una maggiore azione competitiva da parte delle infestanti, costituite prevalentemente da *A. theophrasti* e *Chenopodium album* L., oltre che da *Sinapis arvensis* L. e in misura minore da *Fallopia convolvulus* (L.) Holub, *Polygonum aviculare* L., *P. lapathifolium* e *Amaranthus retroflexus* L. tra le dicotiledoni e di *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. tra le graminacee. Tutti i prodotti applicati in pre-emergenza, favoriti dalle piogge cadute dopo i trattamenti, hanno svolto un'elevata attività preventiva verso le più comuni infestanti, compreso *A. theophrasti* quando è stato utilizzato isoxaflutole, che ha fornito la più elevata efficacia in miscela con terbuthylazine, assicurando un completo contenimento di tutte le malerbe. Insufficiente è risultata l'azione della tradizionale miscela di metolachlor + terbuthylazine verso *A. theophrasti*. Le applicazioni di post-emergenza precoce hanno fornito buoni risultati verso la generalità delle malerbe, se si eccettua la parziale attività nei confronti dell'infestante malvacea, verso la quale più attiva è risultata la miscela di nicosulfuron + (prosulfuron + primisulfuron), oltre agli interventi eseguiti alle 6 foglie del mais con nicosulfuron in miscela con sulcotrione + fluroxypyr o dicamba + fluroxypyr.

La verifica della selettività colturale ha messo in evidenza una buona tolleranza delle piante di mais ai trattamenti eseguiti in pre-emergenza con isoxaflutole e in post-emergenza con tutte le altre combinazioni, se si eccettua l'intervento di (pendimethalin + dicamba) + rimsulfuron eseguito in post-emergenza precoce che ha causato, seppur transitoriamente, sintomi più evidenti.

Nella prova eseguita in provincia di Modena nell'anno 2000 su un terreno di medio impasto ben preparato prima della semina, in cui gli erbicidi distribuiti in via preventiva, sono stati attivati tardivamente a causa delle precipitazioni sopraggiunte in ritardo su terreno secco. La composizione malerbologica era rappresentata in prevalenza da *A. theophrasti*, *P. lapathifolium*, *C. album* e *S. arvensis*, le quali hanno avuto un'emergenza scalare a partire dalla semina della coltura fino ai primi stadi di sviluppo del mais per la scarsità delle precipitazioni piovose. In tale contesto pedoclimatico e floristico, i migliori risultati in pre-emergenza, riguardo il contenimento di dette malerbe a foglia larga, sono stati ottenuti con le miscele a base di isoxaflutole, che hanno fornito un totale controllo delle suddette infestazioni, compresa la più temibile malvacea. Tra le altre combinazioni di pre-emergenza, buoni risultati sono stati ottenuti con la miscela di dimethenamid + terbuthylazine distribuita alle dosi maggiori, la quale ha contenuto tutte le malerbe a foglia larga ad eccezione di un parziale controllo di *A. theophrasti*. Tutte le altre miscele a base di terbuthylazine, hanno esercitato un ottimo controllo delle malerbe se si eccettua solo *A. theophrasti*, che dopo un iniziale e parziale contenimento ha ripreso a vegetare. In post-emergenza del mais, sia alle 3 foglie sia alle 5-6 foglie della coltura, sono stati ottenuti buoni risultati nei confronti di tutte le malerbe, le quali anche se non completamente devitalizzate hanno subito una forte competizione esercitata dalla coltura. Da rilevare che solo in corrispondenza delle tesi trattate in post-emergenza precoce con nicosulfuron + sulcotrione su terreno secco, a seguito delle piogge cadute successivamente si sono verificate delle rinascite di *A. theophrasti* che pur subendo la competizione del mais sono riuscite parzialmente a svilupparsi.

Per quanto riguarda la selettività colturale sono stati osservati evidenti, anche se transitori, sintomi di ingiallimento e di riduzione dello sviluppo delle piante di mais trattate con le miscele di isoxaflutole, in particolare quando posto in miscela con metolachlor + terbuthylazine. Sintomi simili sono stati rilevati con i trattamenti di dimethenamid + terbuthylazine impiegati alle dosi più alte, in cui sono state osservate anche lievi malformazioni fogliari. Buona la selettività riscontrata con le applicazioni di post-emergenza precoce, mentre più evidente è risultata la fitotossicità causata dagli interventi eseguiti alle 5-6 foglie del mais dove, elevate temperature oltre la media stagionale, hanno favorito malformazioni fogliari accompagnate da un'anomala proliferazione e sviluppo delle radici avventizie del mais.

La prova parcellare è stata eseguita su un terreno di medio impasto tendenzialmente sciolto. L'andamento stagionale piuttosto freddo e variabile che ha caratterizzato il mese di aprile e la prima decade di maggio, se da un lato ha causato un rallentamento dello sviluppo della coltura durante le prime fasi vegetative, dall'altro ha favorito l'attivazione dei trattamenti preventivi e anche di quelli di post-emergenza. In presenza di una prevalente infestazione di *E. crus-galli* tra le graminacee e di *A. theophrasti* tra le dicotiledoni, oltre a *P. lapathifolium*, *S. nigrum*, ecc., i migliori risultati sono stati ottenuti con le miscele di isoxaflutole + terbuthylazine, che con l'aggiunta di metolachlor o alachlor hanno permesso di completare il contenimento anche verso *E. crus-galli*. Meno completa è risultata l'azione della miscela di (isoxaflutole + aclonifen) addizionata di dimethenamid o metolachlor, in particolare verso composite e poligonacee. Più limitata è risultata l'azione, in particolare verso *E. crus-galli* e *A. theophrasti*, delle miscele estemporanee o già formulate dei graminicidi tradizionali con terbuthylazine, tra le quali dimethenamid + terbuthylazine che, nei confronti dell'infestante malvacea, ha esercitato una migliore, seppur parziale, efficacia rispetto agli altri graminicidi.

Per quanto riguarda la selettività colturale, nessuna combinazione preventiva ha causato evidenti sintomi di fitotossicità, fatta eccezione per qualche ingiallimento fogliare dove è stato impiegata la miscela (isoxaflutole + aclonifen).

Tabella 1. Prova n° 1 (Bologna 1999) – Tesi a confronto e risultati dei rilievi della fitotossicità e floristici

T e s i	Principio attivo	Dose (l o kg ha ⁻¹ di formulato commerciale)	Epoca trattamento	Rilievi fitotossicità (scala 0-10) e descrizione sintomi (1)		Rilievo floristico n° piante di <i>Abutilon theophrasti</i> su 5m ²
				22/04	25/05	
				23/08		
1	(Isoxaflutole + aclonifen) + dimethenamid	0,7 + 1	A	1,2 ab		4
2	(Isoxaflutole + aclonifen) + dimethenamid	1 + 1,3	A	2,0 ab		4
3	(Isoxaflutole + aclonifen) + (metolachlor + terbuthylazine)	1 + 4	A	1,5 ab		3
4	Isoxaflutole + terbuthylazine	0,07 + 1	A	1,3 ab		6
5	Isoxaflutole + terbuthylazine	0,1 + 1,5	A	1,7 ab		4
6	Isoxaflutole	0,1	A	1,7 ab		2
7	(Metolachlor + terbuthylazine)	5,5	A	0,8 a		60
8	Nicosulfuron + sulcotrione	0,6 + 0,6	B		1,3 abc	1
	Nicosulfuron + sulcotrione + fluroxypyr	0,6 + 0,6 + 0,5	C			
9	(Pendimethalin + dicamba) + nicosulfuron	1 + 4	B		2,2 ab	22
10	Rimsulfuron + bromoxynil + dicamba	0,04 + 0,7 + 0,7	B		1,5 abc	44
11	Nicosulfuron + sulcotrione + fluroxypyr	1,2 + 1 + 0,5	C		2,3 abc	1
12	Nicosulfuron + dicamba + fluroxypyr	1,2 + 0,7 + 0,7	C		2,8 abc	2
13	Rimsulfuron + dicamba + fluroxypyr	0,05 + 0,7 + 0,7	C		3,2 abc	2
14	Nicosulfuron + (prosulfuron + primisulfuron) + dicamba	1,2 + 0,03 + 0,6	C		1,8 abc	2
15	Non trattato	-	-	-	-	83

(1) Descrizione dei sintomi: a = sviluppo ridotto; b = ingiallimenti e accartocciamenti fogliari; c = malformazioni fogliari

Semina mais eseguita il 12/03/99 a file distanti 75 cm con la varietà Alicia

Epoca e data trattamenti: A = pre-emergenza (15/03/99); B = post-emergenza, mais: 2-3 foglie (15/04/99); C = post-emergenza, mais: 6-7 foglie (10/05/99)

Stadio di sviluppo: *Abutilon theophrasti* al 15/04/99 cotiledoni-1-2 foglie vere; al 10/05/99 6-7 foglie vere

Tabella 2. Prova n° 2 (Modena 1999) – Tesi a confronto e risultati dei rilievi della fitotossicità e floristici

T e s i	Principio attivo	Dose (l o kg ha ⁻¹ di formulato commerciale)	Epoca trattamento	Rilievi fitotossicità (scala 0-10) e descrizione sintomi (1)		Rilievi floristici							
						n° infestanti in 10 m ²				% di disseccamento			
						08/05				29/05			
						A	C	S	A	A	C	A	A
						B	H	I	L	B	H	M	L
U	E	N	T	U	E	A	T						
T	A	A	R	T	A	R	R						
H	L	R	E	H	L	E	E						
08/05		22/05											
1	(Metolachlor + terbuthylazine)	4	A	0,5 a	0,7 a	127	0	0	13	0	100	100	60
2	Isoxaflutole + terbuthylazine	0,1 + 1	A	1,5 a	1,0 a	0	0	0	0	100	100	100	100
3	Isoxaflutole + dimethenamid	0,1 + 1,5	A	1,2 a	2,8 a	0	0	0	0	100	100	100	70
4	Isoxaflutole	0,1	A	1,0 a	1,2 a	0	0	0	0	100	100	100	53
5	(Pendimethalin + dicamba) + rimsulfuron	4 + 0,04	B		2,7 ab					88	99	99	74
6	Nicosulfuron + (prosulfuron + primisulfuron)	1 + 0,03	B		2,2 ab					98	87	99	95
7	Nicosulfuron + sulcotrione	1,2 + 1	B		2,0 ab					70	98	99	91
8	Nicosulfuron + sulcotrione + fluroxypyr	1,2 + 1 + 0,4	C		1,6 ab					94	92	91	90
9	Nicosulfuron + dicamba + fluroxypyr	1,2 + 0,7 + 0,7	C		1,7 ab					95	68	96	88
10	Non trattato	-	-	-	-	628	357	68	154				

(1) Descrizione dei sintomi: a = sviluppo ridotto; b = ingiallimenti fogliari

(2) Altre infestanti: *Echinochloa crus-galli*; *Amaranthus retroflexus*; *Fallopia convolvulus*; *Polygonum aviculare*; *Polygonum lapathifolium*

Semina mais eseguita il 05/04/99 a file distanti 75 cm con la varietà Balka

Epoca e data trattamenti: A = pre-emergenza (07/04/99); B = post-emergenza, mais: 3 foglie (08/05/99); C = post-emergenza, mais: 6 foglie (17/05/99)

Stadio di sviluppo: *Abutilon theophrasti* al 08/05/99 2-4 foglie vere; al 17/05/99 6-8 foglie vere

Tabella 4. Prova n° 4 (Mantova 1999) - Tesi a confronto e risultati dei rilievi della fitotossicità e floristici

T e s i	Principio attivo	Dose (l o kg ha ⁻¹ di formulato commerciale)	Epoca trattamento	Rilievi fitotossicità: Grado scala 0-10 e tipo di sintomi (1)		Rilievo floristico: Inerbimento residuo al 22/05/99		
				08/05/99	22/05/99	ECHCG	ABUTH	ALTRE (2)
1	Isoxaflutole + terbuthylazine	0,075 + 1,5	A	0,6 a	1,1 a	3	1	0
2	Isoxaflutole + terbuthylazine	0,100 + 1,5	A	1,2 a	1,3 a	1	0	0
3	Isoxaflutole + (metolachlor + terbuthylazine)	0,075 + 4	A	1,0 a	1,2 a	0	0,5	0
4	Isoxaflutole + (alachlor + terbuthylazine)	0,075 + 4,5	A	1,2 a	1,2 a	0,5	0	0
5	(Isoxaflutole + aclonifen) + metolachlor isomero	0,075 + 2	A	1,0 ab	1,2 a	0	1	4,5
6	(Isoxaflutole + aclonifen) + dimethenamid	0,075 + 1	A	1,2 ab	1,5 a	2	2	5,5
7	(Metolachlor + terbuthylazine)	5,5	A	0,4 a	0,5 a	3	8	5,5
8	(Alachlor + terbuthylazine)	6	A	0,3 a	0,3 a	7	9	2
9	Dimethenamid + terbuthylazine	1,3 + 1,5	A	0,5 a	0,6 a	5	5	0
10	Non trattato	-	-	0	0	29	19	32

(1) Descrizione dei sintomi di fitotossicità: a = sviluppo ridotto; b = ingiallimenti fogliari

(2) Altre infestanti: *Polygonum lapathifolium*; *Solanum nigrum*; *Amaranthus retroflexus*; *Senecio vulgaris*; *Portulaca oleracea*

Semina: eseguita il 24/03/99 a file distanti cm. 75 con la varietà Costanza Pioneer

Epoca e data trattamenti: A = pre-emergenza (02/04/99)

Tabella 5. Prova n° 5 (Mantova 2000) - Tesi a confronto e risultati dei rilievi della fitotossicità e floristici

T e s i	Principio attivo	Dose (l o kg ha ⁻¹ di formulato commerciale)	Epoca trattamento	Rilievi fitotossicità scala 0-10 e descrizione sintomi (1)		Rilievi floristici							
						n° infestanti in 10 m ²						inerbimento residuo (%)	
						10/06						14/07	
						ECHCG + SORHA	A	P	C	A	S	A	A
							B	O	H	L	O	B	L
	U	L	E	T	R	U	T						
	T	L	A	R	H	T	R						
	H	A	L	E	A	H	E						
				(2)			(3)						
1	Flufenacet + terbuthylazine + isoxaflutole	1 + 1,6 + 0,075	A	2,5 ab	0	0	0	0	0	0	4	0	0
2	Flufenacet + terbuthylazine + isoxaflutole	0,8 + 1,6 + 0,075	A	2,2 ab	0	1	0	0	0	0	7	0	0
3	(Flufenacet + isoxaflutole)	0,750	A	2,0 ab	0	3	0	0	0	0	3	0	0
4	(Flufenacet + isoxaflutole) + terbuthylazine	0,6 + 1	A	2,1 ab	0	2	0	0	0	0	7	0	0
5	(Flufenacet + isoxaflutole) + terbuthylazine	0,6 + 0,7	A	1,8 ab	0	8	0	0	0	0	11	0	0
6	(Alachlor + terbuthylazine) + isoxaflutole	4,5 + 0,075	A	2,0 ab	0	1	0	0	0	0	4	0	0
7	(Metolachlor + terbuthylazine) + isoxaflutole	4 + 0,075	A	2,4 ab	0	1	0	0	0	0	3	0	0
8	Dimethenamid + terbuthylazine + isoxaflutole	1 + 1,5 + 0,075	A	1,8 ab	0	4	0	0	0	0	7	0	0
9	(Flufenacet + terbuthylazine)	1 + 1,6	A	1,1 a	0	3	18	0	0	0	5	5	0
10	(Alachlor + terbuthylazine)	6,5	A	0,5 a	0	6	39	0	0	0	7	7	0
11	(Metolachlor + terbuthylazine)	5,5	A	0,9 a	0	4	43	0	0	0	1	6	0
12	Dimethenamid + terbuthylazine)	1,2 + 1	A	2,5 ab	1,8	7	21	0	0	0	8	2	0
T	Non trattato	-	-	0	0	38	48	45	78	17	15	26	52

(1) Descrizione dei sintomi: a = sviluppo ridotto; b = imbiancimenti fogliari

(2) Altre infestanti al 10/06/00: *Capsella bursa pastoris*; *Amaranthus retroflexus*; *Hibiscus trionum*

(3) Altre infestanti al 14/07/00: *Amaranthus retroflexus*; *Chenopodium album*; *Polygonum lapathifolium*

Semina: eseguita il 20/03/00 a file distanti cm. 45 con la varietà PR33J24 Pioneer

Epoca e data trattamenti: A = pre-emergenza (22/03/00)

Tabella 6. Composizione formulati commerciali utilizzati nelle prove

Principio attivo	principio attivo (%)	principio attivo (g l ⁻¹)
(Alachlor + terbuthylazine)	-	336 + 144
Metolachlor isomero	-	960
(Metolachlor + terbuthylazine)	-	322 + 161
Dimethenamid	-	900
Flufenacet	60	-
(Flufenacet + isoxaflutole)	48 + 10	-
Pendimethalin	-	307
Isoxaflutole	75	-
(Isoxaflutole + aclonifen)	-	75 + 500
Terbuthylazine	-	560
Bromoxynil	-	327
(Pendimethalin + dicamba)	-	250 + 50
Dicamba	-	243,8
Fluroxypyr	-	180
Sulcotrione	-	300
(Prosulfuron + primisulfuron)	50 + 30	-
Rimsulfuron	25	-
Nicosulfuron	-	40

La prova di pre-emergenza realizzata in provincia di Mantova su terreno di medio impasto tendenzialmente sciolto, è stata caratterizzata da un andamento climatico con temperature al di sopra della media stagionale, in particolare durante i mesi di aprile e maggio, e un decorso particolarmente secco che si è protratto fino alla levata del mais, dopo sporadiche piogge di limitata entità sopraggiunte durante i primi stadi vegetativi della coltura.. Le principali infestanti erano costituite da *Sorghum halepense* (L.) Pers. nata prevalentemente da seme e da *E. crus-galli* per quanto riguarda le graminacee, e da *A. theophrasti*, *P. lapathifolium* e *C. album* tra le dicotiledoni, che sono nate scalaramente a partire dalla semina del mais fino ai primi stadi di sviluppo della coltura. In tale contesto pedoclimatico e floristico, i migliori risultati sono stati ottenuti con tutte le miscele a base di isoxaflutole, che hanno permesso di azzerare completamente l'infestazione presente, se si eccettua qualche successivo ricaccio di *S. halepense* prevalentemente da rizoma. Tra le altre miscele buoni risultati sulla generalità delle malerbe, compreso *A. theophrasti*, sono stati ottenuti con dimethenamid + terbuthylazine e (flufenacet + terbuthylazine), che con le sporadiche precipitazioni cadute durante i primi stadi vegetativi delle malerbe e della coltura, sono stati da un lato perfettamente attivati, mentre dall'altro il successivo periodo di siccità ha limitato fortemente la scalarità di emergenza delle malerbe, tra le quali solo *A. theophrasti* nato più tardivamente è riuscito a svilupparsi. Risultati insufficienti nei confronti di *A. theophrasti*, anche se ottimi verso le altre malerbe, sono stati ottenuti con le tradizionali miscele costituite da terbuthylazine con alachlor o metolachlor.

Per quanto riguarda la fitotossicità rilevata ai danni della coltura, a fronte di un'ottima selettività osservata con l'impiego di terbuthylazine in miscela con alachlor, metolachlor e anche di flufenacet, le miscele a base di isoxaflutole e anche di dimethenamid + terbuthylazine hanno causato, seppur in via transitoria, imbianchimenti fogliari e riduzione dello sviluppo delle piantine di mais durante i primi stadi vegetativi.

Conclusioni

Alla fine di questa sperimentazione biennale di lotta contro *A. theophrasti* infestante il mais nei comprensori della Pianura Padana, è possibile constatare in primo luogo che questa temibile infestante che fino a pochi anni fa costituiva un limite di coltivazione, è diventata di facile contenimento con l'impiego preventivo in pre-emergenza di isoxaflutole, un protoerbicida appartenente alla nuova famiglia chimica degli isossaflozoli utilizzabile a bassi dosaggi di 37,5 - 75 g ha⁻¹ di principio attivo.

L'isoxaflutole, che risulta attivo anche verso altre numerose infestanti annuali, si è dimostrato più idoneo ad essere impiegato in miscela con terbuthylazine nei terreni più infestati da dicotiledoni o più efficacemente in associazione a gramincidi residuali come dimethenamid e i più recenti flufenacet e metolachlor isomero nella dose ottimale di 75 g ha⁻¹ di formulato commerciale assicurando, nella maggior parte dei casi, un controllo totale delle infestanti graminacee e dicotiledoni annuali.

Meno completa si è rivelata la sua miscela già formulata con aclonifen per un'incompleta azione dicotiledonica e gramincida, e anche quella con flufenacet dove è risultata carente la componente gramincida. Da rilevare inoltre che insufficiente si è confermata l'azione di contenimento delle nascite di *A. theophrasti* esercitata dalle tradizionali e nuove miscele di formulati commerciali in addizione con terbuthylazine, se non fatta eccezione per una maggiore efficacia di dimethenamid.

Per quanto concerne le applicazioni alternative di post-emergenza, in quasi tutte le prove si è potuto osservare l'ottima azione specifica verso l'infestante malvacea e le altre specie annuali delle applicazioni precoci di sulcotrione nelle diverse associazioni con prodotti gramincidi, e in maniera più costante su *A. theophrasti* quando utilizzato in miscela con nicosulfuron e fluroxypyr nei più tardivi trattamenti alle 5-6 foglie del mais.

Un'efficacia specifica altrettanto elevata è stata ottenuta anche con la miscela dicamba + fluroxypyr in associazione a rimsulfuron o nicosulfuron e con quella preformulata di prosulfuron + primisulfuron più attiva verso le infestanti dicotiledoni quando addizionata di una dose media di dicamba.

L'elevata attività erbicida verso *A. theophrasti* e le altre infestanti del mais esercitata dai trattamenti di pre-emergenza con isoxaflutole, da solo o in miscela con gli altri preparati residuali, è stata confortata da una buona e sufficiente selettività verso la coltura, specialmente nella più tollerata dose di 70-75 g ha⁻¹ di formulato commerciale, se non fatta eccezione per una tendenziale minore compatibilità con dimethenamid e con aclonifen.

Perfettamente selettivi sono risultate le miscele di tutti gli altri prodotti impiegati in pre-emergenza, mentre complessivamente meno tollerate sono state a volte le applicazioni di post-

emergenza in particolar modo con (pendimethalin + dicamba) associato a rimsulfuron e con tutte le combinazioni comprensive di fluroxypyr, che tuttavia non hanno mai provocato consistenti ritardi di sviluppo delle piante del mais.

Bibliografia

- BASSI A, BENCIVELLI A, FABIANI GP, GAMBERINI C, MASSASSO W, SALOMONE MC, TURCHIARELLI V. (1990). – Thifensulfuron-methyl (Harmony[®]) e le sue associazioni nel diserbo di post-emergenza del mais. *Atti Giornate Fitopatologiche*, **1**, 113-124
- CANTELE A, ZANIN G. (1983). Lotta alle malerbe del mais (*Zea mays* L.) nei terreni umiferi: ultimi risultati sperimentali ottenuti nel Veneto. *Rivista di Agronomia*, **17**, 1, 16-26.
- CANTELE A, ZANIN G, ZUIN MC. (1987/a). *Abutilon theophrasti* Medicus: I. Dinamica e persistenza dei semi nel terreno. *Rivista di Agronomia*, **21**, 1, 54-58.
- CANTELE A, ZANIN G, ZUIN MC. (1987/b). *Abutilon theophrasti* Medicus: II. Sclerità di emergenza dei semi nel terreno. *Rivista di Agronomia*, **21**, 3, 224-228.
- CASTAGNOLI F. (1981). Nei campi di mais arriva il cencio molle. *Il giornale del maiscoltore*, **2/3**, 57-59.
- CATIZONE P. (1979). – Ecologia delle malerbe, tecnica agronomica e diserbo. *Rivista di Agronomia*, **13**, 3, 323-329.
- COVARELLI G, TEI F. (1988). Effet de la rotation culturale sur la flore adventice du mais. VIII^{ème} Colloque Internationale Biologie, Ecologie et Systematique des Mauvaies Herbes. *ANPP-EWRS, tome 2*, 477-484.
- RAPPARINI G, FABBRI M, BENUSSI A. (1987). Prove di lotta contro il cencio molle (*Abutilon theophrasti* Med.) infestante il mais. *L'Informatore Agrario*, **7**, 142-144.
- RAPPARINI G. (1993). Il diserbo di post-emergenza del mais. *L'Informatore Agrario*, **17**, 67-79.
- ROY C. (1995) Le Prosulfuron: une nouvelle molecole pour le desherbage du mais. Seizieme Conference du COLUMA *Journees internationales d'etudes sur la lutte contre les mauvaises herbes*, **3**, 497-504.
- TRACCHI G, BALLASSO G, MAGLI G. (1996) RPA201772. Erbicida innovativo per il contenimento delle infestanti dicotiledoni e graminacee. *Atti Giornate Fitopatologiche*, **1**, 271-278
- VILLANI A, BIANCHI P, DEVOTI M, MALIZIA R, MAREZZATO G, POLITI A. (1994) ICIA0051 (Sulcotrione): Risultati di due anni di sperimentazione (1992-1993) per il

- contenimento in post-emergenza delle infestanti dicotiledoni del mais. *Atti Giornate Fitopatologiche*, **1**, 189-196
- ZAMPETTI F, FRANCO A. (1984) Starane[®]: Nuovo erbicida di post-emergenza dei cereali a base di Fluroxypyr. Risultati di due anni di sperimentazione. *Atti Giornate Fitopatologiche*, **3**, 23-32
- ZANIN G, SATTIN M. (1988) Threshold level and seed production of velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Medicus) in maize. *Weed Research*, **28**, 347-352.

Influenza del momento di esecuzione del trattamento sull'attività erbicida di diserbanti applicati su mais in pieno campo

G. RAPPARINI¹, G. VANDINI², F. PACI²

¹*Centro di Fitofarmacia - Dipartimento di Protezione e Valorizzazione Agroalimentare
Università degli Studi di Bologna*

²*Collaboratori CRPV presso il Dipartimento di Protezione e Valorizzazione Agroalimentare
Università degli Studi di Bologna*

Riassunto

Nel biennio 1999-2000 sono state eseguite due prove parcellari per verificare l'attività erbicida di rimsulfuron, dicamba, nicosulfuron e sulcotrione applicati, in diversi momenti della giornata, su piante di *Zea mays* L.. Si è osservata la tendenza ad una maggiore attività erbicida di tutti i principi attivi quando applicati nella prima parte della giornata con possibilità di ridurre le dosi fino al 25-33% rispetto a quella normale.

Parole chiave: erbicidi, momento applicazione, mais.

Summary

Influence of herbicide application timing on the efficacy of herbicides on maize in field experiments

During 1999 and 2000, two field plot trials were carried out in order to examine the activity of rimsulfuron, dicamba, nicosulfuron and sulcotrione applied, at different times of the day, on *Zea mays* L.. The higher activity of all the active ingredients was observed when they were applied in the first part of the day. Dosage rates were reduced to a maximum of 25-33% compared to those usually applied.

Key words: herbicides, application timing, maize.

Introduzione

Per la lotta in post-emergenza alle infestanti del mais si dispone di una vasta gamma di prodotti ad azione dicotiledonica, tra cui sulcotrione e dicamba, mentre tra le molecole graminicide possono essere impiegate le due solfoniluree rimsulfuron e nicosulfuron.

Come tutti i diserbanti ad azione fogliare, anche i quattro principi attivi sopra menzionati sono

dotati di un'efficacia erbicida direttamente influenzata dal grado di penetrazione, assorbimento e traslocazione all'interno della pianta infestante (Schönherr *et al.* 1979, Devine 1988, Lo Giudice, Miravalle 1990). A loro volta, questi fattori variano strettamente in funzione di un'elevata gamma di componenti variamente combinate tra loro che portano a situazioni reali molto eterogenee (Gauvrit 1992).

In particolare, i fattori che influenzano l'assorbimento fogliare possono essere schematicamente distinti in tre gruppi. Il primo è relativo alla pianta (morfologia, età, condizioni fisiologiche, ecc.), il secondo agli aspetti applicativi (natura dei principi attivi, dei coformulanti e degli eventuali additivi, velocità e dimensione delle gocce, volume d'acqua impiegato, ecc.) ed il terzo alle condizioni ambientali prima, durante e dopo il trattamento. Tra questi ultimi, oggetto della presente indagine, rivestono particolare importanza la temperatura e l'umidità relativa dell'aria, l'umidità del terreno, oltre ad altri fattori quali luce, pioggia e vento.

Le temperature elevate e la ridotta umidità relativa dell'aria e del suolo costituiscono condizioni sfavorevoli, causando ispessimento della cuticola e disseccamento più rapido del deposito. Al contrario, temperature più miti e valori elevati di umidità favoriscono l'assorbimento degli erbicidi fogliari, aumentando l'idratazione della cuticola e quindi la sua permeabilità. Temperature più basse, comprese tra $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$, sono anch'esse sfavorevoli, mentre al di sotto di $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ l'assorbimento può essere facilitato attraverso lesioni meccaniche della pianta.

Tali fattori ambientali sono estremamente variabili anche all'interno della medesima giornata, per cui possono influire in modo determinante sull'efficacia erbicida di un principio attivo in funzione del momento della giornata in cui viene eseguito il trattamento diserbante.

A tale scopo, la presente indagine è stata finalizzata allo studio del diverso comportamento erbicida di sulcotrione e dicamba associati rispettivamente a nicosulfuron e rimsulfuron, applicati su mais con trattamenti eseguiti al mattino, nel primo pomeriggio ed alla sera; il tutto, per fornire una più approfondita conoscenza della loro modalità d'azione fogliare sulle infestanti.

Materiali e metodi

Entrambe le prove sono state eseguite presso l'azienda sperimentale "Fondazione Castelvetri" di Baricella (BO) su terreno di natura prevalentemente argilloso. È stato adottato uno schema sperimentale a blocco randomizzato con parcelle elementari, di m^2 20 (m 2,5 x m 8) per la prova svolta nel 1999 e m^2 18 (m 3 x m 6) per quella eseguita nel 2000, ripetute 4 volte. I trattamenti erbicidi sono stati effettuati mediante barra portata munita di ugelli a ventaglio irroranti 300 l ha^{-1} di acqua ad una pressione di 3 bar. Le applicazioni sono state eseguite al mattino (ore 8:00 per la prima prova e ore 9:00 per la seconda), nel primo pomeriggio (13:30 e 14:30) ed alla sera (in entrambe le prove alle ore 20:00).

L'efficacia dei trattamenti è stata valutata con periodici rilievi floristici eseguiti stimando visivamente, sulle infestanti, il grado di azione erbicida in percentuale di disseccamento o di devitalizzazione.

Risultati

1^a prova - Anno 1999 (tabella 1)

La prima prova è stata eseguita su *Zea mays* varietà Cecilia, allo stadio di 7-8 foglie, prevalentemente infestato da *Solanum nigrum* L. ad uno stadio compreso tra le 6 foglie ed un'altezza di 25 cm, e da piante di *Polygonum persicaria* L. con un diametro di 5-30 cm. Si è operato in una giornata soleggiata con temperatura massima di 24,5°C ed U.R. minima del 52%. I risultati dei rilievi floristici, eseguiti a distanza di 15, 25 e 36 giorni dal trattamento, hanno permesso di verificare un diverso comportamento dei prodotti saggiati in relazione all'epoca di applicazione. In particolare, rimsulfuron+dicamba, su entrambe le infestanti, ha manifestato una maggiore attività quando gli interventi sono stati eseguiti nelle ore centrali della giornata, mentre la miscela estemporanea nicosulfuron+sulcotrione si è dimostrata più efficace nelle applicazioni del mattino sia nei confronti di *S. nigrum* che di *P. persicaria*.

2^a prova - Anno 2000 (tabella 2)

La seconda prova è stata eseguita su coltura di *Zea mays*, allo stadio di 6-7 foglie, naturalmente infestata da *P. persicaria* ad uno stadio di sviluppo di 40-60 cm di altezza ed in fioritura e da piante di *Fallopia convolvulus* (L.) Holub con un diametro fino a 100 cm. I trattamenti sono stati effettuati in una giornata di pieno sole con temperatura massima di 27°C ed U.R. minima del 38%. I rilievi floristici, eseguiti a distanza di 7, 14 e 22 giorni dal trattamento, hanno evidenziato un diverso comportamento dei principi attivi saggiati in merito al momento di applicazione. In particolare, il formulato rimsulfuron+dicamba si è dimostrato più efficace, su entrambe le infestanti, quando le applicazioni sono state eseguite al mattino, mentre la miscela nicosulfuron+sulcotrione è risultata leggermente più attiva, rispettivamente su *F. convolvulus* e su *P. persicaria*, quando i trattamenti sono stati eseguiti nel primo pomeriggio o al mattino. Per quanto concerne la selettività nei confronti della coltura, i dati mostrano una maggiore fitotossicità (sia pur di lieve entità) di rimsulfuron+dicamba nelle applicazioni del mattino, in coincidenza con la massima efficacia del prodotto: nessun sintomo fitotossico è stato invece rilevato a carico di nicosulfuron+sulcotrione.

Tabella 1. Anno 1999 - Grado di azione delle miscele rimsulfuron+dicamba e nicosulfuron+sulcotrione applicate in diversi momenti della giornata su *Zea mays*.

Diserbanti	Dosi (l o kg di f.c.)	Ora di applica- zione	Efficacia (% azione devitalizzante)					
			<i>Solanum nigrum</i>			<i>Polygonum persicaria</i>		
			T+15	T+25	T+36	T+15	T+25	T+36
(Rimsulfuron + dicamba)	0,3	08:00	77,5	84,3	97,5	87,5	97,8	99,5
(Rimsulfuron + dicamba)	0,4	08:00	80,0	99,5	98,8	95,0	99,5	98,8
(Rimsulfuron + dicamba)	0,3	13:30	70,0	90,0	99,5	82,5	98,8	99,5
(Rimsulfuron + dicamba)	0,4	13:30	75,0	100	100	92,5	100	100
(Rimsulfuron + dicamba)	0,3	20:00	75,0	83,8	96,8	67,5	93,3	98,3
(Rimsulfuron + dicamba)	0,4	20:00	70,0	98,8	99,0	87,5	97,0	99,3
Nicosulfuron + sulcotrione	1 + 0,7	08:00	72,5	85,8	91,8	70,0	95,3	99,5
Nicosulfuron + sulcotrione	1,5 + 1	08:00	80,0	85,3	89,0	82,5	99,5	99,8
Nicosulfuron + sulcotrione	1 + 0,7	13:30	72,5	87,5	81,3	85,5	99,0	99,5
Nicosulfuron + sulcotrione	1,5 + 1	13:30	75,0	93,3	82,8	87,5	99,8	99,8
Nicosulfuron + sulcotrione	1 + 0,7	20:00	67,5	87,0	78,3	77,5	95,8	99,3
Nicosulfuron + sulcotrione	1,5 + 1	20:00	72,5	90,8	84,5	82,5	99,3	98,8

Contenuto di p.a. e tipo di formulazione: (rimsulfuron+dicamba) 3,26+60,87 % granuli idrodispersibili; nicosulfuron 40 g/l sospensione concentrata; sulcotrione 300 g/l sospensione concentrata.

N.B.: la miscela (rimsulfuron+dicamba) è stata impiegata con Trend allo 0,2%.

Data trattamento: 25/05

Piuvosità ultima decade (mm): 16/05: 12,0 - 19/05: 1,8 - 20/05: 9,2 - 21/05: 3,8 - 22/05: 0,2.

Temp. (°C) ed U.R. (%) all'ora del trattamento: 08:00 (11,5; 85) - 13:30 (22,5; 55) - 20:00 (23,5; 67).

Tabella 2. Anno 2000 - Grado di azione delle miscele (rimsulfuron+dicamba) e nicosulfuron+sulcotrione applicate in diversi momenti della giornata su *Zea mays*.

Diserbanti	Dosi (l o kg di f.c.)	Ora di applica- zione	Fito (0-10) T+7	Efficacia (% azione devitalizzante)					
				<i>Fallopia convolvulus</i>			<i>Polygonum persicaria</i>		
				T+7	T+14	T+22	T+7	T+14	T+22
(Rimsulfuron + Rimsulfuron +	0,3 0,4	09:00 09:00	0,4 0,5	83,8 92,5	81,3 86,8	89,0 93,0	91,3 92,3	85,0 89,5	95,5 96,5
(Rimsulfuron + Rimsulfuron +	0,3 0,4	14:30 14:30	0,5 0,2	83,8 83,8	82,0 78,8	88,8 89,3	81,3 83,0	77,0 78,5	94,3 93,8
(Rimsulfuron + Rimsulfuron +	0,3 0,4	20:00 20:00	0 0	75,0 75,0	70,0 80,0	80,5 81,0	75,0 82,5	71,8 77,5	91,3 94,5
Nicosulfuron + Nicosulfuron +	1 + 0,7 1,3 + 1	09:00 09:00	0 0	- -	63,8 65,5	92,8 93,0	73,3 78,8	98,5 99,8	96,8 99,0
Nicosulfuron + Nicosulfuron +	1 + 0,7 1,3 + 1	14:30 14:30	0 0	- -	65,5 71,3	92,5 93,0	71,8 73,8	98,0 98,8	96,0 96,5
Nicosulfuron + Nicosulfuron +	1 + 0,7 1,3 + 1	20:00 20:00	0 0	- -	62,5 62,5	92,5 93,3	67,5 73,0	97,0 98,0	95,3 95,5

Contenuto di p.a. e tipo di formulazione: (rimsulfuron+dicamba) 3,26+60,87 % granuli idrodispersibili; nicosulfuron 40 g/l sospensione concentrata; sulcotrione 300 g/l sospensione concentrata.

N.B.: la miscela (rimsulfuron+dicamba) è stata impiegata con Trend allo 0,2%.

Data trattamento: 16/05

Piuvosità ultima decade (mm): 06/05: 1,4 - 07/05: 7,8 - 10/05: 2,6 - 13/05: 7,8 - 14/05: 1.

Temp. (°C) ed U.R. (%) all'ora del trattamento: 09:00 (22; 60) - 14:30 (27; 38) - 20:00 (25; 57).

Conclusioni

Le prove condotte hanno permesso di rilevare un comportamento analogo dei prodotti saggiati in relazione al momento ottimale di applicazione. Sia rimsulfuron+dicamba che la miscela di nicosulfuron e sulcotrione hanno manifestato una maggiore efficacia, su tutte le infestanti saggiate, quando le applicazioni hanno avuto luogo al mattino o nel primo pomeriggio. Tale dato è correlato alla necessità di questi principi attivi di essere traslocati all'interno delle piante per raggiungere i siti d'azione. E' infatti in questi momenti della giornata che si verificano le combinazioni dei fattori climatici più propizie allo svolgimento di questo processo. Per entrambe le linee saggiate, le applicazioni eseguite nei momenti maggiormente favorevoli hanno consentito una riduzione delle dosi d'impiego, a parità di efficacia, oscillante tra il 25 ed il 33% di quella normalmente utilizzata.

Bibliografia

- DEVINE MD. (1988) Environmental influences on herbicide performance: a critical evaluation of experimental techniques. *Proceeding European Weed Research Society Symposium, Factors Affecting Herbicidal Activity and Selectivity*, 219-226.
- GAUVRIT C. (1992) Comment les herbicides pénètrent dans les feuilles des plantes. *Phytoma – La Défense des végétaux* **445**, 24-25.
- LO GIUDICE V, MIRAVALLE R. (1990) Assorbimento e traslocazione dei diserbanti ad applicazione fogliare. *L'Informatore Agrario* **3**, 47-53.
- SCHÖNHERR J, ECKL K, GRULER H. (1979) Water permeability of plant cuticles: the effect of temperature on diffusion of water. *Planta* **147**, 21-26.

Valutazione della banca seme di infestanti in alcuni sistemi colturali a diverso impatto ambientale[#]

S. BENVENUTI, N. SILVESTRI, V. BIMBI, G. SIMONELLI e M. MACCHIA

Dipartimento di Agronomia e Gestione dell'Agroecosistema, Via S.Michele 2, 56124 Pisa

Riassunto

I vari sistemi colturali messi a confronto hanno determinato un accumulo di semi nel suolo in modo inversamente proporzionale al livello di intensificazione colturale adottato. Analogamente la composizione floristica è risultata legata alla gestione dell'agroecosistema con la tendenza a contrarre la fito-biodiversità nei casi di maggiore impiego di input agronomici. L'entità della "seed bank" è risultata variare da circa 8.800 semi m⁻² (avvicendamento triennale girasole-frumento-barbabetola ad elevato impiego di inputs) agli oltre 80.000 (minor impiego di inputs nell'avvicendamento biennale girasole-frumento) con la generale predominanza di specie estive prevalentemente costituite da amarantacee, chenopodiacee e polygonacee. È risultata scarsa la presenza di specie graminacee. La *Beta maritima* L. è risultata esclusivamente associata all'avvicendamento in cui è presente la coltura della barbabetola. Il livello di intensificazione colturale ha generalmente comportato un aumento delle specie appartenenti al gruppo biologico delle terofite con conseguente riduzione delle emicriptofite e geofite.

Parole chiave: banca semi infestanti, sistemi colturali, impatto ambientale.

Summary

Weed seed bank evaluation in some agricultural systems with different environmental impact

The number of weed seed in soil bank with different agricultural systems was found to be inversely related to the relative level of mechanical and chemical input. Likewise, the composition of weed flora in the different agricultural systems was found to change towards a reduction of fito-biodiversity when high input levels were used. The amount

[#]Ricerca realizzata nei campi sperimentali inerenti il "Progetto integrato (CNR): sistemi colturali ecocompatibili" (titolare Prof. Bonari). Il Prof. Macchia ha coordinato l'impostazione dei rilievi di campo e di laboratorio. Il Sig. Simonelli ha contribuito nell'identificazione dei semi estratti dal suolo. La Dott.ssa Bimbi ha contribuito nell'esecuzione dei rilievi, nell'estrazione dei semi nonché nell'elaborazione dei dati. Il Dott. Benvenuti ed il Dott. Silvestri hanno curato l'esecuzione dei rilievi di campo e di laboratorio, l'elaborazione ed interpretazione dei risultati nonché la stesura del testo.

of weed seeds in soil ranged from about 8.800 seeds m^{-2} (crop rotation sunflower-wheat-sugarbeet at the highest input level) to more of 80.000 (crop rotation sunflower-wheat at the lowest input level). A major portion of weed seed bank was composed by summer weed species, belonging to the botanic families of *Amaranthaceae*, *Chenopodiaceae* and *Polygonaceae*. The presence of grass weeds was rather low. Seeds of *Beta maritima* were found on the experimental plots wherein sugarbeet had been grown. The increase in input levels was found to be followed by an increase in the number of terophyte species and by a subsequent reduction in the number of hemicriptophyte and geophyte species.

Key words: weed seed bank, agricultural system, environmental impact.

Introduzione

La valutazione della dotazione dei semi di malerbe presenti nel suolo, definita ormai comunemente "seed bank", rappresenta un chiaro esempio, di studi agronomici volti all'ottimizzazione di quel compromesso tra produttività agricola e tutela ambientale dalla cui compatibilità dipende la strategia di gestione dei futuri agroecosistemi. Attraverso tali studi è infatti possibile la valutazione delle relazioni che intercorrono tra pratiche agronomiche pregresse (Baldoni *et al.*, 1989) e future strategie di controllo dell'infestazione (Forcella, 1992; Benvenuti *et al.*, 2000a). La conoscenza di quantità e composizione floristica della "seed bank" consente quindi sia di poter mettere a confronto diversificate strategie di gestione agronomica con la dinamica di evoluzione quanti-qualitativa delle varie specie, sia di valutare, preventivamente, il potenziale "rischio" per la coltura futura in modo da scegliere le modalità di intervento ritenute opportune dalla tipologia di agricoltura prescelta (convenzionale, sostenibile, biologica, ecc).

La conoscenza dei vari aspetti della biologia dei semi delle varie specie di infestanti (ecologia della germinazione, dormienza, longevità ecc.; Benvenuti, 1995) rappresenta inoltre un aspetto complementare a quelli agronomici (diserbo, lavorazioni, avvicendamento, ecc.) nello studio delle cenosi vegetali "potenziali" dei vari agroecosistemi. L'interazione tra tali aspetti biologici ed agronomici con quelli pedo-climatici determina infatti un accumulo di semi nel suolo che può rappresentare un'ottima "chiave di lettura" nello studio delle relazioni che intercorrono tra agricoltura ed ambiente in seguito all'adozione dei vari sistemi colturali. E' per questo motivo che la ricerca dei semi nel suolo, iniziata in Italia in epoca "pionieristica" (Munerati, 1912), rappresenta motivo di crescente interesse nelle varie parti del mondo (Schweized *et al.*, 1984, Buhler *et al.*, 1998, Cardina *et al.*, 1991, Clements *et al.*, 1996).

Nonostante questa vasta gamma di informazioni relative alle interazioni dei singoli fattori sulla

dinamica della "seed bank" sono tuttavia scarse le informazioni inerenti a quegli agroecosistemi che, ispirati a diversificate "filosofie" di comportamento tecnico, abbiano comportato una completa riorganizzazione dell'intero "pacchetto tecnologico" impiegato per la gestione agronomica delle colture. Lo scopo del presente lavoro è stato infatti quello di analizzare l'accumulo di semi nel suolo, dopo oltre un decennio di sperimentazione, in presenza di sistemi colturali a diversificato impiego di inputs.

Materiali e metodi

Agrotecnica

La ricerca, avviata dal 1989 presso il Centro Interdipartimentale di Ricerche Agro-Ambientali "E. Avanzi" dell'Università di Pisa, è stata effettuata su di un terreno pianeggiante rappresentativo degli ambienti della bassa valle dell'Arno le cui caratteristiche sono riportate in tabella 1.

Tabella 1. Caratteristiche fisiche e chimiche del terreno

Scheletro	%	tracce
Subbia	%	38
Limo	%	27
Argilla	%	35
Sostanza organica (met. Walkley-Black)	%	2.5
pH	-	8.1
Azoto totale (met. Kjeldhal)	%	0.17
Fosforo assimilabile (met. Olsen)	ppm	11
Potassio scambiabile (met. Internazionale)	ppm	182
Calcio attivo	%	1.7

La sperimentazione ha previsto il confronto tra quattro avvicendamenti condotti con tre livelli di intensificazione colturale caratterizzati da un diverso impiego di input chimici e meccanici. Le rotazioni, sviluppate sia nel tempo che nello spazio, sono costituite dall'alternanza del frumento tenero (*Triticum aestivum* L.) con quattro delle colture da rinnovo più diffuse nella Toscana litoranea: mais (*Zea mays* L., rotazione MF), girasole (*Helianthus annuus* L., rotazione GF), soia (*Glycine max* L.Merr., rotazione SF), barbabietola da zucchero (*Beta vulgaris* L., rotazione GFB). I tre diversi livelli di intensificazione considerati sono stati messi a punto operando una diversificazione "razionale" degli itinerari tecnici tradizionalmente adottati per la coltivazione delle diverse specie e provvedendo poi ad una diversificazione degli interventi colturali, che, pur nel rispetto di una logica agronomica di base, permettessero di ottenere significative differenze nei

consumi di mezzi di produzione e presumibilmente nei rischi di impatto ambientali.

Le tre "filosofie" di conduzione agronomica delle colture che hanno ispirato la definizione di ciascun livello possono essere così riassunte:

Livello "1" (L1): è quello meno intensivo ed ha come obiettivo una decisiva riduzione dei costi di produzione attraverso un'attenta utilizzazione di tutte le risorse naturali. La sua efficacia dovrebbe risultare fortemente influenzata dal diverso decorso stagionale e colturale e comportare, quindi, una maggiore quota di rischio per la riuscita della coltivazione.

Livello "2" (L2): prevede il ricorso a tecniche colturali usualmente adottate nell'Italia centrale, puntando all'ottenimento di un soddisfacente rendimento delle colture attraverso il sostenimento degli ordinari costi di gestione.

Livello "3" (L3): mira ad ottenere i più alti rendimenti grazie al ricorso ad una tecnica agronomica più intensiva, e quindi inevitabilmente più costosa che dovrebbe però assicurare una maggiore stabilità delle rese, anche in corrispondenza di decorsi stagionali sfavorevoli.

La traduzione pratica di queste indicazioni di principio è stata effettuata prendendo in considerazione alcuni degli aspetti più significativi della tecnica colturale e cioè:

- la fertilizzazione, effettuata in funzione degli elementi nutritivi asportati dalla sola produzione utile nel livello "1", e dell'intera produzione epigea della coltura nei livelli "2" e "3" con obiettivi di resa diversificati;
- le lavorazioni principali e complementari previste per la preparazione del letto di semina;
- gli interventi di difesa della coltura dalle avversità (malerbe, crittogame, insetti);
- l'irrigazione delle colture a ciclo primaverile-estivo.

Nel complesso risultano undici parcelle poiché per il mais, il girasole e la soia sono stati adottati tre livelli di intensificazione colturale (ridotto, intermedio, intensivo), mentre per la barbabietola da zucchero soltanto due (intermedio e intensivo) essendo risultato necessario, dopo alcuni anni di sperimentazione, procedere ad un allungamento dell'avvicendamento (triennale) attraverso l'inserimento della coltura del girasole. Si è dovuto ricorrere a questa soluzione per le difficoltà poste dal troppo frequente ritorno della saccarifera sullo stesso avvicendamento nel caso della rotazione biennale barbabietola-frumento con la conseguente impossibilità agronomica nel controllo della *Beta maritima*. L'assoluta affinità morfo-fisiologica della specie spontanea nei confronti di quella coltivata fa sì che non esistano erbicidi efficaci e sufficientemente selettivi verso la coltura.

Per il dettaglio delle tecniche colturali adottate in ogni caso si rimanda all'esame della tabella 2, mentre i dettagli degli interventi di diserbo sono riportati nella tabella 3.

Tabella 2. Principali notizie agronomiche

Intervento	Coltura	Livello ridotto ("L1")	Livello intermedio ("L2")	Livello intensivo ("L3")
Lavorazioni principali	mais girasole soia barbabietola frumento	discissura a 25 cm discissura a 25 cm discissura a 25 cm - lav. minima a 10-15 cm	aratura a 25 cm aratura a 25 cm aratura a 25 cm aratura a 40 cm discissura a 25 cm	aratura a 40 cm aratura a 40 cm aratura a 40 cm aratura a 40 cm aratura a 25 cm
Lavorazioni consecutive	frumento rinnovi	- 1-2 sarchiature	- 1 sarchiatura	- 1 sarchiatura
Fertilizzazioni	tutte	reintegro delle asportazioni operate dal prodotto utile	reintegro delle asportazioni operate dall'intera parte epigea	reintegro delle asportazioni operate dall'intera parte epigea
Cultivar	frumento rinnovi	standard ciclo medio-corto	standard ciclo medio-lungo	standard ciclo medio-lungo
Difesa fitosanitaria	tutte	solo in pericolo di raccolta	interventi curativi	interventi preventivi
Irrigazione	frumento	-	-	-

Tabella 3. Descrizione degli interventi erbicidi effettuati nell'ultimo decennio di sperimentazione

Livello	Epoca	Frumento	Mais	Girasole	Soia	Barbabietola
Ridotto ("L1")	Pre	(1)	-	-	-	-
	Post	-	-	- (2)	-	etofumesate + fenmedifam + clopiralid (4)
Intermedio ("L2")	Pre	- (3)	metolaclor + terbutilazina	metobromuron + prometrina	metolaclor + linuron (4)	metamitron + cloridazon
	Post	2,4 D (5)	-	-	-	etofumesate + fenmedifam + clopiralid (6)
Intensivo ("L3")	Pre	clortoluron + terbutrina	metolaclor + terbutilazina (7)	metobromuron + prometrina	metolaclor + linuron (8)	metamitron + cloridazon
	Post	2,4 D	-	-	-	etofumesate + fenmedifam + clopiralid (6)

(1) Nel 1992 è stato effettuato un trattamento disseccante con glifosate prima della semina del frumento avvicendato a barbabietola da zucchero.

(2) Nel 1990 è stato effettuato un trattamento di postemergenza con imazetabenz e nel 1995 uno con pendimetalin.

(3) Nel 1992 è stato effettuato un trattamento con clortoluron + terbutrina sul frumento avvicendato a barbabietola da zucchero e girasole.

(4) Nel 1997 è stato effettuato un trattamento con imazetapir + bentazone.

(5) Nel 1997 è stato effettuato un trattamento con tribenuron metile + diclofop metile e nel 1998 uno con fluroxipir.

(6) Nel 1989, 1991 e nel 1992 è stato impiegato anche il setossidim. Nel 1998 nell'L3 è stato effettuato un trattamento con bentazone.

(7) Nel 1989 è stata impiegata la miscela alaclor + linuron.

(8) Nel 1989 al posto di metolaclor è stato utilizzato l' alaclor. Nel 1992 è stato impiegato solo il metolaclor.

Nota: in tutti gli avvicendamenti ed in tutti i livelli è stato effettuato nel 1996 un diserbo con tralcossidim sul frumento tenero; negli L3 di tutti gli avvicendamenti è stato effettuato nel 1997 un diserbo con clodinafop.

L'ambiente interessato dalla sperimentazione, i cui parametri principali sono riportati nella figura 1, è caratterizzato da un clima tipicamente mediterraneo con piovosità media pari a 900 mm annui e concentrata generalmente nei mesi primaverili e autunnali. Le temperature sono di norma tendenzialmente miti con valori minimi medi compresi tra 2 e 3°C nei mesi di gennaio e febbraio, mentre nel periodo più caldo (luglio-agosto) vengono raggiunte temperature massime intorno ai 29-30°C.

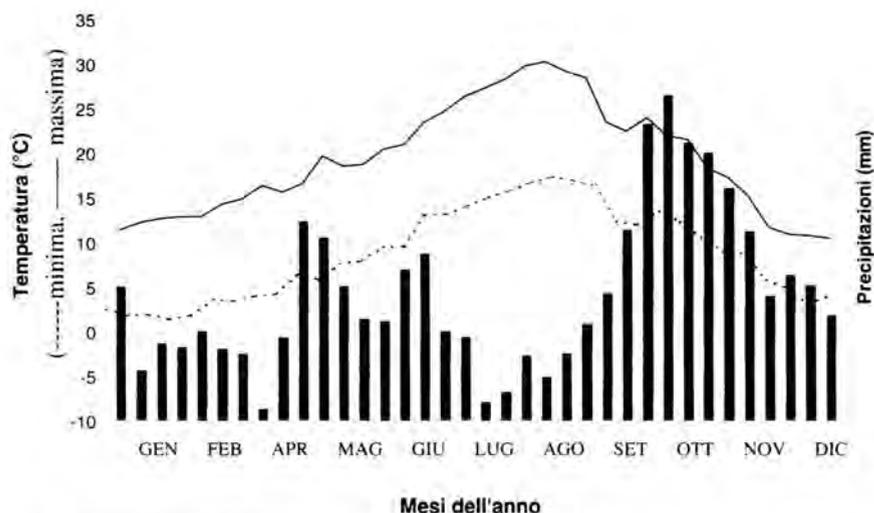


Figura 1. Andamento decadico medio delle precipitazioni e delle temperature minime e massime nell'ultimo decennio di sperimentazione.

Rilievi sperimentali

I quattro sistemi colturali a confronto sono stati replicati quattro volte ciascuno su parcelle sperimentali di circa 1200 m² di superficie (circa 12 m di larghezza e 100 m di lunghezza) secondo uno schema a blocchi randomizzati.

Il prelievo dei campioni per la valutazione delle "seed-bank" di ciascun sistema colturale è stato eseguito durante il periodo invernale (gennaio).

I prelievi sono stati realizzati mediante una sonda metallica che ha permesso di ottenere carote di suolo di 4 cm di diametro e 12 di altezza. In questo modo sono state prelevate trenta carote di suolo da ognuna delle parcelle sperimentali dallo strato di terreno compreso nei 12 cm più superficiali che, come è noto, rappresenta l'orizzonte di suolo responsabile della pressoché totale germinazione ed emergenza della "seed bank" (Chancellor, 1964; Macchia *et al.*, 1990; Vleeshouwers, 1997).

Estrazione ed identificazione dei semi

Dopo alcune settimane dall'esecuzione del carotaggio, durante le quali i campioni sono stati rapidamente essiccati in ambiente ventilato ad una temperatura di 15-20°C, si è proceduto all'estrazione dei semi dalla matrice terrosa di suolo. In questa fase ogni carota è stata preliminarmente posta (12 h) in una soluzione salina (esametafosfato di sodio 50 g⁻¹) in modo da facilitare la dispersione degli aggregati terrosi.

Il sistema di estrazione adottato ha previsto l'utilizzazione di un tubo metallico di 50 cm di lunghezza e 5 cm di diametro chiuso ad una delle estremità con una capsula formata nella parte apicale da una rete di acciaio delle dimensioni di 250 µm. All'interno di tale tubo, sistemato obliquamente in un'apposita rastrelliera, sono state inserite le carote di terreno ed è stato effettuato il lavaggio della matrice terrosa con un getto di acqua e aria generato da una comune idropulitrice, secondo una procedura già adottata (Benvenuti S. *et al.*, 2000b). Tale attrezzatura è dotata di un regolatore di pressione (20-120 bar) in modo da adeguare il suo funzionamento alle condizioni di tenacità del terreno minimizzando il disturbo arrecato ai semi.

Questi ultimi, una volta estratti ed essiccati all'aria, sono stati separati manualmente dalla massa di materiale (scheletro e residui vegetali) con l'ausilio di apposite lenti di ingrandimento 8x. I semi sono stati quindi contati e classificati attraverso la consultazione di alcuni manuali specifici (Heinisch, 1955; Martin e Barkley, 1961; Montegut, 1970) e grazie al confronto con la collezione presente presso il Laboratorio di Ricerca e di Analisi sulle Sementi dell'Università di Pisa.

Analisi statistica

I dati sono stati sottoposti all'analisi della varianza (ANOVA) utilizzando il test di Student Neumann Keuls (SNK) per la separazione delle medie. I vari raggruppamenti floristici per gruppo botanico ed ecofisiologico sono stati espressi come valori percentuali per ognuno dei vari sistemi colturali a sperimentati. Sono stati infine calcolati gli indici di Shannon (H') per la stima della fitodiversità dei vari sistemi colturali mediante la seguente formula $H' = (N \log N - \sum \log n) N^{-1}$; dove N è il totale dei semi rilevati per parcella ed n è il numero delle relative specie identificate.

Risultati e Discussione

Analisi quanti-qualitativa

Nelle tabelle 4 e 5 sono riportati i quantitativi di semi delle varie specie infestanti estratti dai suoli e le relative frequenze di rilevamento in ognuno degli 11 sistemi colturali considerati. Come si può osservare sono state identificate 66 specie appartenenti a 25 diverse famiglie botaniche,

Tabella 4 Quantitativi di semi delle varie specie (numero di semi m⁻²) rilevati nei diversi sistemi culturali sperimentati.

Specie	Fam. Bot.	G. Bot.	Grup. Ecofis	MF			GF			SF			GFB	
				L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L2	L3
<i>Agropyron repens</i>	Gramin.	G	PRI								26			
<i>Agrostis spp.</i>	Gramin.	Hr	AUT			26								
<i>Amaranthus spp.</i>	Amaran.	Th	E	29718	24981	14062	19130	2308	1459	18494	8464	11943	451	212
<i>Ammi maius</i>	Umbrel.	Th	PRI				26			26	26			318
<i>Anagallis arvensis</i>	Primul.	Th	PRI	186	662	80	451	345	26	186	160	53	318	53
<i>Anthemis arvensis</i>	Comp.	Th	AUT										26	
<i>Arabidopsis thaliana</i>	Crucif.	Th	AUT		26	80			53		26	26	26	53
<i>Arctium lappa</i>	Comp.	Hr	PRI						26					
<i>Atriplex spp.</i>	Chenop.	Th	PRI											26
<i>Beta maritima</i>	Chenop.	Hr	IND	53			133	26					15600	3635
<i>Brassica nigra</i>	Crucif.	Th	AUT	80	106		106	186						132
<i>Bromus hordeaceus</i>	Gramin.	Th	AUT							53				
<i>Centaurium erytrea</i>	Genzia.	Hr	PRI	106										
<i>Chenopodium album</i>	Chenop.	Th	E	239	26	80	52083	1565	53	1830	1088	1910	2574	1433
<i>Convolvulus arvensis</i>	Convol.	G	PRI							186				
<i>Cuscuta europea</i>	Convol.	E	E		26		477						690	690
<i>Datura stramonium</i>	Solanac.	Th	PRI					26	53					
<i>Daucus carota</i>	Umbrel.	Hr	IND							26				26
<i>Diplotaxis erucoides</i>	Crucif.	Th	AUT	53										
<i>Echinochloa c.g.</i>	Gramin.	Th	E			53	1300	53		133		80		
<i>Euphorbia falcata</i>	Eufor.	Th	PRI							26				26
<i>Euphorb. helioscopia</i>	Eufor.	Th	PRI	80		26	53			186	53			106
<i>Festuca spp.</i>	Gramin.	Hr	IND	80				26		53			53	
<i>Fumaria officinalis</i>	Papav.	Th	IND		557	663	318	106	26	53		26	106	53
<i>Galium spurium</i>	Rubiace.	Th	INV	133	1114			26	345					
<i>Heliantus tuberosus</i>	Comp.	G	PRI				26							
<i>Heliotropium europ.</i>	Borrag.	Th	E	26	26			26						
<i>Inula viscosa</i>	Comp.	Th	E											26
<i>Kixia spuria</i>	Scruful.	Th	PRI	26	53			26				26		
<i>Lactuca serriola</i>	Comp.	Hr	IND	80						26				
<i>Lepidium campestre</i>	Crucif.	Th	INV							26			26	
<i>Lolium multiflorum</i>	Gramin.	Hr	IND		26		26	26			26			
<i>Lotus corniculatus</i>	Legum.	Hr	E					53						
<i>Medicago sativa</i>	Legum.	Hr	E		26									26
<i>Melilotus alba</i>	Legum.	Th	PRI											26
<i>Nigella damascena</i>	Ranunc.	Th	PRI	53										
<i>Oxalis corniculata</i>	Oxaild.	G	PRI	53				160				80		
<i>Papaver rhoeas</i>	Papav.	Th	IND	26										
<i>Picris echioides</i>	Comp.	Th	PRI	424	26	26	26							
<i>Picris hierachioides</i>	Comp.	Th	PRI				53	186		26	265	26		26
<i>Plantago lanceolata</i>	Plantag.	Hr	E						26					
<i>Plantago major</i>	Plantag.	Hr	E			53								
<i>Poa annua</i>	Gramin.	Th	IND		53		80	26						
<i>Polygonum aviculare</i>	Polyg.	Th	E	665	557	106	1167	424	26	239	186	80	1247	239
<i>Polygonum convolv.</i>	Polyg.	Th	E	212		106	265	663		484	160	80	292	80
<i>Polygonum lapathif.</i>	Polyg.	Th	PRI	16106	2547	212	3485	2998	8225	584	796	3449	424	292
<i>Polygonum maritum.</i>	Polyg.	Hr	E		53		80							
<i>Portulaca oleracea</i>	Portul.	Th	E	26			1884	53					26	53
<i>Prunella vulgaris</i>	Labiata	Ch	PRI										26	
<i>Rumex crispus</i>	Polyg.	Th	IND											26
<i>Rumex obtusifolius</i>	Polyg.	Th	IND								26			

(continua a pagina successiva)

(segue da pagina precedente)

<i>Scirpus mucronatus</i>	Ciper.	Hr	E				26	26					
<i>Senecio vulgaris</i>	Comp.	Th	IND		26								
<i>Setaria viridis</i>	Gramin.	Th	E			80	160	26			26		
<i>Silene alba</i>	Caryof.	G	PRI				186						
<i>Solanum dulcamara</i>	Solan.	N-Ph	E										26
<i>Solanum nigrum</i>	Solan.	Th	E	690	425	133		53	26	26	160	53	26
<i>Sorghum halepense</i>	Gramin.	G	E	26									
<i>Spergula arvensis</i>	Caryof.	Th	PRI	53									
<i>Stellaria media</i>	Caryof.	Th	IND	26	106	53	26	80		26	26	26	26
<i>Trifolium campestre</i>	Legum.	Th	E					106					
<i>Trifolium hybridum</i>	Legum.	Hr	E	26									
<i>Trifolium repens</i>	Legum.	Hr	E									26	
<i>Verbena officinalis</i>	Verben.	Hr	AUT	1327	2255	451	955	1486	557	1088	504	716	902
<i>Veronica persica</i>	Scruful.	Th	IND		53	26	26	133		26			26
<i>Vicia sativa</i>	Legum.	Th	AUT						26				26

G=GEOFITE; Th=terofite; Hr=emicriptofite; Ch=camefite; N-Ph=nanofanerofite; E=epifite

AUT=autunnali; INV=invernali; PRI=primaverili; E=estive; IND=indifferenti

Tabella 5 Frequenza % del rilevamento delle varie specie nei diversi sistemi colturali sperimentati.

Specie	Fam. Bot.	G. Bot.	Grup. Ecofis	MF			GF			SF			GFB	
				L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L2	L3
<i>Agropyron repens</i>	Gramin.	G	PRI							3				
<i>Agrostis spp.</i>	Gramin.	Hr	AUT			3								
<i>Amaranthus spp.</i>	Amaran.	Th	E	100	100	100	96	70	70	100	96	96	33	20
<i>Ammi maius</i>	Umbrel.	Th	PRI				3			3	3			30
<i>Anagallis arvensis</i>	Primul.	Th	PRI	20	23	10	30	26	3	20	20	7	33	7
<i>Anthemis arvensis</i>	Comp.	Th	AUT											3
<i>Arabidopsis thaliana</i>	Crucif.	Th	AUT		3	10		7			3	3	3	7
<i>Arctium lappa</i>	Comp.	Hr	PRI					3						
<i>Atriplex spp.</i>	Chenop.	Th	PRI											3
<i>Beta maritima</i>	Chenop.	Hr	IND	7			13	3					93	60
<i>Brassica nigra</i>	Crucif.	Th	AUT	7	10		10	17						17
<i>Bromus hordeaceus</i>	Gramin.	Th	AUT							7				
<i>Centaurium erytrea</i>	Genzia.	Hr	PRI	13										
<i>Chenopodium album</i>	Chenop.	Th	E	13	3	10	100	70	7	73	63	86	87	77
<i>Convolvulus arvensis</i>	Convol.	G	PRI							10				
<i>Cuscuta europea</i>	Convol.	E	E		3		16						30	30
<i>Datura stramonium</i>	Solanac.	Th	PRI					3	7					
<i>Daucus carota</i>	Umbrel.	Hr	IND							3				3
<i>Diplonaxis erucoides</i>	Crucif.	Th	AUT	7										
<i>Echinochloa c.g.</i>	Gramin.	Th	E			7	20	7		17		10		
<i>Euphorbia falcata</i>	Eufor.	Th	PRI							3				3
<i>Euphob. helioscopia</i>	Eufor.	Th	PRI	10		3	7			23	7			10
<i>Festuca spp.</i>	Gramin.	Hr	IND	10				3		7			7	
<i>Fumaria officinalis</i>	Papav.	Th	IND		50	50	33	13	3	7		3	10	7

(continua a pagina successiva)

(segue da pagina precedente)

<i>Galium spurium</i>	Rubiac.	Th	INV	13	33			3	16					
<i>Heliantus tuberosus</i>	Comp.	G	PRI				3							
<i>Heliotropium europ.</i>	Borrag.	Th	E	3	3			3						
<i>Inula viscosa</i>	Comp.	Th	E											26
<i>Kixia spuria</i>	Scruful.	Th	PRI	3	7			3				3		
<i>Lactuca serriola</i>	Comp.	Hr	IND	10						3				
<i>Lepidium campestre</i>	Crucif.	Th	INV							3			3	
<i>Lolium multiflorum</i>	Gramin.	Hr	IND		3		3	3			3			
<i>Lotus corniculatus</i>	Legum.	Hr	E					3						
<i>Medicago sativa</i>	Legum.	Hr	E		3									3
<i>Melilotus alba</i>	Legum.	Th	PRI											3
<i>Nigella damascena</i>	Ranunc.	Th	PRI	7										
<i>Oxalis corniculata</i>	Oxaid.	G	PRI	7				13					10	
<i>Papaver rhoeas</i>	Papav.	Th	IND	3										
<i>Picris echioides</i>	Comp.	Th	PRI	33	3	3	3							
<i>Picris hierachioides</i>	Comp.	Th	PRI				7	17		3	23	3		3
<i>Plantago lanceolata</i>	Plantag.	Hr	E						3					
<i>Plantago major</i>	Plantag.	Hr	E			3								
<i>Poa annua</i>	Gramin.	Th	IND		3		10	3						
<i>Polygonum aviculare</i>	Polyg.	Th	E	47	47	17	63	23	3	20	23	7	73	27
<i>Polygonum convolv.</i>	Polyg.	Th	E	23		10	23	27		37	20	7	20	10
<i>Polygonum lapathif.</i>	Polyg.	Th	PRI	97	77	27	93	70	96	43	37	63	37	23
<i>Polygonum maritim.</i>	Polyg.	Hr	E		7		10							
<i>Portulaca oleracea</i>	Portul.	Th	E	3			26	7						3
<i>Prunella vulgaris</i>	Labiate	Hr	PRI										3	
<i>Rumex crispus</i>	Polyg.	Th	IND	13										3
<i>Rumex obtusifolius</i>	Polyg.	Th	IND								3			
<i>Scirpus mucronatus</i>	Ciper.	Hr	E				3	3						
<i>Senecio vulgaris</i>	Comp.	Th	IND		3									
<i>Setaria viridis</i>	Gramin.	Th	E			3	7	3				3		
<i>Silene alba</i>	Caryof.	G	PRI				10							
<i>Solanum dulcamara</i>	Solan.	N-Ph	E											3
<i>Solanum nigrum</i>	Solan.	Th	E	57	40	13		3	3	3	13	7	3	
<i>Sorghum halepense</i>	Gramin.	G	E	3										
<i>Spergula arvensis</i>	Caryof.	Th	PRI	7										
<i>Stellaria media</i>	Caryof.	Th	IND	3	13	7	3	7		3	3	3	3	
<i>Trifolium campestre</i>	Legum.	Th	E					7						
<i>Trifolium hybridum</i>	Legum.	Hr	E	26										
<i>Trifolium repens</i>	Legum.	Hr	E										3	
<i>Verbena officinalis</i>	Verben.	Hr	AUT	83	90	47	63	80	46	63	47	47	57	73
<i>Veronica persica</i>	Scruful.	Th	IND		7	3	3	10		3				3
<i>Vicia sativa</i>	Legum.	Th	AUT						3					

G=GEOFITE; Th=terofite; Hr=emicriptofite; Ch=camefite; N-Ph=nanofanerofite; E=epifite
 AUT=autunnali; INV=invernali; PRI=primaverili; E=estive; IND=indifferenti

Nonostante il vasto numero di specie rilevate emerge come predominano (tabella 4) solamente pochissime specie (4-5) risultate inoltre con elevate frequenze di distribuzione (spesso persino al 100%; tabella 5) nei vari campioni di suolo esaminati.

Il genere *Amaranthus*, rappresentato in questi agroecosistemi da un complesso di *A. retroflexus*, *A. paniculatus* e *A. graecizans* (riportati come *Amaranthus* spp. in quanto pressochè indistinguibili allo stadio di seme), è risultata tra queste la più diffusa sia in termini quantitativi (talvolta circa 30.000 semi m⁻²) che in relazione alla sua frequenza di rilevamento che è risultata molto spesso del 100%. Questo conferma l'estremo grado di adattamento delle varie specie di amaranto, risultate capaci di persistere ad una vasta gamma di disturbi agronomici in tutti i sistemi colturali esaminati. Fa eccezione il caso dell'avvicendamento triennale (girasole-frumento-barbabietola) probabilmente per la residualità degli erbicidi utilizzati nella coltura della barbabietola che possono avere inibito emergenze anche a notevole distanza di tempo dal momento diserbo.

D'altra parte è ben noto come la scarsa capacità competitiva della barbabietola implichi l'utilizzazione di principi attivi di pre-semina o pre-emergenza ad attività residuale in modo da poter superare interamente quel cosiddetto "periodo critico" in cui la presenza di infestanti penalizza fortemente la resa finale della coltura. In questo caso è stato rilevato un drastico calo di amarantacee che sono diminuite da un quantitativo di diverse migliaia di semi m⁻², nei casi degli altri avvicendamenti, a pochissime centinaia. Al contrario il *Chenopodium album* L. è risultato scarsamente penalizzato dal diserbo di questa coltura che ne ha consentito l'accumulo di oltre 2.500 semi m⁻² nel caso del più basso livello di intensificazione colturale. Ciò è da mettere in relazione allo scarso effetto dei vari erbicidi utilizzati in funzione della notevole affinità botanica e fisiologica (entrambe chenopodiacee) che presentano la specie coltivata e quella infestante. E da notare inoltre che, nonostante la sua presenza ubiquitaria un po' in tutti gli avvicendamenti esaminati, sono stati rilevati i più bassi valori in presenza della coltura del mais, dove sono state rilevate da poche centinaia a qualche decina di semi in funzione del livello di intensificazione colturale.

Di notevole diffusione sono risultate inoltre 3 diverse specie di polygonaceae: *Polygonum aviculare*, *P.convolvulus* e *P.lapathifolium*. Quest'ultima specie ha mostrato una spiccata tendenza ad accumulare notevoli riserve di seme soprattutto nel caso dell'avvicendamento in cui è presente la coltura del girasole. E' evidente quindi come questa specie avventizia sia stata capace di sfuggire allo spettro di azione degli erbicidi utilizzati per l'oleaginosa ed abbia conseguentemente dato luogo, nei vari anni di sperimentazione, ad una elevata produzione di seme. E' risultata sorprendente la notevole presenza di *Verbena officinalis* L. non solo per aver fatto registrare le 1-2 migliaia di semi m⁻² quanto per avere raggiunto frequenze di distribuzione risultate spesso superiori al 50% dei campioni esaminati. D'altra parte questa specie, la cui importanza come infestante risulta piuttosto contenuta, tende a compiere il proprio ciclo biologico in quei periodi autunno-

invernali, successivi alla raccolta del frumento, ma anteriori alla semina della coltura primaverile-estiva e quindi privi di competizione coltura-infestanti.

Una specie di maggiore importanza come infestante risulta il *Solanum nigrum* L. che tuttavia non ha raggiunto elevati quantitativi ad eccezione dell'avvicendamento in cui è presente il mais. In questo caso sono stati rilevati quantitativi di oscillanti tra circa i 100 ed i 700 semi m⁻². Da notare è inoltre l'esclusiva associazione tra la coltura della barbabietola e la relativa forma spontanea (*Beta maritima*). Questa specie è risultata in grado di accumulare oltre i 15.000 semi m⁻² nel caso del più basso livello di intensificazione colturale. E' evidente la sua estrema tolleranza agli erbicidi utilizzati data la sua analogia con l'anatomia e funzionalità fisiologica della specie coltivata. Da segnalare risultano infine alcune avventizie che, pur non destando generalmente particolari preoccupazioni dal punto di vista agronomico, sono state rilevate con una certa frequenza nei vari sistemi colturali esaminati: *Anagallis arvensis* L., *Euphorbia helioscopia* L., *Fumaria officinalis* L., *Stellaria media* (L.) Vill., *Picris echioides* L. e *P. hierachioides*. Altre specie pur essendo delle temibili infestanti sono risultate quantitativamente poco diffuse e circoscritte solamente entro determinati avvicendamenti. Tra queste si annovera l'*Ammi majus* rilevata nell'avvicendamento in cui è presente la barbabietola. E' da notare inoltre che questa coltura è risultata associata anche alla *Cuscuta europea* L. sebbene alcune tracce siano state individuate anche in altri avvicendamenti. Da ricordare sono inoltre le seguenti associazioni coltura-infestante: *Echinochloa crus galli* (L.) Beauv. in girasole e soia, e *Galium spurium* L. e *Brassica nigra* L. negli avvicendamenti in cui erano presenti sia girasole che mais mentre alcune temibili infestanti sono state rinvenute sporadicamente a testimonianza dell'efficacia d'azione, nei loro confronti, dei principi attivi utilizzati durante il periodo di sperimentazione. Tra queste specie ricordiamo *Datura stramonium* L., *Convolvulus arvensis* L., *Lolium multiflorum* Lam., *Papaver rhoeas* L., *Rumex crispus* L., *Setaria viridis* (L.) Beauv., *S. halepense* e *Spergula arvensis* L. .

Sono state infine identificate molte altre specie che risultano tuttavia di scarsa importanza agronomica sia per l'assoluta occasionalità del loro rilevamento che per la limitata e addirittura trascurabile importanza come infestanti negli agroecosistemi.

Nella figura 2 sono riportati i quantitativi complessivi dei semi estratti dalle parcelle appartenenti ai sistemi colturali considerati. Dall'esame dei risultati spiccano gli oltre 80.000 semi m⁻² rilevati nell'avvicendamento girasole-frumento al più basso livello di intensificazione colturale. In analoghe condizioni (L1), considerando le altre rotazioni, si sono riscontrati circa 50.000 semi m⁻² nel caso della biennale mais-frumento mentre la biennale soia-frumento ha mostrato simili quantitativi, circa 23.000 semi m⁻², rispetto a quelli rilevati nella rotazione triennale girasole-frumento-barbabietola.

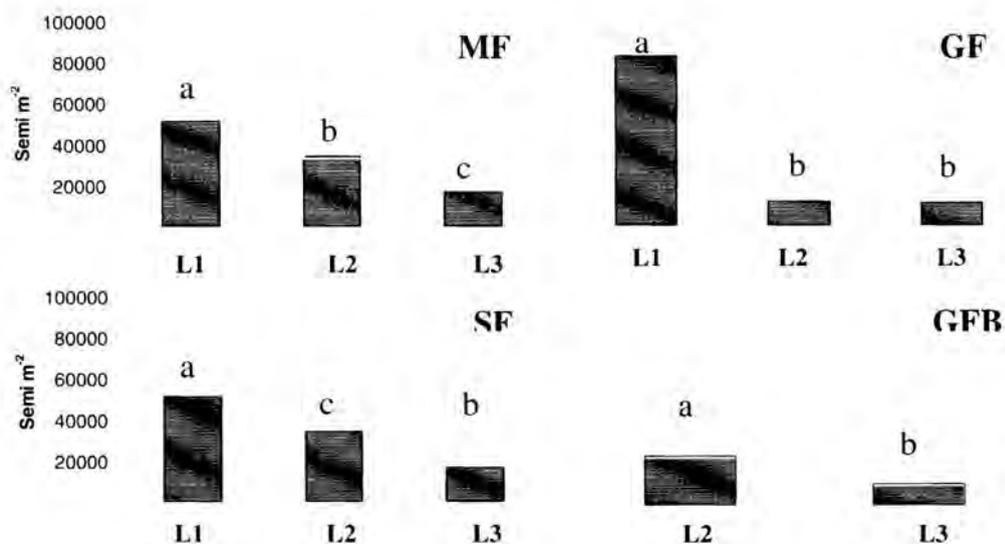


Figura 2. Quantitativi di semi estratti da ognuno degli avvicendamenti sperimentati (MF, GF, SF, GFB) a crescenti livelli di intensificazione culturale (L1, L2, L3). Per ogni avvicendamento con affiancate lettere uguali non differiscono ($p \leq 0,05$) al test di Fischer (LSD test).

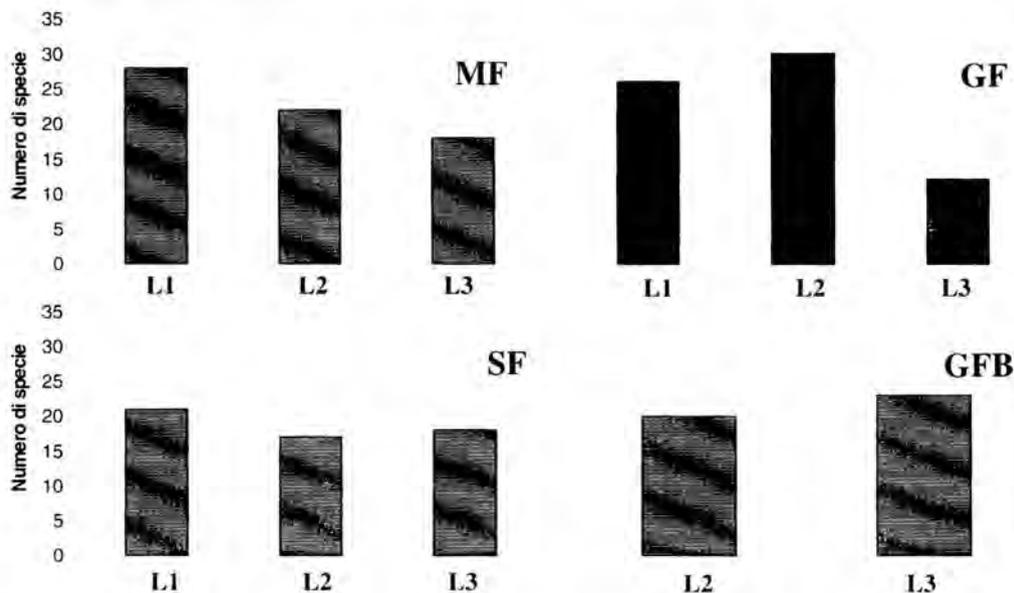


Figura 3. Numero di specie identificate in ognuno degli avvicendamenti sperimentati (MF, GF, SF, GFB) a crescenti livelli di intensificazione culturale (L1, L2, L3).

Tuttavia, come da aspettative, il grado di intensificazione colturale ha comportato un drastico calo (quasi sempre significativo) del numero di semi rinvenuti. L'esempio più lineare e regolare di tale fenomeno è stato rilevato nel caso dell'avvicendamento mais-frumento. Si passa infatti dai già citati 50.000 semi m⁻² ai circa 34.000 del livello 2 ai circa 16.000 semi m⁻² osservati in corrispondenza del più elevato grado di intensificazione colturale (L3). Analogo risultato è stato osservato nel caso dell'avvicendamento triennale girasole-frumento-barbabetola in cui l'aumento del livello di intensificazione colturale ha comportato una riduzione del numero di semi da circa 23.23.000 semi m⁻² a meno di 9.000. Al contrario, nel caso dell'avvicendamento soia-girasole è stato osservato, inaspettatamente, che il maggior livello di intensificazione colturale ha evidenziato un aumento del numero di semi rinvenuti da circa 12.000 semi m⁻² nel caso del livello 2 ad oltre 18.000. Tale fenomeno è tuttavia spiegabile dal fatto che la leguminosa, capace di azotofissazione simbiotica, abbia diminuito la propria capacità competitiva nei confronti con le infestanti in concomitanza con i più elevati livelli di fertilizzazione azotata effettuata con il livello 3. In altre parole ciò sembrerebbe da imputare alla maggiore nitrofilia delle infestanti presenti in confronto con le più contenute esigenze in azoto della soia.

D'altra parte si deve considerare che non erano previste differenze nella gestione degli erbicidi in questi due livelli di intensificazione colturale (L2 e L3). La mancanza di tale sostanziale diversificazione nell'uso degli erbicidi ha infatti comportato analoghi quantitativi di semi anche nel caso dell'avvicendamento girasole-frumento. E' da sottolineare, a questo proposito come tali interventi erbicidi abbiano comunque determinato una drastica riduzione dei semi rinvenuti in corrispondenza delle parcelle condotte con il minore impiego di input colturali (L1); si è passati infatti dagli oltre 80.000 semi m⁻² dell' L1 ai circa 11.000 semi m⁻² in entrambi i casi (L2 ed L3). Tali valori sono stati in assoluto tra i più bassi tra i vari casi studiati. Ciò potrebbe essere spiegato con l'effetto combinato del buon risultato erbicida dei diserbanti utilizzati con l'elevata capacità ombreggiante e competitiva dell'oleaginosa.

Analogo ed evidente risultato è stato osservato anche nell'avvicendamento triennale girasole-frumento-barbabetola in cui l'aumento del livello di intensificazione colturale ha comportato una ombreggiante e competitiva della coltura del girasole. Tuttavia il minor quantitativo di semi è stato rilevato nel caso dell'avvicendamento triennale girasole-frumento-barbabetola (meno di 9.000 semi m⁻²). In questo caso tale riduzione quantitativa non appare dovuta alla capacità competitiva della barbabetola (tipicamente scarsa) ma sia all'efficacia del diserbo chimico di pre-emergenza che alla maggiore ampiezza dell'avvicendamento. Tale durata, sperimentata in altri ambienti (Ball, 1992) è risultata infatti cruciale nel contenimento dell'accumulo di semi delle infestanti nel suolo.

Nella tabella 6 sono riportati i risultati dell'elaborazione statistica effettuata sia in relazione ai valori quantitativi (numero di semi complessivi) che qualitativi (numero di specie rilevate). Come si

può osservare è stata rilevata una elevata significatività ($p < 0.01$) dei fattori sperimentali esaminati in relazione ai quantitativi di semi rilevati. Infatti sia il livello di intensificazione colturale che l'avvicendamento (e relativa interazione) sono risultati in grado di modificare le modalità di accumulo di semi nel suolo. Il numero di specie identificate nelle varie parcelle sperimentali è risultato al contrario influenzato significativamente ($p < 0.05$) solamente dal livello di intensificazione colturale. L'avvicendamento non ha infatti mostrato differenze statisticamente significative nella variazione indotta del numero delle specie e delle rispettive associazioni floristiche.

Tabella 6. Livello di significatività dei vari fattori sperimentali esaminati

Fattori	Numero di semi	Numero di specie
Livello di intensificazione colturale	**	*
Avvicendamento	**	n. s.
Livello × avvicendamento	**	n. s.

**= significativo per $p < 0.01$; *=significativo per $p < 0.05$; n.s.= non significativo

Raggruppamenti floristici in funzione delle famiglie botaniche

Nella figura 4 sono riportate, in termini percentuali, le famiglie botaniche che sono state rilevate nei vari avvicendamenti sperimentati. Come si può osservare predominano le amarantacee e le chenopodiacee.

La predominanza di queste due importanti famiglie botaniche è stata rilevata anche in molte altre situazioni pedoclimatiche ed agronomiche. Si possono ricordare ad esempio i casi della omosuccessione di mais (Ball e Miller, 1990; Zanin *et al.*, 1992; Clay e Aguillar, 1998) o di altre tipologie di avvicendamenti (Forcella *et al.*, 1992; Buhler, 1999; Dorado *et al.*, 1999). Mentre le chenopodiacee sono rappresentate da un'unica specie (*Chenopodium album*, tranne il caso dell'avvicendamento triennale in cui è presente anche la *Beta maritima*), le amarantacee sono rappresentate da un complesso di 3 diverse specie (*A. retroflexus*, *A. paniculatus* e *A. graecizans*). Risulta tuttavia evidente come l'incidenza di quest'ultima famiglia è risultata fortemente ridotta nei casi degli avvicendamenti in cui è stata inserita la coltura del girasole (girasole-frumento e girasole-frumento-barbabietola, 20 e 35% rispettivamente). In questi casi risulta infatti predominare il *C. album* che da solo raggiunge quasi la metà dell'intera "seed bank".

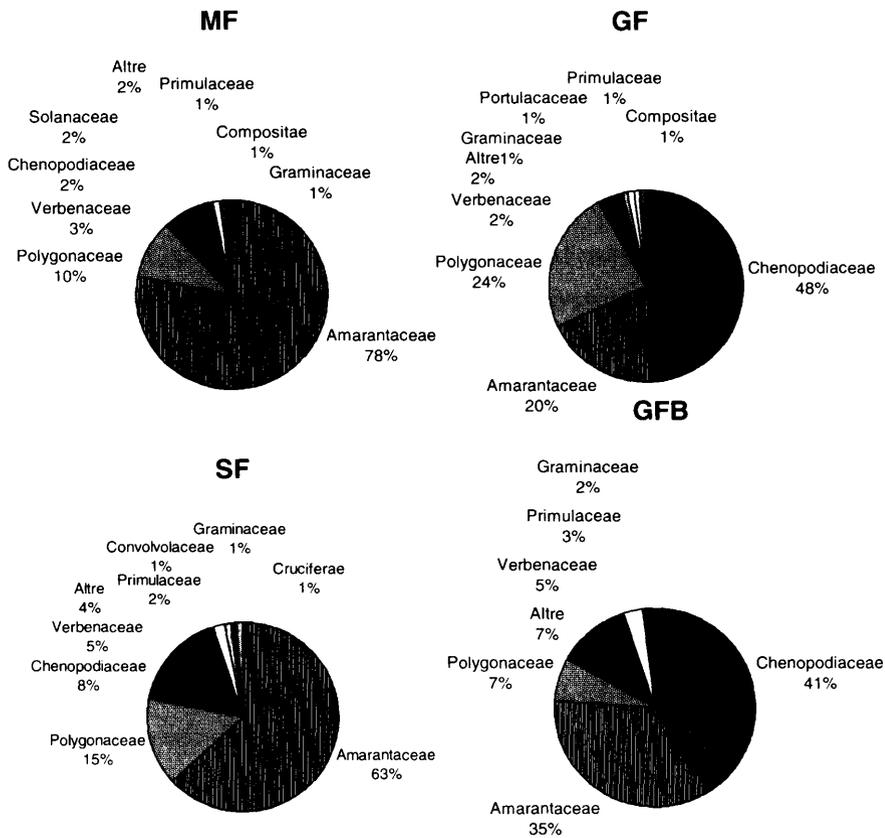


Figura 4. Composizione percentuale delle varie famiglie botaniche rilevate nei vari avvicendamenti.

Negli altri due avvicendamenti (mais-frumento e soia-frumento) al contrario predominano le amarantacee, andando a costituire ben oltre la metà dell'intera flora rilevata con una drastica riduzione delle chenopodiacee risultate prementi nella misura del 2 e 8% negli avvicendamenti in cui sono presenti rispettivamente il mais e la soia.

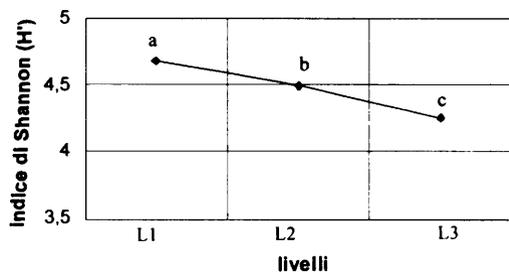
Un'altra famiglia botanica risultata di difficile controllo è risultata quella delle poligonacee quasi esclusivamente rappresentata da *P. lapathifolium*, *P. convolvulus* e *P. aviculare*. Tale famiglia risulta ben rappresentata soprattutto nel caso dell'avvicendamento biennale girasole-frumento in cui raggiunge il 24%. L'avvicendamento di maggiore ampiezza risulta, al contrario, quello in cui il controllo di queste specie ha determinato il minor accumulo di semi rappresentando solamente il 7% dell'intero quantitativo di seme identificato. Valori intermedi sono stati rilevati negli altri due avvicendamenti in cui sono stati rilevati valori percentuali intorno al 10 ed 15% negli avvicendamenti che hanno ospitato il mais e la soia rispettivamente. Inaspettate sono inoltre le costanti presenze, seppur limitate (dall'1 al 5%) in tutti gli avvicendamenti, delle famiglie delle primulacee (rappresentate unicamente da *Anagallis arvensis* L.) e verbenacee (rappresentate unicamente da *V. officinalis*). Estremamente contenute ed occasionali in alcuni avvicendamenti, risultano inoltre le famiglie delle portulacacee, composite, convolvolacee e crucifere. Risulta infine sorprendente la scarsa quantità di graminacee risultate presenti solamente in misura variabile tra l'1 ed il 2%. In particolare non è stata rilevata la presenza delle varie specie che tipicamente infestano i cereali autunno-vernini come *Alopecurus myosuroides* Hudson, *Avena sterilis* L. oltre che le varie specie appartenenti al genere *Phalaris* (*P. brachystachis*, *P. paradoxa*, *P. minor* e *P. canariensis*). Tale scarsa presenza risulta da attribuire alla notevole efficacia degli erbicidi utilizzati contro le monocotiledoni sia nel caso del diserbo del cereale autunno-vernino che della coltura a ciclo estivo. In quest'ultimo caso sono risultate di trascurabile entità le varie specie di graminacee macroterme come *S. halepense*, *S. viridis* ed *E. crus galli* mentre non sono state rilevate altre specie tipicamente presenti (Zanin *et al.*, 1985) in colture a ciclo estivo come *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop. e *Cynodon dactylon* (L.) Pers. .

Fito-biodiversità

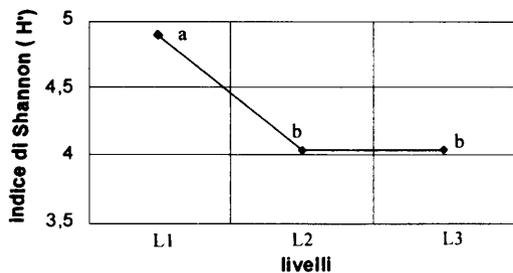
Il quantitativo delle varie specie identificate, risultato complessivamente di 66, è risultato variare in funzione sia dell'avvicendamento che del relativo grado di intensificazione colturale adottato (figura 3). Anche in questo caso l'avvicendamento mais-frumento ha espresso in modo lineare i risultati attesi. Emerge come all'aumento dell'impiego di inputs corrisponda una diminuzione del numero di specie presenti. Si passa infatti dalle 28 specie del più basso grado di intensificazione colturale (L1) alle 22 del livello intermedio (L2) ed alle 18 osservate sul più elevato (L3). Tale diminuzione avviene, anche se in modo meno lineare, anche in relazione agli avvicendamenti

girasole-frumento e soia-frumento. Infatti, in entrambi i casi si assiste ad una diminuzione delle specie identificate: il primo risulta più evidente passando da 26 (L1) a sole 12 specie (L3) mentre nel secondo caso tale andamento risulta più attenuato. In quest'ultimo caso l'intensificazione culturale (L3) riduce a 18 le 21 specie presenti nel più basso livello sperimentato (L1). L'avvicendamento triennale girasole-frumento-barbabietola ha dato invece risultati in parte inaspettati che hanno mostrato un andamento opposto. D'altra parte nel caso della barbabietola potrebbe avere influito l'irrigazione effettuata, in quanto essa potrebbe avere stimolato la germinazione dei semi di alcune specie tipicamente dormienti in quanto dotate di "semi duri" (come nel caso di alcune leguminose identificate) o dotate di una spiccata ciclicità di dormienza come due specie di euforbiacee rilevate. Le conseguenti plantule emerse in periodi tardivi, e pertanto privi di controllo erbicida, potrebbero avere trovato le condizioni idonee per portare a termine il proprio ciclo biologico con conseguente produzione di seme. L'analisi dei coefficienti di diversità (figura 5) elaborati attraverso l'uso degli indici di Shannon (H'), conferma le relazioni che intercorrono tra fito-diversità dell'agro-ecosistema e livello di intensificazione culturale.

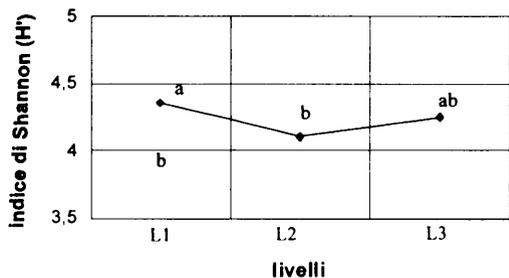
Avvicendamento mais-frumento



Avvicendamento girasole-frumento



Avvicendamento soia-frumento



Avvicendamento girasole-frumento-barbabietola

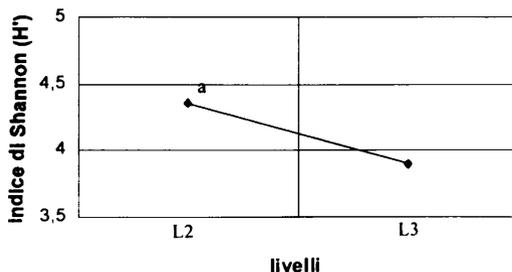


Figura 5. Indici di Shannon (H') calcolati per ognuno dei sistemi culturali sperimentati

Emerge infatti come all'aumento dell'impiego dei vari inputs colturali corrisponda un calo di detto indice. Infatti, fatta eccezione per il passaggio dal livello 2 ed il livello 3 degli avvicendamenti girasole-frumento e soia-frumento (in cui non sono state osservate differenze significative), sono state rilevate diminuzioni significative dell'indice in esame. Anche in questo caso l'avvicendamento mais-frumento illustra nel modo più lineare questo andamento. In questo caso il valore più elevato è stato rilevato al livello più basso di utilizzo degli inputs colturali (4,69) Esso tende poi a scendere (4,50, nel livello medio) per poi raggiungere al valore minimo, 4,25, in concomitanza con il massimo grado di intensificazione colturale. Tale andamento conferma come la fito-biodiversità dell'agroecosistema possa essere utilizzato come un efficace parametro per la valutazione comparativa dell'impatto agronomico ed ambientale dei vari sistemi colturali adottati (Clemens *et al.*, 1994).

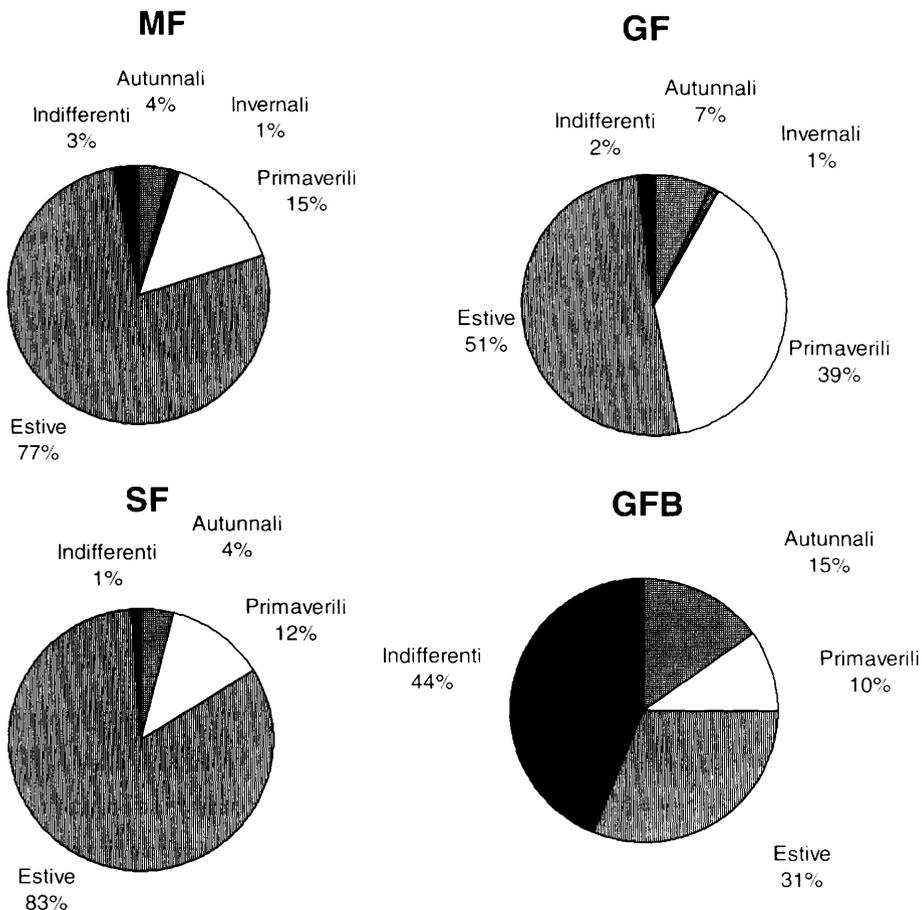
E' stato infatti rilevato come le cenosi vegetali tipiche di una agricoltura convenzionale siano costituite da quelle poche specie altamente specializzate in grado di persistere in un agroecosistema altamente disturbato (Zanin *et al.*, 1991). Risulta d'altra parte ben noto come vi sia una relazione diretta tra pratiche agronomiche ed evoluzione floristica delle varie comunità di malerbe (Derksen *et al.*, 1993; Derksen *et al.*, 1994; Doucet *et al.*, 1999).

Raggruppamenti floristici in funzione del gruppo ecofisiologico

La flora rilevata è costituita prevalentemente da specie a ciclo estivo che in molti casi hanno rappresentato ben oltre la metà delle specie identificate (figura 6). Una buona parte delle rimanenti specie (circa dal 7 al 39%) risultano a ciclo primaverile e solamente una piccola parte della flora rilevata è costituita da specie autunnali ed invernali. Appare quindi evidente come la "seed bank" individuata costituisca un potenziale rischio soprattutto per le colture a ciclo primaverile-estivo (come le varie colture da "rinnovo" presenti) piuttosto che per il frumento. Quest'ultima coltura, infatti, in virtù del relativo ciclo autunno-vernino risulta crescere in periodi in cui gran parte della flora rilevata risulta "quiescente" e/o dormiente, allo stadio di seme, risultando così priva di competitività nei confronti di questa coltura. La presenza di un quantitativo di semi privi di "potenzialità competitiva" coltura-infestante dovuta allo sfasamento temporale dei cicli colturali è già stata rilevata nel caso della omosuccessione di mais in cui il ritrovamento di specie (prevalentemente *Poa annua* L. e *Veronica persica* Poir.) a prevalente ciclo autunno-invernale non costituisce motivo di "allarme" per la coltura estiva (Benvenuti *et al.*, 2000a).

Nella figura 6 sono riportate le composizioni percentuali delle varie specie in funzione del relativo ciclo ecofisiologico.

Raggruppamenti ecofisiologici



Livello	Avvicendamento	Autunnali (%)	Invernali (%)	Primaveraili (%)	Estive (%)	Indifferenti (%)
L1	MF	3	0	34	62	1
L2		7	3	10	77	3
L3		3	0	2	90	5
L1	GF	1	0	7	91	1
L2		15	0	34	47	4
L3		5	3	77	15	0
L1	SF	5	0	5	89	1
L2		4	0	12	83	1
L3		4	0	20	76	0
L2	GFB	4	0	3	24	69
L3		15	0	10	31	44

Figura 6. Raggruppamenti percentuali delle varie specie rilevate nei vari sistemi culturali in funzione del relativo gruppo ecofisiologico. Le medie degli avvicendamenti sono riportati in alto mediante grafici a torta, mentre i valori analitici dei vari livelli di intensificazione culturale sono riportati in forma tabulare.

Come sopra accennato le specie a ciclo primaverile ed estivo rappresentano la quota maggiore dell'intero quantitativo di specie presenti. Si passa infatti alle seguenti percentuali: 15 e 77% (rispettivamente primaverili ed estive) nell'avvicendamento mais-frumento, 39 e 51% in girasole-frumento, 12 e 83% in soia frumento. Nel caso dell'avvicendamento triennale girasole-frumento-barbabetola si assiste al contrario alla predominanza di specie indifferenti (57%) quasi unicamente rappresentate dalla *Beta maritima*. In questo caso si assiste anche ad un incremento di specie autunnali, che limitate negli altri avvicendamenti tra l'4 ed il 7%, raggiungono in questo caso il 9%. Nel complesso dei vari avvicendamenti le specie capaci di compiere il proprio ciclo indipendentemente dall'andamento termico e fotoperiodico (specie indifferenti) sono risultate una estrema minoranza risultata generalmente intorno al 2%.

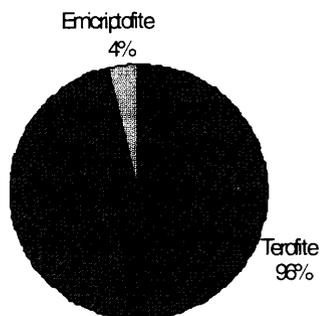
Risulta sorprendente la scarsa incidenza delle specie a ciclo autunnale ad eccezione che nell'avvicendamento girasole-frumento (L2) che nella triennale girasole-frumento-barbabetola (L3) dove hanno raggiunto il 15%. Pochissime sono risultate infine le specie invernali presenti, soprattutto *Galium spurium* ed in piccola parte *Lepidium campestre* rilevate esclusivamente nell'avvicendamento girasole-frumento (L3) e nell'avvicendamento mais-frumento (L2).

Raggruppamenti floristici in funzione del gruppo biologico

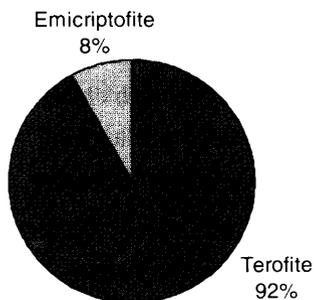
La figura 7 illustra i risultati del raggruppamento a seconda del gruppo biologico di appartenenza. Complessivamente sono stati rilevati i seguenti gruppi (secondo la classificazione di Montegut, (1984): terofite (piante erbacee annuali a riproduzione sessuale), emicriptofite (piante erbacee biennali o pluriennali a riproduzione sessuale con gemme perennanti prossime alla superficie del terreno), geofite (piante erbacee a prevalente propagazione vegetativa), epifite (piante parassite), camefite (piante a riproduzione sessuale e con gemme perennanti al di sopra del terreno) e nanerofite (piante arbustive a crescita basitona aventi gemme ben al di sopra del terreno). Dall'analisi dei risultati emerge come il gruppo biologico più rappresentato è risultato quello delle specie "terofite". Queste, come accennato, sono caratterizzate dal fatto di essere specie annuali che trascorrono la stagione avversa come seme. Precedenti studi (Cantele *et al.*, 1986) confermano la netta prevalenza di questo raggruppamento botanico risultato predominante e spesso oltre il 90% dell'intera composizione floristica. Le specie "terofite" più rappresentate sono state principalmente le varie specie di *Amaranthus* ed il *C. album* che hanno costituito pressochè ovunque la quota prevalente della "seed bank". L'incidenza di questo raggruppamento botanico è risultato variare dal 96% nel caso dell'avvicendamento mais-frumento ai 95% e 92% rispettivamente in soia-frumento e girasole-frumento.

Raggruppamenti in funzione del gruppo biologico

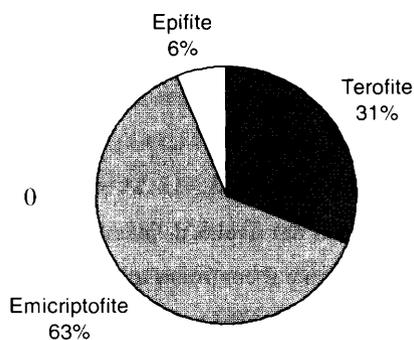
MF



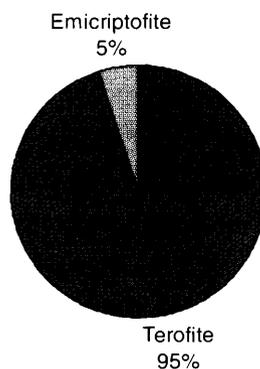
GF



GFB



SF



Livello	Avvicendamento	Terofite (%)	Emericriptofite (%)	Geofite (%)	Epifite (%)	Camefite (%)
L1	MF	97	3	0	0	0
L2		93	7	0	0	0
L3		97	3	0	0	0
L1	GF	97	2	0	1	0
L2		82	17	1	0	0
L3		95	5	0	0	0
L1	SF	95	5	0	0	0
L2		92	7	1	0	0
L3		96	4	0	0	0
L2	GFB	25	37	0	3	0
L3		37	55	0	0	0

Figura 7. Raggruppamenti percentuali delle varie specie rilevate nei vari sistemi culturali in funzione del relativo raggruppamento botanico. Le medie degli avvicendamenti sono riportati in alto mediante grafici a torta, mentre i valori analitici dei vari livelli di intensificazione culturale sono riportati in forma tabulare.

Tale andamento conferma come l'elevato impiego degli inputs attuato in molti sistemi colturali comporti la diminuzione, o persino la scomparsa, delle varie specie capaci di propagazione di tipo vegetativo come le emicriptofite, geofite, epifite e nanerofite. Ciò sembra da attribuire primariamente al grado di profondità di lavorazione del suolo (Cantele et al., 1986) probabilmente per la scarsa longevità degli organi di propagazione agamica dopo il loro interrimento. D'altra parte il drastico calo delle terofite (31%) osservato nell'avvicendamento triennale risulta totalmente da imputare alla notevole diffusione della sola *Beta maritima* che appartiene al gruppo delle emicriptofite. Quest'ultimo raggruppamento botanico raggiunge infatti in questo caso il 63% dell'intera flora rilevata mentre, negli altri altri avvicendamenti, esso risulta compreso tra il 4 e l'8%. Le geofite sono state rilevate in quantità risultate assolutamente trascurabili e rappresentate da *C. arvensis*, *Agropyron repens* (L.) Beauv. e da *Oxalis corniculata* L. .

Da rilevare risulta infine la presenza di epifite (6%, dovute alla presenza di *C. europea*) quasi esclusivamente nell'avvicendamento che ha previsto la presenza della barbabietola.

Conclusioni

L'accumulo di semi nel suolo è risultato fortemente influenzato dal livello di intensificazione colturale adottato oltre che dalla precessione colturale. Risulta evidente il confronto tra il più basso livello di intensificazione colturale dell'avvicendamento girasole-frumento (L1) che ha mostrato un numero di semi (oltre 80.000 semi m⁻²) di oltre dieci volte maggiore rispetto all' L2 dell'avvicendamento triennale girasole-frumento-barbabietola (circa 8000 semi m⁻²).

Sebbene la maggior parte della seed bank sia risultata formata da pochissime specie più o meno ubiquitarie come alcune specie di *Amaranthus* (*retroflexus*, *paniculatus* e *graecizans*) oltre che dal *C. album*, alcune infestanti sono risultate strettamente ed esclusivamente associate con una determinata coltura. E' questo il caso della *B. maritima* che in virtù di una assoluta affinità morfofisiologica con la barbabietola è riuscita a sfuggire agli interventi di diserbo con conseguente accumulo di semi nel suolo (oltre 15.000 semi m⁻² nel caso del minor impiego di input colturali, L1). Il fatto che sia risultato generalmente molto scarso il quantitativo di semi di graminacee sembra confermare invece la tendenza di questa famiglia a formare "seed bank" transitorie (Thompson e Grime, 1979) primariamente a causa della scarsa longevità dei rispettivi semi (Burnside et al., 1996). Oltre il la metà delle specie rilevate sono risultate appartenere a specie a ciclo estivo mentre scarse sono risultate quelle autunnali ed invernali. L'impatto del sistema colturale con le cenosi vegetali è tendenzialmente risultato in funzione sia del numero di specie identificate che del relativo indice di diversità (H'). L'aumentare degli inputs, soprattutto legati all'uso degli erbicidi, ha comportato una contrazione di questi due indici. Analogamente si assiste ad una diminuzione delle

specie appartenenti al gruppo biologico delle emicriptofite e geofite con il conseguente aumento delle terofite.

L'entità nonché la composizione floristica dei semi delle specie presenti sono risultate, in conclusione, strettamente legate alla trascorsa gestione dei sistemi colturali, fornendo utili indicazioni circa le future strategie di controllo dell'infestazione. Lo studio "fitosociologico" delle varie specie della "seed bank" è apparso, infine, un elemento valido al fine monitorare, in modo comparativo, l'impatto ambientale che i vari sistemi colturali possono esercitare nei confronti della qualità ambientale dell'intero agroecosistema.

Bibliografia

- BALDONI G, CATIZONE P, TACCHEO BARBINA M, SPESSOTTO C. (1989) Influenza di pratiche agronomiche sull'infestazione potenziale di malerbe e sui residui di diserbanti nel terreno. *Rivista di Agronomia*, **23**, 222-234.
- BALL DA. (1992) *Weed seedbank response to tillage, herbicides, and crop rotation sequence*. *Weed Science* **12**, 115-127.
- BALL DA, MILLER SD. (1990) *Weed seed population response to tillage, and herbicide use in three irrigated cropping sequences*. *Weed Science* **38**, 511-517.
- BENVENUTI S. (1995) *Ecologia della "seed bank": aspetti fisiologici ed implicazioni agronomiche nella gestione della flora avventizia*. *Rivista di Agronomia* **29**, 204-219.
- BENVENUTI S, SILVESTRI N, SIMONELLI G, MACCHIA M, BONARI E. (2000a) Valutazione della "seed bank" e della relativa potenzialità di infestazione attiva in alcuni sistemi colturali di omosuccessione di mais. *Rivista di Agronomia*, in corso di stampa.
- BENVENUTI S, MACCHIA M, MIELE S. (2000b) *La determinazione del contenuto di semi di infestanti nel suolo ("soil seed bank") come strumento per la razionale gestione della flora infestante nel rispetto dell'ambiente*. *L'Informatore Agrario*, in corso di stampa.
- BUHLER DD, HARZLER RG, FORCELLA F. (1998) Weed seed bank dynamics: implications to weed management. *Crop Sciences: Recent advances*. The Food Products Press, Haworth, 145-168.
- BUHLER DD. (1999) Weed population responses to weed practices. I. Seed bank, weed populations, and crop yields. *Weed Science* **47**, 416-422.
- BURNSIDE OC, WILSON RG, WEISBERG S, HUBBARD KG. (1996) Seed longevity of 41 species buried 17 years in Eastern and Western Nebraska. *Weed Science* **20**, 288-300.
- CANTELE A, ZANIN G, ZUIN MC. (1986) Semplificazione delle lavorazioni e flora reale e potenziale. *Rivista di Agronomia* **20**, 288-300.

- CARDINA J, REGNIER E, HARRISON K. (1991) Long term tillage effects on seedbanks in three Ohio soils. *Weed Science* **39**, 186-194.
- CHANCELLOR RJ. (1964) The depth of weed seed germination in the field. *Proc. 7th British Weed Control Conference*. Londra, 607-613.
- CLAY SA AGUILLAR I. (1998) Weed seedbanks and corn growth following continuous Corn or Alfalfa. *Agronomy Journal* **90**, 813-818.
- CLEMENTS DR, WEISE SF e SWANTON CJ. (1994) Integrated weed management and weed species diversity. *Phytoprotection* **75**, 1-18.
- CLEMENTS DR, BENOIT DL, MURPHY SD, SWANTON CJ. (1996) Tillage effects on weed seed return and seedbank composition. *Weed Science* **44**, 314-322.
- DERKSEN DA, LAFOND GP, THOMAS AG, LOEOOKY HA, SWANTON CJ. (1993) Impact of agronomic practices on weed communities: fallow within tillage systems. *Weed Science* **42**, 409-417.
- DERKSEN DA, THOMAS AG, LAFOND GP, LOEPPKY HA, SWANTON CJ. (1994) Impact of agronomic practices on weed communities: fallow within tillage systems. *Weed Science* **42**, 184-194.
- DORADO J, DEL MONTE JP, LÒPEZ-FANDO C. (1999) Weed seedbank response to crop rotation and tillage in semiarid agroecosystems. *Weed Science* **47**, 67-73.
- DOUCET C, WEAVER SE, HAMILL AS, ZHANG J. (1999) Separating the effects of crop rotation from management on weed density and diversity. *Weed Science* **47**, 729-735.
- FORCELLA F. (1992) Prediction of weed seedlings densities from buried seeds reserves. *Weed Research* **32**, 29-39.
- FORCELLA F, WILSON RG, RENNER J, DEKKER J, HARVEY RG, ALM DA, BUHLER DD, CARDINA J. (1992) Weed seedbanks of the U.S. Corn Belt: Magnitude, variation, emergence and application. *Weed Science* **40**, 636-644.
- HEINISCH O. (1955) Seed Atlas of the most important forage plants and their weeds. *Deutsche Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin*, Berlino, 121 pp.
- MACCHIA M, MOSCHENI E, BOERI E. (1990) Studio sulle caratteristiche germinative e sull'emergenza di alcune specie infestanti. *Rivista di Agronomia* **24**, 291-298.
- MARTIN AC, BARKLEY WD. (1961) Seed identification manual. University of California Press. Los Angeles, 121 pp.
- MONTEGUT J. (1984) Causalité de la répartition des mauvaises herbes, espèces indicatrices du biotope cultural. *Schweiz. Landw. Forsch.* **23**, 15-46.
- MONTEGUT J. (1970) Atlas des semences de mauvaises herbes. *Société Française de Phytologie et de Phytopharmacie*. Versailles, 101 pp.

- MUNERATI O. (1912) Sostando tra le male erbe. *Corriere del Polesine*, Rovigo, 1, 1-12.
- SCHWEIZED EE, ZIMDHAL RL. (1984) Weed seed decline in irrigated soil after rotation of crops and herbicides. *Weed Science* **32**, 84-89.
- THOMPSON KE, GRIME JP (1979) Seasonal variation in the seed banks of herbaceous species in ten contrastin habitats. *Journal of Ecology* **67**, 893-897.
- VLEESHOUWERS LM. (1997) Modelling the effect of temperature, soil penetration resistance, burial depth and seed weight on pre-emergence growth of weeds. *Annals of Botany* **79**, 553-563.
- ZANIN G, CANTELE A, DELLA PIETÀ S, LORENZONI GG, VAZZANA C. (1985) Le erbe infestanti graminacee nella moderna agricoltura: dinamica, problemi e possibili soluzioni. *Atti Convegno SILM*, Verona, 13-248.
- ZANIN G, MOSCA G, CATIZONE P. (1991) La vegetazione infestante del mais (*Zea mais* L.) nella pianura padano-veneta. Nota II: Aspetti fitosociologici e organizzazione strutturale. *Rivista di Agronomia* **25**, 35-48.
- ZANIN G, MOSCA G, CATIZONE P (1992) A profile of the potential flora in maize fields of the Po valley. *Weed Research* **32**, 407-418.

Assorbimento e mobilità di ^{14}C diclofop-methyl in popolazioni italiane di *Lolium* spp resistenti: primi risultati

G. DINELLI ¹, M. MINELLI, A. BONETTI, P. CATIZONE, G. ZANIN ² e F. BRAVIN

¹ Dipartimento di Agronomia, Università di Bologna

² Dipartimento di Agronomia Ambientale e Produzioni Vegetali, Università di Padova

Riassunto

Nell'ambito del genere *Lolium* sono stati riscontrati numerosi casi di resistenza nei confronti di erbicidi appartenenti a diverse classi chimiche. In questo studio, sono state confrontate 3 popolazioni di *Lolium* spp (2 resistenti e una sensibile al diclofop-methyl) e una varietà di frumento duro allo scopo di individuare i meccanismi fisiologici responsabili della resistenza. I primi risultati, riportati nel presente lavoro, sembrano escludere che una mutazione dell'enzima bersaglio sia alla base della resistenza. Non sono state rilevate differenze significative, tra piante sensibili e piante resistenti, nemmeno nella dinamica dell'assorbimento del principio attivo. La mobilizzazione dell'erbicida nella pianta è risultata invece maggiore nella popolazione di *Lolium* sensibile rispetto a quanto osservato nei *Lolium* resistenti e nel frumento. Questa evidenza sperimentale suggerisce interessanti prospettive pratiche per limitare il fenomeno di resistenza ed ottimizzare la produzione.

Parole chiave: resistenza erbicidi, *Lolium* spp. .

Summary

Absorption and mobility of ^{14}C diclofop methyl in resistant Italian populations of *Lolium* spp: first results

In genus *Lolium* several cases of cross-resistance to sulfonilureas and aryloxyphenoxypropionate herbicides have been observed. In this work, 3 Italian populations of *Lolium* spp (2 resistant and 1 susceptible) and one cultivar of durum wheat were compared with the aim of determine the physiological mechanisms of resistance to diclofop methyl and chlorsulfuron. In this paper, we report our first results which seem to exclude target site mutations in resistant *Lolium* populations. In respect of diclofop methyl, no statistical differences between resistant and sensible plants in herbicide absorption were detected. Differently, an higher mobilization of diclofop methyl in susceptible *Lolium* than in resistant *Lolium* populations and in durum wheat was observed.

Key words: herbicide resistance, *Lolium* spp. .

Introduzione

Nuove segnalazioni di biotipi resistenti, ad uno o più erbicidi, in specie infestanti delle colture agrarie si sono susseguite negli ultimi anni con frequenza crescente. A livello mondiale sono infatti ormai estremamente numerosi i casi di malerbe capaci di sopravvivere a trattamenti erbicidi con principi attivi, nei cui confronti tali specie risultano naturalmente sensibili. La rilevanza, non solo scientifica ma anche economica, di questo fenomeno è dimostrata dal fatto che esso è sempre più considerato, non solo da parte degli istituti di ricerca pubblici ma anche dalle ditte private operanti nel settore agrochimico. E' ormai accertato che il diserbo chimico è direttamente coinvolto nell'insorgenza di biotipi di malerbe resistenti agli erbicidi. L'erbicida esercita, nei confronti della flora infestante, una pressione selettiva che, nell'ambito di una specie sensibile, può incrementare nell'arco di pochi anni la frequenza degli individui resistenti, normalmente assai bassa e nell'ordine di 1×10^{-6} - 10^{-12} individui (Sattin *et al.*, 2000).

A livello mondiale, uno dei più eclatanti casi di resistenza agli erbicidi è certamente quello che riguarda il genere *Lolium*. Alcune popolazioni di *Lolium* spp manifestano resistenza multipla nei confronti di erbicidi appartenenti a undici diverse classi chimiche caratterizzate da sette diversi meccanismi di azione (Preston *et al.*, 1996). Sebbene in Italia questo fenomeno si sia mantenuto fino ad oggi entro limiti piuttosto contenuti, sono stati ultimamente segnalati anche qui alcuni casi di popolazioni di *Lolium* spp resistenti ad erbicidi solfonilureici ed arilossifenossipropionati (Heap, 1999).

I principali meccanismi fisiologici in grado di conferire resistenza agli erbicidi comprendono: a) mancato assorbimento e traslocazione del principio attivo; b) detossificazione o metabolizzazione dell'erbicida; c) insensibilità del sito bersaglio; d) sequestro o compartimentazione del principio attivo (Heap, 1999). Per quanto riguarda le popolazioni di *Lolium* spp resistenti a solfoniluree e arilossifenossipropionati, non sembra che tale resistenza dipenda da mancato assorbimento e traslocazione dell'erbicida (Shimabukuro, 1990). Viceversa, una maggiore metabolizzazione così come la presenza di enzima bersaglio insensibile è stata riscontrata rispettivamente in biotipi australiani di *L. multiflorum* e *L. rigidum* (Holtum *et al.*, 1991; Tardif *et al.*, 1993). Infine per alcuni biotipi di *L. rigidum*, il cui comportamento resistente non appariva correlato a nessuno dei meccanismi di resistenza fino ad oggi noti, è stato ipotizzato un possibile coinvolgimento di fenomeni di compartimentazione a livello cellulare (nella parete cellulare o nel sistema vacuolare) (Devine *et al.*, 1993).

Il Dipartimento di Agronomia dell'Università di Bologna già da alcuni anni, in collaborazione con il D.A.A.P.V. dell'Università di Padova e con altri Istituti ed Enti di ricerca nazionali ed internazionali, ha iniziato a studiare il fenomeno della resistenza agli erbicidi in alcune popolazioni di *Lolium* spp, campionate nel centro e nel sud Italia.

La ricerca è stata incentrata su tre ambiti di lavoro strettamente interconnessi:

- valutazione della dinamica della comparsa, entro popolazioni Italiane di *Lolium* spp, di biotipi resistenti agli erbicidi;
- studio dei diversi meccanismi fisiologici di resistenza evidenziati dalle popolazioni oggetto di studio;
- identificazione di eventuali relazioni tra l'espressione di caratteri chemiotassonomici (proteine di riserva ed isoenzimi), caratteri morfologici e meccanismo fisiologico di resistenza.

La ricerca, nel suo complesso, ha lo scopo da una parte di individuare caratteri semplici da usare in campo quali strumenti operativi per valutare il livello di resistenza potenziale in popolazioni spontanee di *Lolium* e dall'altra di identificare aspetti della fisiologia della resistenza su cui eventualmente operare con intereventi tecnici miranti ad ottimizzare la produzione (scelta del principio attivo, utilizzo di agenti adiuvanti).

Nella presente nota, vengono riportati i primi risultati relativi allo studio dei meccanismi fisiologici, con particolare riferimento all'assorbimento ed alla mobilità del principio attivo, responsabili della resistenza al diclofop-methyl da parte di alcune di queste popolazioni.

Caratteristiche dei campioni analizzati

L'indagine è stata condotta su tre popolazioni di *Lolium* spp, denominate TU (TUSCANIA), RM (ROMA) e VT (VETRALLA), selezionate tra 127 popolazioni campionate tra il 1993 ed 1998

nell'area della Maremma tosco-laziale (Bravin, 1999). Sia l'analisi di caratteri morfologici che l'analisi di caratteri chemiotassonomici (proteine di riserva del seme ed isoenzimi) non hanno permesso una chiara identificazione botanica delle popolazioni oggetto di studio (Ponzetta, 1997; Dinelli *et al.*, 2000), che sono risultate essere formate da piante appartenenti a differenti specie di *Lolium* (ad esempio *L. rigidum*, *L. multiflorum* e varie forme ibride) (Dinelli *et al.*, 2000). Per tale motivo si è scelto di denominare le popolazioni studiate con il termine generico "*Lolium* spp".

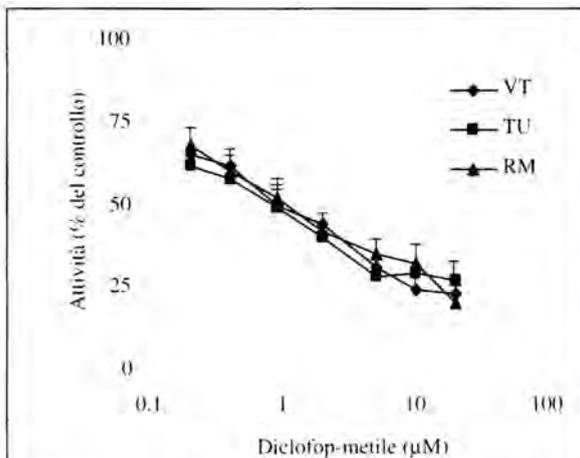


Figura 1. Attività dell'enzima ACCasi, estratto da popolazioni di *Lolium* spp resistenti (TU, RM) e sensibile (VT) al diclofop-methyl. (da Bravin *et al.*, 1999).

Le curve di dose-risposta all'erbicida diclofop-methyl, appartenente alla famiglia chimica degli arilossifenossipropionati, hanno permesso di evidenziare come i biotipi TU e RM, caratterizzati da un valore di GR_{50} rispettivamente pari a 750 e 780 g di principio attivo, manifestino resistenza nei confronti dell'erbicida rispetto al biotipo sensibile VT, caratterizzato da un valore di GR_{50} pari a 90 g di principio attivo (Bravin, 1999).

Sulle tre popolazioni, è stata condotta una indagine per verificare il coinvolgimento, nel meccanismo di resistenza, di una eventuale insensibilità del sito bersaglio, rappresentato dall'enzima Acetil Coenzima-A Carbossilasi (ACCasi). Infatti la presenza di un sito bersaglio mutato può fortemente ridurre l'affinità di legame enzima-erbicida, determinando in tal caso un totale perdita dell'attività fitocida del diserbante. L'attività dell'ACCasi, estratto dalle foglie di giovani plantule delle tre popolazioni di *Lolium* spp., è stata testata *in vitro* in presenza di dosaggi crescenti di diclofop-methyl. L'efficacia di questo erbicida nell'inibire l'ACCasi si è dimostrata simile nelle tre popolazioni analizzate (Fig. 1). Le popolazioni RM e TU, caratterizzate sulla base delle prove di dose-risposta da indici di resistenza circa quattro volte superiori rispetto alla popolazione VT, hanno viceversa evidenziato una cinetica di inibizione dell'ACCasi del tutto simile a quella della popolazione sensibile VT. I valori stimati di I_{50} hanno infatti confermato come una concentrazione di circa 1 μ M di p.a. fosse sufficiente a ridurre del 50% l'attività enzimatica del sito bersaglio delle tre popolazioni. I dati ottenuti indicano che la resistenza al diclofop-methyl delle popolazioni oggetto di studio non è riconducibile a mutazioni del sito bersaglio. Tale indicazione ha indotto ad investigare l'eventuale coinvolgimento di altri meccanismi fisiologici di resistenza, quali

il mancato assorbimento e la mobilizzazione dei principi attivi.

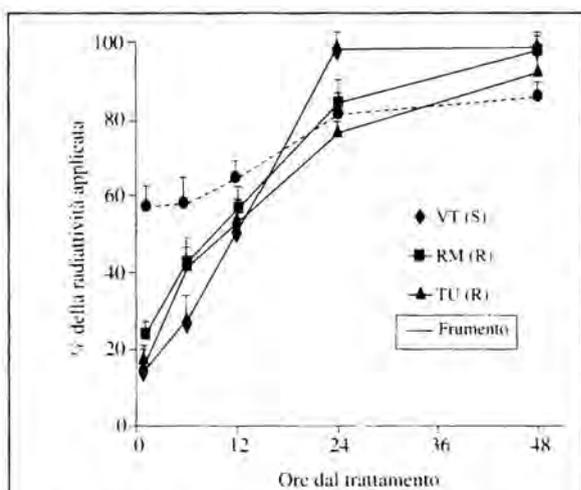


Figura 2. Assorbimento di ^{14}C diclofop-methyl in tre popolazioni di *Lolium* spp. (VT, RM e TU) ed in frumento duro.

Assorbimento fogliare di ^{14}C diclofop-methyl

Le prove di assorbimento sono state condotte su tre popolazioni di *Lolium* spp. (RM, TU, VT) e su di una varietà di frumento duro (*Triticum durum* cv. Cirillo). La scelta di aggiungere nelle prove il frumento duro è da ricondursi al fatto che l'azione selettiva del diclofop-methyl nei confronti di questa coltura è dovuta a fenomeni di detossificazione, in seguito ai quali il p.a. viene rapidamente

trasformato in metaboliti privi di azione fitotossica. (Shimabukuro *et al.*, 1990). Il bersaglio metabolico del diclofop-methyl (ACC-asi) invece, nel frumento risulta completamente sensibile a questo erbicida, al pari delle popolazioni di *Lolium* spp oggetto di indagine.

Il trattamento è stato effettuato su 100 plantule (allo stadio di 2^a foglia vera) per ogni accessione, applicando all'incrocio tra la prima e seconda foglia 1 µl di una soluzione di ¹⁴C diclofop-methyl (0,2 µCi di principio attivo disciolto nella formulazione commerciale dell'erbicida per una quantità finale di diclofop-methyl pari a 8 µg per pianta trattata). A tempi differenti (1, 6, 12, 24 e 48 ore dal trattamento), la radioattività assorbita da 20 plantule di ciascuna accessione è stata misurata tramite Molecular Imager (BioRad).

L'assorbimento del principio attivo radiomarcato, disciolto in una formulazione analoga a quella commerciale è risultata molto rapida nelle prime fasi successive al trattamento in tutte le accessioni analizzate (Fig. 2). A 12 ore dal trattamento, la quota di principio attivo assorbito è risultata compresa tra 48 e 62%. L'ingresso dell'erbicida marcato è proseguita con velocità decrescente fino all'ultimo rilievo effettuato. Nessuna differenza significativa nell'assorbimento del diclofop-methyl è stata osservata tra le popolazioni di *Lolium* spp. In particolare, a 48 ore dal trattamento, l'assorbimento delle popolazioni resistenti RM e TU, rispettivamente pari al 92 ed al 98% del principio attivo applicato, è risultato analogo a quello della popolazione sensibile VT, pari al 99% del p.a. applicato. Viceversa l'assorbimento del p.a. nel frumento duro si è discostato rispetto a quello evidenziato dalle popolazioni di *Lolium* spp. Infatti la quota finale di diclofop-methyl assorbito è risultato pari al 86% di p.a. applicato. Inoltre anche la cinetica di assorbimento è

risultata differire da quella osservata per le popolazioni di *Lolium* spp. Infatti nella prima ora dal trattamento il tasso di assorbimento del frumento duro è risultato essere circa 2-3 volte superiore rispetto a quello delle popolazioni di *Lolium* spp (Fig. 3). Viceversa tra 6 e 24 ore dall'applicazione dell'erbicida l'assorbimento delle popolazioni di *Lolium* spp è stata approssimativamente doppia rispetto a quella del frumento. Tali differenze sono probabilmente da ricondursi alle intrinseche differenze morfo-

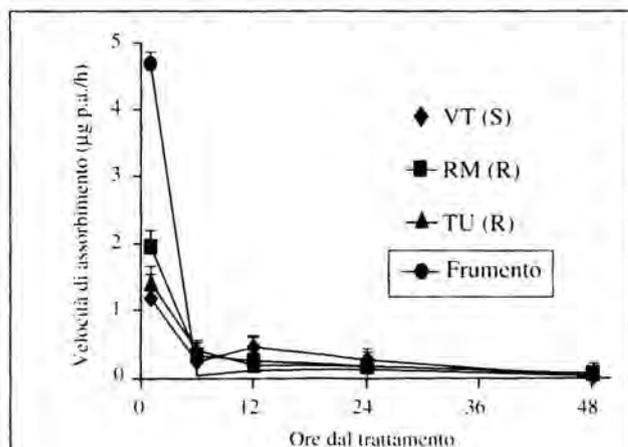


Figura 3. Velocità di assorbimento di di ¹⁴C diclofop-methyl in tre popolazioni di *Lolium* spp (VT, RM e TU) ed in frumento duro.

logiche dell'apparato fogliare di queste due specie nonché al fatto che al momento del trattamento, effettuato allo stadio di 2^a foglia vera, le plantule di frumento presentavano una biomassa complessiva all'incirca 2-3 volte superiore rispetto a quella delle plantule di *Lolium*.

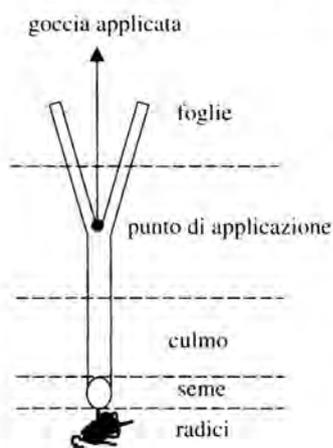


Figura 4. Rappresentazione schematica di giovane plantula allo stadio di 2^a foglia vera.

Mobilizzazione di ¹⁴C diclofop-methyl

Le prove di mobilizzazione sono state condotte adottando la procedura sperimentale precedentemente descritta per l'assorbimento fogliare. A tempi differenti (1, 3, 6, 12, 24 e 48 ore dal trattamento), la distribuzione della radioattività totale nei diversi comparti di 20 plantule di ciascuna accessione è stata misurata tramite Molecular Imager. L'elaborazione dei dati ottenuti è stata effettuata in accordo allo schema riportato nella figura 4, in cui è rappresentata schematizzata una plantula allo stadio di 2^a foglia vera. Dal momento che il diclofop-methyl radiomarcato è stato applicato all'intersezione tra la prima e la seconda foglia vera, allo scopo di valutare nel tempo la mobilizzazione del principio attivo sono stati presi in

considerazione 5 porzioni della plantula: foglie (ovvero il 50% della lunghezza della prima e della seconda foglia, distale rispetto al punto di applicazione), punto di applicazione (ovvero il 50% della lunghezza complessiva della prima, della seconda foglia e del culmo, prossimale rispetto al punto di applicazione), culmo (ovvero il 50% della lunghezza del culmo, distale rispetto al punto di applicazione), seme e radici.

Nella popolazione sensibile VT, una rilevante quota della radioattività assorbita (oltre il 70%) è risultata localizzata, nelle prime 12 ore dal trattamento, nella porzione delle plantula prossima al punto di applicazione del principio attivo (Fig. 5, 6). Tra le 24 e le 48 ore dal trattamento, tale quota si è ridotta drasticamente, attestandosi su di un valore pari al 41% di p.a. assorbito. Viceversa la radioattività rilevata nel culmo, pari al 22% ad 1 ora dal trattamento, si è ridotta a valori prossimi al 1% nelle 24 ore successive. Infine la radioattività presente nella foglie ha subito un progressivo incremento, passando da un valore pari al 9%, ad 1 ora dal trattamento, ad un valore pari al 59%, a 48 ore dal trattamento. Tali andamenti evidenziano una rilevante rimobilizzazione dell'erbicida nelle fasi successive al trattamento, con una direzione di flusso prevalentemente acropeta. Il prodotto inizialmente localizzato nella porzione del fusto distale dal punto di applicazione, nelle fasi successive al trattamento, è stato rimobilizzato verso il punto di applicazione e da qui traslocato verso le porzioni apicali della prima e della seconda foglia. La rimobilizzazione ha coinvolto

esclusivamente le parti aeree delle piante, in quanto nelle parti sotterranee (residuo del seme e radici) la radioattività rilevata è risultata del tutto trascurabile. In particolare nel residuo del seme non sono state rilevate tracce di radioattività, mentre nelle radici la quota di prodotto radiomarcato è risultata compresa tra 1 e 3% nelle 48 ore successive al trattamento.

La distribuzione dell'erbicida marcato nelle popolazioni resistenti RM e TU è risultata differire da quella osservata per la popolazione sensibile VT (Fig. 5, 6). In entrambe le popolazioni resistenti una quota costante di radioattività, prossima al 80% del totale assorbito, è risultata localizzata nella porzione della plantula prossima al punto di applicazione del principio attivo. Anche la radioattività rilevata nelle foglie, si è mantenuta approssimativamente costante nelle 48 ore successive al trattamento, con un valore compreso tra il 18 ed 23%. Al contrario, la radioattività presente nel culmo, con valore compreso tra 8 e 10% ad 1 ora dal trattamento, si è dimezzata nelle 24 ore successive. Sebbene qualche modesto fenomeno di rimobilizzazione sia stato osservato a carico del fusto, complessivamente i dati ottenuti suggeriscono una minore mobilità complessiva dell'erbicida nelle due popolazioni resistenti rispetto al biotipo sensibile. Infine, come osservato per la popolazione sensibile VT, anche per le popolazioni resistenti RM e TU la distribuzione del prodotto radiomarcato è risultata prevalentemente limitata alla parte aerea della plantula. Infatti nel residuo

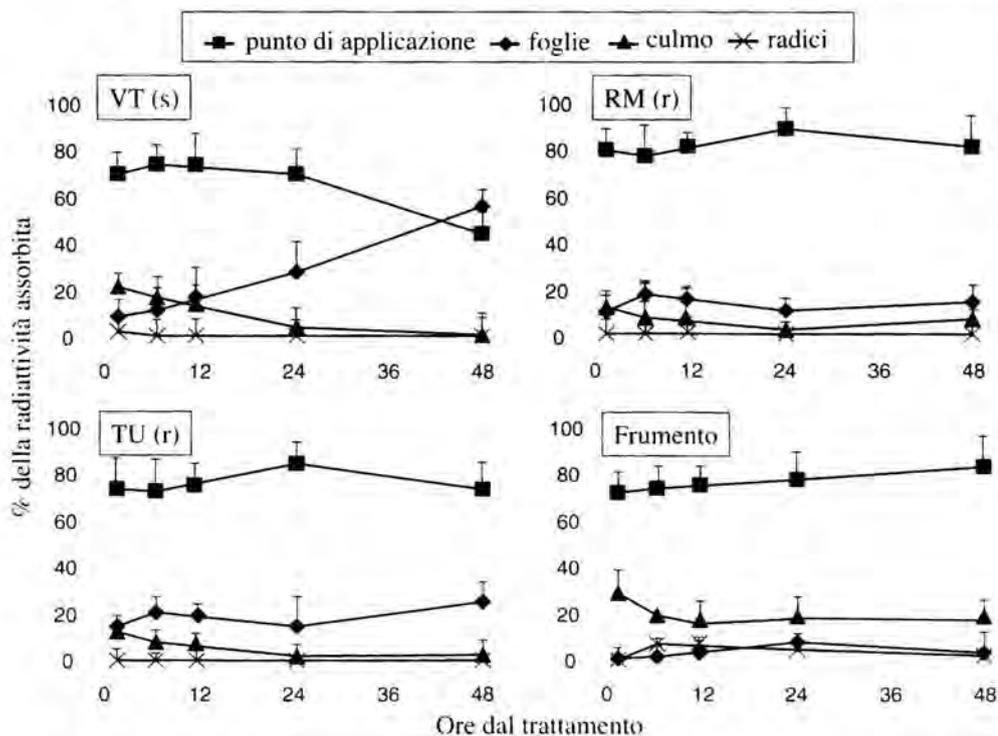


Figura 5. Mobilizzazione di ^{14}C diclofop-methyl in tre popolazioni di *Lolium* spp (VT, RM e TU) ed in frumento duro.

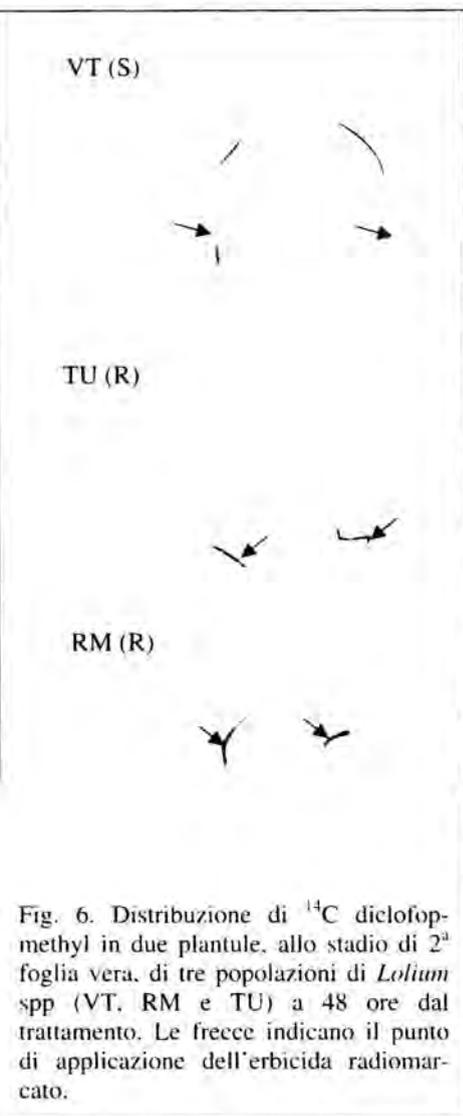


Fig. 6. Distribuzione di ^{14}C diclofop-methyl in due plantule, allo stadio di 2^a foglia vera, di tre popolazioni di *Lolium* spp (VT, RM e TU) a 48 ore dal trattamento. Le frecce indicano il punto di applicazione dell'erbicida radiomarcato.

del seme non è stata osservata radioattività, mentre la quota presente nelle radici è risultata inferiore al 1%.

La distribuzione della radioattività nel frumento duro è stata simile a quella osservata nelle due popolazioni resistenti di *Lolium* spp (Fig. 5). Complessivamente, anche nel frumento duro la mobilizzazione del principio attivo è risultata di scarsa entità, come evidenziato dalla bassa radioattività rilevata nelle foglie (mediamente inferiore al 10% della radioattività totale assorbita). Il culmo e le radici sono invece risultati i due comparti della plantula di frumento maggiormente coinvolti nei fenomeni di rimobilizzazione.

Discussione

La resistenza agli erbicidi può essere il risultato di mutazioni a livello del sito bersaglio, di differenze nel tasso di assorbimento del principio attivo, nella traslocazione, detossificazione o distribuzione a livello sub-cellulare. Le prove condotte hanno permesso di escludere, per le popolazioni di *Lolium* spp esaminate, il coinvolgimento nel meccanismo di resistenza di alterazioni strutturali dell'ACC-asi, enzima bersaglio degli erbicidi appartenenti alla famiglia chimica degli arilossifenossipropionati, nonché di fenomeni di mancato assorbimento. Viceversa le due popolazioni resistenti RM e TU hanno manifestato una

mobilizzazione dell'erbicida simile a quella osservata in frumento tenero e notevolmente inferiore rispetto alla popolazione sensibile VT. Anche se probabilmente la sola mobilizzazione non è in grado di giustificare i livelli di resistenza osservati nelle prove di dose-risposta, i dati ottenuti consentono di formulare alcune ipotesi. La tolleranza del frumento al diclofop-methyl è dovuta a fenomeni di detossificazione (Shimabukuro *et al.*, 1979). L'erbicida nei tessuti del frumento viene rapidamente demetilato con formazione di un acido libero (diclofop acido), dotato di attività fitotossica. Il diclofop acido subisce una aril-idrossilazione a cui segue la coniugazione irreversibile del metabolita con zuccheri cellulari (prevalentemente glucosio) con formazione di un residuo non

tossico ed immobile. E' stato ipotizzato che l'assenza di fitotossicità e di mobilità dei metaboliti coniugati è probabilmente dovuta ad una loro inclusione a livello dei vacuoli cellulari o ad una loro compartimentazione ed incorporazione in biopolimeri quali lignina, cellulosa e proteine strutturali (Htzios e Penner, 1982; Nakamura *et al.*, 1985). Infatti tali eventi impediscono ai metaboliti di diffondere nuovamente nel citoplasma, rendendoli non fitotossici in quanto non in grado di interagire con i bersagli metabolici della cellula vegetale. Pertanto è possibile ipotizzare che la scarsa mobilità del diclofop-methyl osservata nei due biotipi resistenti RM e TU sia il riflesso di una attività detossificante simile a quella del frumento tenero e assente nel biotipo sensibile VT. Tuttavia non necessariamente la differente mobilità osservata nelle popolazioni resistenti rispetto alla popolazione sensibile deve essere ricondotta a differenze nella metabolizzazione del principio attivo. Hausler *et al.* (1991) hanno evidenziato in un biotipo resistente di *Lolium rigidum* una corrispondenza tra la ripolarizzazione delle membrane in presenza del diclofop acido ed il livello di resistenza osservato in test di dose-risposta all'erbicida. Il dibattito sul ruolo della ripolarizzazione, come possibile meccanismo di resistenza, è allo stato attuale aperto. In particolare non è stato ancora chiarito il meccanismo con cui la ripolarizzazione delle membrane cellulari possa in qualche modo conferire resistenza. Sulla base di osservazioni sperimentali relative ad una correlazione tra ripolarizzazione delle membrane e acidificazione del mezzo di allevamento da parte degli apparati radicali di piante di *L. rigidum* resistenti, è stato suggerito che la ripolarizzazione delle membrane cellulare sia un fenomeno in qualche modo collegato alla compartimentazione e/o al sequestro dell'erbicida (Hausler *et al.*, 1991). Ne consegue che la bassa mobilità del diclofop-methyl nei tessuti delle due popolazioni RM e TU potrebbe essere causata da simili fenomeni di sequestro, non necessariamente collegati ad una diretta detossificazione del principio attivo.

Da quanto esposto, risulta evidente che i dati della presente nota non permettono ancora di chiarire l'esatto meccanismo di resistenza al diclofop-methyl delle popolazioni di *Lolium* spp oggetto di indagine. Sebbene lo studio abbia fornito alcune indicazioni incoraggianti, i dati ottenuti debbono essere considerati preliminari. Infatti solo dai risultati delle prove sperimentali relative alla metabolizzazione del principio attivo, attualmente in corso presso il Dipartimento di Agronomia, sarà possibile formulare ipotesi più concrete relative al meccanismo di resistenza delle popolazioni italiane di *Lolium* spp studiate.

Conclusioni

Nell'agricoltura moderna, quale è quella italiana, la resistenza delle infestanti agli erbicidi è un problema di sempre maggiore attualità. Nel sud e nel centro Italia, le malerbe appartenenti al genere *Lolium* rappresentano una delle principale causa di infestazione del frumento. Dal momento che ancora in vaste aree del nostro Paese i frumenti tenero e duro sono colture di notevole importanza

economica, è facilmente immaginabile quali possano essere gli effetti deleteri di una eventuale diffusione di biotipi di *Lolium* resistenti agli erbicidi.

La selezione di malerbe resistenti potrebbe essere ridotta o ritardata diversificando gli ambienti dove si esercita l'attività agricola sia a livello di riparto colturale, evitando per quanto possibile soluzioni monoculturali, sia a livello di sistema colturale: avvicendamenti, lavorazioni, tecniche di diserbo chimico e lotta alle malerbe con mezzi alternativi agli erbicidi (Dekker, 1997; Gill e Holmes, 1997). Relativamente all'impiego degli erbicidi, sarebbe importante eseguire l'avvicendamento dei principi attivi impiegati, possibilmente alternando molecole appartenenti a diverse famiglie chimiche e caratterizzate da diversi meccanismi d'azione. Ciò porterebbe all'esercizio di una pressione selettiva sulla flora infestante differenziata nel tempo, in quanto operante su diversi processi del metabolismo vegetale, che determinerebbe una più lenta comparsa delle malerbe resistenti.

Questi suggerimenti, per varie cause, vengono applicati solo in parte. Circa gli ordinamenti colturali, in tutti i Paesi ad agricoltura avanzata sono in atto da tempo processi di specializzazione produttiva in seguito ai quali, in un dato territorio, il numero di colture in atto è piuttosto basso. Si ha pertanto una notevole semplificazione dell'avvicendamento e quindi una riduzione del numero di erbicidi impiegati. Quest'ultimo aspetto è aggravato da fattori commerciali, a causa dei quali quando viene messo a punto un nuovo erbicida particolarmente efficace nei confronti di una o più malerbe, inevitabilmente viene fortemente richiesto dal mercato e ampiamente impiegato, per cui aumentano le probabilità che si selezionino biotipi di infestanti ad esso resistenti.

Recentemente, a tutte queste condizioni, si sta affiancando la diffusione di specie agrarie transgeniche, in molte delle quali la trasformazione genetica è stata eseguita allo scopo di conferire resistenza nei confronti di erbicidi ad azione totale, quali glufosiate ammonio e glifosate. Verosimilmente, la diffusione in coltura di piante transgeniche di questo tipo determinerà un'ulteriore semplificazione delle strategie di diserbo applicate, favorendo la comparsa di malerbe resistenti agli erbicidi. La mancata rotazione nel tempo di principi attivi con diverso meccanismo di azione è stata segnalata come una delle principali cause dell'insorgenza di resistenza nella flora infestante (Dekker, 1997). Benché la coltivazione di colture geneticamente modificate non sia ancora autorizzata nei Paesi della Comunità Europea, risulta importante studiare preventivamente le basi fisiologiche e molecolari della resistenza allo scopo di poter proporre itinerari tecnici capaci di prevenire e/o rallentare la diffusione del fenomeno.

Tutti questi elementi consentono di affermare che i fenomeni di resistenza delle malerbe alle molecole ad azione erbicida sono di grande importanza attualmente e la loro rilevanza è forse destinata ad aumentare in futuro. E' inoltre evidente come la ricerca non possa limitarsi a mettere a punto nuovi erbicidi ma sia indotta ad occuparsi sempre più degli organismi bersaglio, ovvero delle

specie infestanti. Tale approccio è necessario per comprendere in che modo le caratteristiche intrinseche della malerba, quali ad esempio sistema riproduttivo, metabolismo e fisiologia, fenologia ecc. influiscono sulla differenziazione di biotipi resistenti agli erbicidi. I risultati della presente nota hanno fornito indicazioni circa un possibile coinvolgimento di fenomeni di bassa mobilità nel determinare resistenza ad un graminicida specifico, quale il diclofop-methyl, in biotipi italiani di *Lolium* spp. Le informazioni raccolte, seppure preliminari, suggeriscono interessanti prospettive pratiche per limitare il fenomeno di resistenza e per ottimizzare la produzione, quali l'utilizzo di graminicidi specifici dotati di maggiore mobilità e/o l'aggiunta nella miscela di trattamento di agenti adiuvanti in grado di favorire la traslocazione del principio attivo.

Bibliografia

- BRAVIN F. (1999) Resistenza multipla agli erbicidi in popolazioni di *Lolium* spp del Centro Italia: caratterizzazione del fenomeno e determinazione dei meccanismi di resistenza. Tesi di Dottorato XII° ciclo. Università degli Studi di Padova.
- DEKKER J. (1997). Weed diversity and weed management *Weed Science* **45** : 357-363.
- DEVINE MD, RENAULT S, WANG X. (1993) Alternative mechanism of resistance to acetyl-Coa carboxylase inhibitors in grass weeds *In Proceedings Brighton Crop Protection Conference – Weeds* **2** : 541-548.
- DINELLI G, BONETTI A, LUCCHESI C, CATIZONE P, BRAVIN F, ZANIN G. (2000) Biodiversity of *Lolium* spp Italian populations resistant and susceptible to diclofop-methyl. I taxonomic evaluation. Sottoposto per la pubblicazione a *Weed Research*.
- GILL GS, HOLMES JE. (1997). Efficacy of cultural control methods for combating herbicide-resistant *Lolium rigidum*. *Pesticide Science* **51** : 352-358.
- HATZIOS KK, PENNER D. (1982). Terminal residues of herbicides and herbicide binding in plants. *In Metabolism of Herbicides in Higher Plants*. Burgess Publishing Company, Minneapolis, pp. 75-82.
- HAUSLER RE, HOLTUM JAM, POWLES SB. (1991). Cross-resistance to herbicides in annual ryegrass (*Lolium rigidum*) IV: correlation between membrane effects and resistance to graminicides *Plant Physiology* **97** : 1035-1043.
- HEAP IM. (1999). International survey of herbicide resistant weeds worldwide. Online. Internet. 1 September 1999. Available www.weedscience.com.
- HOLTUM JAM., MATTHEWS JM., HAUSLER RE, LILJEGREN DR, POWLES SB. (1991). Cross-resistance to herbicides in annual ryegrass (*Lolium rigidum*) III: On the mechanism of resistance to diclofop-methyl *Plant Physiology* **97** : 1026-1034.

- NAKAMURA C, NAKATA M, SHIOJI M, ONO H. (1985). 2,4-D resistance in a tobacco cell culture variant: cross-resistance to auxins and uptake, efflux and metabolism of 2,4-D *Plant and Cell Physiology* **26** : 271-280.
- PONZETTA A. (1997) Risultati preliminari sulla resistenza di *Lolium* spp agli inibitori della Acetil CoA Carbossilasi in Italia Tesi di Laurea D.A.A.P.V. Università di Padova, Italia.
- PRETON C, TARDIF FJ, POWLES SB. (1996) Multiple resistance to dissimilar herbicide chemistries in a biotype of *Lolium rigidum* due to enhanced activity of several herbicide degrading enzymes. *Pesticide Biochemistry and Physiology* **54** : 123-134.
- SATTIN M, CAMPAGNA C, MARCHI M. (2000) Fenomeni di resistenza agli erbicidi in Italia *Informatore Fitopatologico* **7-8** : 33-34.
- SHIMABUKURO RH, WALSH WC, HOERAUF AV. (1979). Metabolism and selectivity of diclofop-methyl in wild oat and wheat *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **27**: 615-623.
- SHIMABUKURO RH. (1990). Selectivity and mode of action of the post-emergence herbicide diclofop-methyl. *Plant Growth Regulation Society American Quarterly* **18**: 37-54.
- TARDIF FJ, POWLES SB. (1993) Target-site based resistance to herbicides inhibiting Acetyl Coa carboxylase. In *Proceedings Brighton Crop Protection Conference – Weeds* **2** : 533-540.