

SOCIETÀ ITALIANA PER LA RICERCA SULLA FLORA INFESTANTE

S.I.R.F.I.

atti

**Stato attuale della coltura del mais
con particolare riferimento
al controllo della flora infestante**

BERGAMO, 21-22 NOVEMBRE 2005

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

atti

Stato attuale della coltura del mais
con particolare riferimento
al controllo della flora infestante

a cura di

PASQUALE MONTEMURRO ed EURO PANNACCI

BERGAMO, 21-22 NOVEMBRE 2005

ATTI DEL XV CONVEGNO BIENNALE S.I.R.F.I.
“Stato attuale della coltura del mais con particolare riferimento
al controllo della flora infestante”
Bergamo, 21-22 novembre 2005

INDICE

Relazioni

Prospettive di mercato ed attuale redditività della coltura di mais <i>F. Ventura e R. Milletti</i>	1
Avversità animali del mais e mezzi di difesa <i>P. Cravedi e E. Mazzoni</i>	15
Evoluzione del <i>plant breeding</i> e “guadagni genetici” per la maiscoltura italiana <i>A. Verderio e G. Della Porta</i>	27
Le novità nell'evoluzione della flora infestante del mais <i>A. A. Saglia, P. Viggiani e G. Zanin</i>	43
La gestione integrata delle infestanti nel mais: l'impiego delle colture di copertura <i>P. Bàrberi e A. C. Moonen</i>	71
Possibilità di controllo meccanico delle piante infestanti nel mais <i>E. Pannacci</i>	89
I prodotti per il diserbo del mais <i>G. Covarelli e D. Bartolini</i>	111
Distribuzione degli erbicidi: attualità e prospettive <i>P. Balsari e P. Marucco</i>	143
Le misure agroambientali nelle diverse realtà maidicole italiane <i>T. Galassi</i>	157

Comunicazioni

Persistenza e dinamica di emergenza dei semi di <i>Xanthium strumarium</i> L. in una omosuccessione di mais in Toscana <i>S. Benvenuti</i>	163
Prove di lotta contro le poligonacee infestanti il mais con trattamenti di pre e post-emergenza <i>A. Fabbi, G. Campagna e G. Rapparini</i>	183

Tavola rotonda

“Caratteristiche agronomiche, economiche e ambientali dei diserbanti del mais: il caso di studio della terbutilazina” Contributo del gruppo di studio agronomico (resp. prof. <i>G. Zanin</i>).....	199
Problematiche malerbologiche nei principali areali maidicoli italiani <i>A. Ferrero e F. Vidotto</i>	201

Caratteristiche biologiche della sostanza terbutilazina (efficacia e selettività)	
<i>G. Rapparini, A. Fabbi e G. Campagna</i>	203
Competizione delle malerbe su scala territoriale: valutazione delle perdite produttive del mais	
<i>P. Meriggi e A. Berti</i>	205
Monitoraggio della terbutilazina nell'acquifero dell'alto vicentino	
<i>S. Otto e G. Zanin</i>	207
Piano di controllo degli effetti ambientali dei prodotti fitosanitari	
<i>P. Paris</i>	209
La contaminazione puntiforme delle acque sotterranee da agrofarmaci. Strategie per la mitigazione	
<i>E. Capri</i>	211
La contaminazione diffusa delle acque sotterranee da agrofarmaci. L'individuazione delle aree vulnerabili	
<i>M. Trevisan, G. Fait, M. Balderacchi, F. Ferrari e E. Capri</i>	213

Prospettive di mercato e attuale redditività della coltura di mais in Italia

F. VENTURA¹, R. MILLETTI²

¹DSEEA, UNIPG - ²ISMEA

La struttura produttiva in Italia

Il mais è il secondo cereale coltivato in Italia con una superficie complessiva di circa 1,2 milioni di ettari. Nel periodo trascorso tra i tre censimenti dell'agricoltura le aziende maidicole hanno subito una forte riduzione passando da 604.783 nel 1982 a 305.422 nel 2000.

Vi è stata una vera e propria specializzazione aziendale che ha portato la coltivazione del mais in aziende specializzate e di medie – grandi dimensioni come riportato nelle tabelle seguenti.

Tabella 1. Ripartizione delle aziende e delle superfici a mais per OTE

	Aziende		Superfici a mais (ettari)			% su SAU aziendale totale
	N°	%	Ettari	%	Media	Media
<i>Cereali</i>	159.083	47,6%	592.499	56,8%	3,72	17,6%
<i>Cereali ed altri seminativi</i>	37.632	11,3%	108.563	10,4%	2,88	6,0%
Seminativi	196.715	58,8%	701.062	67,2%	3,56	13,5%
Coltivazioni permanenti	26.257	7,9%	24.388	2,3%	0,93	0,8%
<i>Bovini - da latte</i>	9.742	2,9%	38.580	3,7%	3,96	4,1%
<i>Bovini - da allevamento e carne</i>	1.930	0,6%	9.165	0,9%	4,75	2,2%
<i>Bovini latte, allevamento e carne</i>	1.640	0,5%	6.773	0,6%	4,13	6,3%
<i>Ovini, caprini ed altri erbivori</i>	1.595	0,5%	1.273	0,1%	0,80	0,1%
Erbivori	14.907	4,5%	55.791	5,4%	3,74	1,5%
Coltivazioni - Allevamenti	25.800	7,7%	123.745	11,9%	4,796311	9,7%
Totale	334.329	100,0%	1.042.735	100,0%	3,11889	7,0%

Fonte: nostre elaborazioni su dati ISTAT 1999

Oltre il 67% della superficie a mais è in aziende che hanno un Ordinamento Tecnico Economico (OTE) specializzato in seminativi e solo il 5% circa della superficie è all'interno di aziende specializzate da latte e il 12% in aziende miste allevamenti – seminativi.

Inoltre, il 65% della superficie viene coltivata in aziende con una Dimensione Economica superiore alle 16 UDE cioè in aziende di medio – grandi dimensioni. La distribuzione nelle diverse categorie di aziende è rilevante ai fini della riforma in quanto comporterà sia un maggiore impatto,

in termini di modulazione, sul reddito della coltura, sia una minore tendenza alla sostituzione della coltura, soprattutto nelle zone più vocate della Pianura Padana.

Tabella 2. Ripartizione delle aziende e delle superfici a mais per UDE

	Aziende		Superfici a mais (ettari)		
	N°	%	Ettari	%	Media
Meno di 2 UDE	99.653	29,8%	53.729	5,2%	0,54
2 – 4	71.142	21,3%	82.758	7,9%	1,16
4 – 6	39.893	11,9%	74.985	7,2%	1,88
6 – 8	20.111	6,0%	43.506	4,2%	2,16
8 – 12	25.819	7,7%	81.721	7,8%	3,17
12 – 16	16.606	5,0%	62.098	6,0%	3,74
16 – 40	37.002	11,1%	229.182	22,0%	6,19
40 – 100	17.197	5,1%	211.420	20,3%	12,29
100 ed oltre	6.906	2,1%	203.335	19,5%	29,44
Totale	334.329	100,0%	1.042.735	100,0%	3,12

Fonte: nostre elaborazioni su dati ISTAT 1999

All'intero dei sistemi agricoli nazionali, quindi, il comparto del mais registra una forte fase di trasformazione che non trova corrispondenza nelle altre produzioni del settore dei seminativi. In base ai dati dell'ultimo censimento, infatti, la superficie media aziendale passa dai 1,9 ha del 1990 ai 3,5 ha del 2000 (+89,2%) a fronte di una crescita del 32,5% delle aziende a cereali e del 17% di quelle a seminativi. Tale valore, pur mantenendosi a livelli ampiamente inferiori alle medie degli altri paesi europei, indica una tendenza generalizzata all'ampliamento delle maglie aziendali, condizione necessaria per aumentare la redditività delle colture maidicole. Il dato più interessante, tuttavia, riguarda la dimensione media aziendale delle superfici a mais irrigato che, nell'arco di un decennio passa da 2,8 a 5 ettari. Tale andamento, nel quadro di una storica immobilità delle superfici agricole nazionali, testimonia l'intensivizzazione della coltivazione del mais in Italia su terreni più vocati (irrigui) e di maggiore estensione.

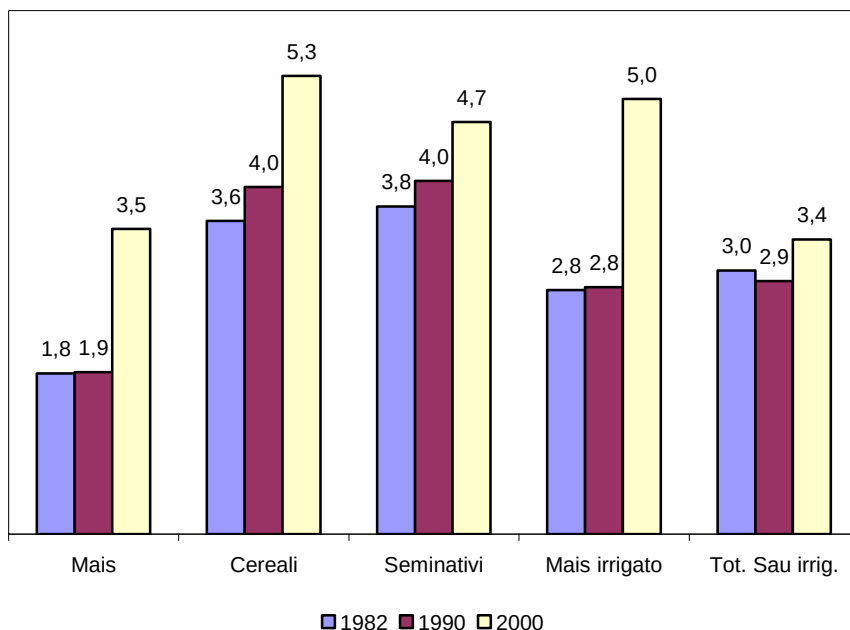


Figura 1. Evoluzione della superficie media aziendale (ettari).

Fonte: Istat, Censimenti generali dell'agricoltura

Tale andamento trova conferma nel valore della produzione a prezzi di base del mais che in termini costanti ha registrato nell'ultimo decennio una tendenza alla crescita, interrotta solo dalle pessime annate del 1998 e del 2003. Nel 2004, i raccolti di mais hanno raggiunto la quota di 2,4 mld di euro con una crescita del 26% nei confronti del 2003 e del 3% rispetto al 2002.

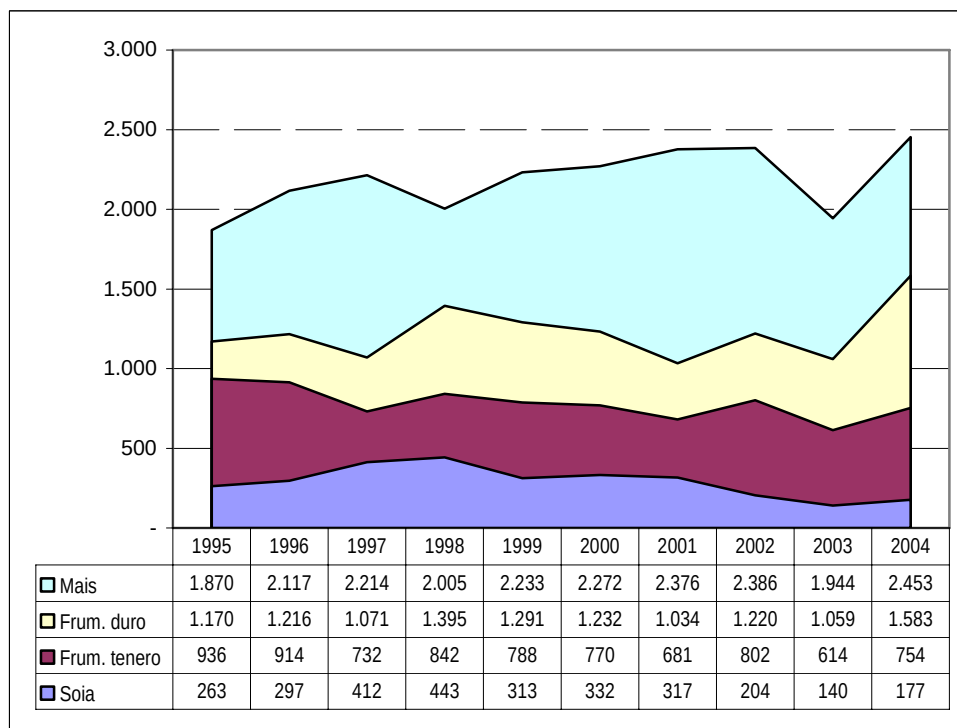


Figura 2. Evoluzione del valore della produzione a prezzi costanti (mil. di euro).

Fonte: Istat

La localizzazione della produzione

Il mais, in Italia viene coltivato, per oltre l'80%, in sole 4 regioni: Lombardia, Piemonte, Veneto e Friuli Venezia Giulia.

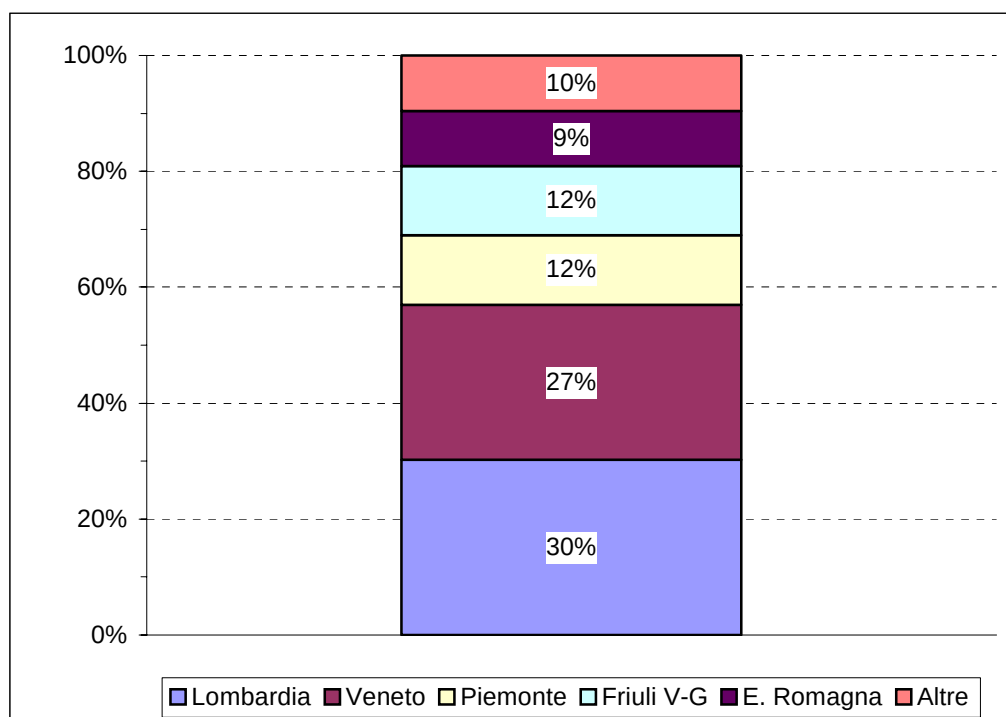


Figura 3. Localizzazione mais in Italia. *Fonte Istat*

Nelle regioni del nord l'espansione del mais è frutto, da tempo, della progressiva riduzione della coltivazione della soia e del frumento tenero. Dalla metà degli anni novanta, le oleaginose sono vittime degli accordi GATT dell'Uruguay Round (1992) che hanno sancito la progressiva riduzione del sostegno comunitario. Anche se in misura minore, la riforma Mac Sharry e Agenda 2000 hanno penalizzato anche il comparto del frumento tenero che, nell'ultimo decennio, ha registrato una lenta ma costante riduzione delle superfici investite, stabilendo per ogni campagna il record minimo di produzione.

Un vantaggio per la coltura è stato rappresentato dalla scelta del Governo italiano, soprattutto nelle aree irrigue, di mantenere differenziate le rese all'interno del Piano di regionalizzazione utilizzato per il calcolo del sostegno ad ettaro. Tale vantaggio ha condotto ad un'espansione della coltura nel nord Italia e nel 2001 ad uno splafonamento della superficie massima garantita del 12,6%¹. Al fine di evitare ulteriori splafonamenti il MIPAF ha provveduto ad una revisione del

¹ Comunicato del Ministro delle Politiche Agricole e Forestali del 24/09/2001

piano di regionalizzazione passando in molte aree ad una resa unica tra mais e cereali². Nel 2002 il superamento dei limiti comunitari è stato contenuto al 1,1%³, nonostante l'effettivo aumento dell'area investita.

Le previsioni di produzione per il raccolto 2005

In base all'indagine Ismea sulle previsioni di produzione dei principali seminativi, i raccolti di mais nel 2005 si dovrebbero attestare alla quota di 9,5 milioni di tonnellate con una riduzione del 17,3% nei confronti del record storico del 2004 (11,5 milioni di tonnellate).

Tale risultato è frutto delle contrazioni delle rese unitarie ad ettaro (che sono previste scendere da 9,6 a 9 t/ha) e, soprattutto dalla riduzione delle superfici investite che l'Istat stima in calo dell'11,8%. A questo proposito, tuttavia, occorre precisare che i primi dati provvisori dell'Agea registrano per il 2005 una riduzione inferiore dell'area coltivata che mostrerebbe una variazione pari all'8% per un valore complessivo di 1,153 milioni di ettari.

Tabella 3. Previsioni di produzione del mais - raccolto 2005

REGIONE	SUP. 2004 (ISTAT) ha	SUP. 2005 (ISTAT) ha	VARIAZIONE 2004/2005 %	PRODUZ. 2004 (ISTAT) t.	PREVISIONI 2005 (ISMEA) t.	VARIAZIONE 2004/2005 %	RESE 2004 (ISTAT) t/ha	RESE 2005 (ISMEA) t/ha
Piemonte	189.850	186.850	-1,6	1.600.000	1.457.430	-8,9	8,4	7,8
Lombardia	290.404	217.501	-25,1	3.326.748	2.381.636	-28,4	11,5	11,0
Veneto	325.778	305.783	-6,1	3.419.521	2.935.517	-14,2	10,5	9,6
Friuli V.G.	108.308	107.804	-0,5	836.256	819.310	-2,0	7,7	7,6
E. Romagna	141.490	108.330	-23,4	1.324.250	996.636	-24,7	9,4	9,2
Toscana	29.294	22.304	-23,9	213.376	167.280	-21,6	7,3	7,5
Umbria	18.015	16.977	-5,8	155.968	151.095	-3,1	8,7	8,9
Marche	15.221	14.680	-3,6	96.639	104.228	7,9	6,3	7,1
Lazio	31.300	28.450	-9,1	252.735	227.600	-9,9	8,1	8,0
Abruzzo	7.024	7.028	0,1	58.277	57.630	-1,1	8,3	8,2
Molise	2.739	2.750	0,4	15.067	13.750	-8,7	5,5	5,0
Campania	21.831	21.318	-2,3	148.764	140.699	-5,4	6,8	6,6
Puglia	1.480	1.565	5,7	10.092	10.172	0,8	6,8	6,5
Basilicata	2.291	2.280	-0,5	12.403	11.856	-4,4	5,4	5,2
Calabria	7.344	7.470	1,7	33.895	33.615	-0,8	4,6	4,5
Sicilia	470	505	7,4	4.040	3.585	-11,3	8,6	7,1
Sardegna	3.083	3.158	2,4	22.955	23.685	3,2	7,4	7,5
Altre	850	744	-12,5	4.356	3.956	-9,2	5,1	5,3
Italia	1.196.772	1.055.497	-11,8	11.535.342	9.539.680	-17,3	9,6	9,0

Fonte: Istat, Ismea

Alla riduzione dei raccolti ha contribuito anche il particolare andamento climatico durante la campagna agraria 2004/05 che, più volte durante l'anno, non è risultata sempre favorevole alla crescita della coltura. Durante le prime fasi dello sviluppo della coltura, infatti, la siccità nelle

²Decreto del Ministero delle Politiche Agricole e Forestali del 10/08/2001 (GU n. 222 del 24/9/2001 S.O. 234)- Modificazione al decreto 4 aprile 2000 concernente il piano di regionalizzazione previsto dall'art. 3 del regolamento (CE) n. 1251/99 del Consiglio, che istituisce un regime di sostegno a favore dei coltivatori di taluni seminativi.

³Comunicato del Ministro delle Politiche Agricole e Forestali del 26/02/2003

regioni settentrionali ha rallentato la crescita delle piantine mentre l'estate fresca e umida ha favorito la ripresa delle colture. Durante la seconda metà di agosto, tuttavia, le abbondanti e violente piogge hanno provocato diffusi danni con particolare riferimento al Piemonte. L'abbondanza di precipitazioni ha rallentato, inoltre, il regolare svolgimento delle operazioni di raccolta che appare in ritardo in gran parte delle maggiori aree produttive italiane.

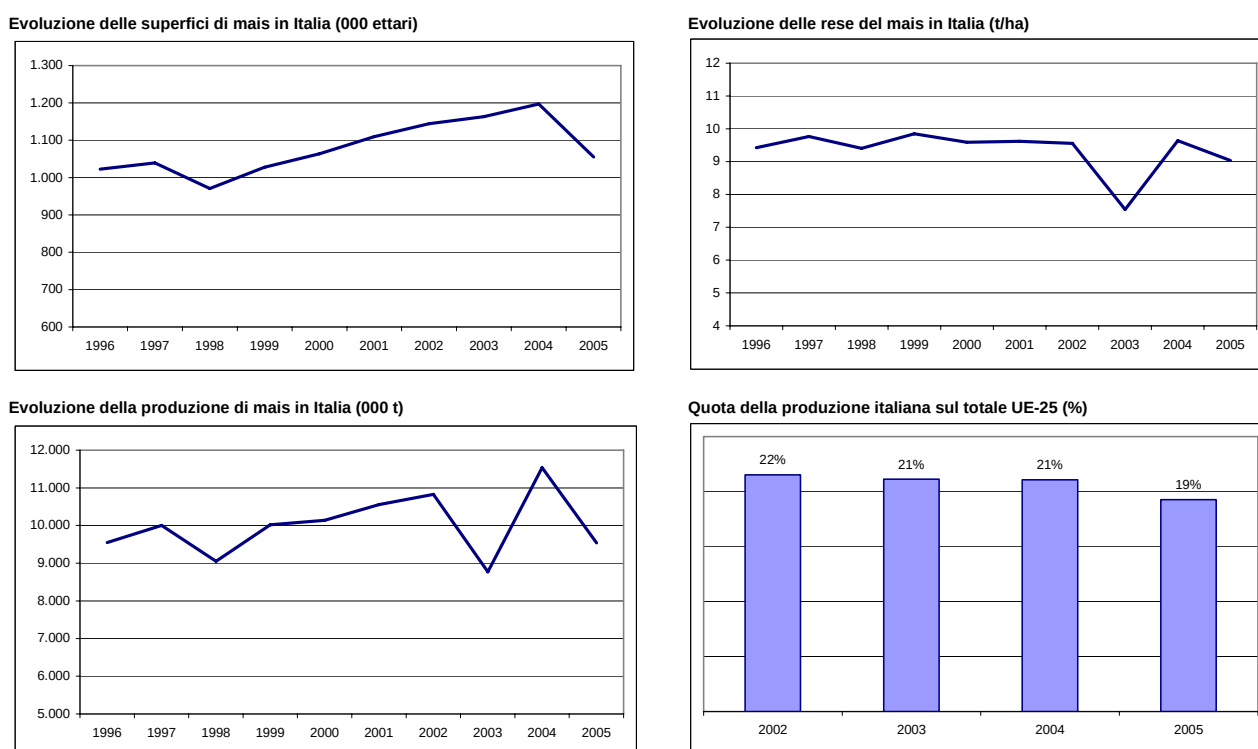


Figura 4. Evoluzione delle superfici, rese e produzione italiana di mais (1996-2005).
Fonte: Ismea, Istat, Eurostat, IGC

In linea generale, quindi, il quadro che emerge dalle prime indicazioni sul nuovo raccolto 2005 evidenzia una leggera contrazione della coltura all'interno del panorama agricolo nazionale. Facendo riferimento al dato Istat, le superfici investite nel 2005 tornano a collocarsi sui livelli del 2000, annullando, in gran parte, la spinta alla crescita esercitata dal sostegno garantito dalla Pac dopo la riforma di Agenda 2000. La forte variabilità delle rese nell'ultimo triennio ha provocato una sensibile oscillazione del livello dell'offerta che, nel caso del raccolto di quest'anno, dovrà essere ancora verificato alla luce delle effettive rese in campo. Nel confronto con la Ue a 25, invece, l'Italia conferma il proprio ruolo di secondo produttore europeo dopo la Francia mantenendo sostanzialmente inalterato il proprio contributo alla produzione comunitaria (21% nel biennio 2003-2004, 19% nel 2005).

L'andamento dei prezzi e dei costi

Durante il biennio 2001-2002, il comparto nazionale del mais è stato caratterizzato da una sostanziale debolezza delle quotazioni nazionali, provocato, in gran parte, dal costante tasso di crescita dell'offerta interna. Da luglio 2003 ad aprile 2004, i mercati sono stati infiammati dalla brusca riduzione dei raccolti nazionali ed europei che hanno spinto i prezzi fino alla soglia massima di 200 euro/t. Nel 2004 il ritorno ad una fase di buona disponibilità di prodotto nazionale ha nuovamente depresso le quotazioni con prezzi medi che si sono attestati a livelli inferiori al triennio precedente. In questo modo, nell'ultima campagna di commercializzazione, il prezzo medio dell'ibrido nazionale si è attestato a 125 euro/t con una riduzione del 25,7% nei confronti dell'anno precedente. Nonostante la prevista riduzione dell'offerta nazionale per il 2005, le quotazioni nazionali stentano ad aumentare nuovamente sulla scia del buon livello delle scorte sia italiane che europee.

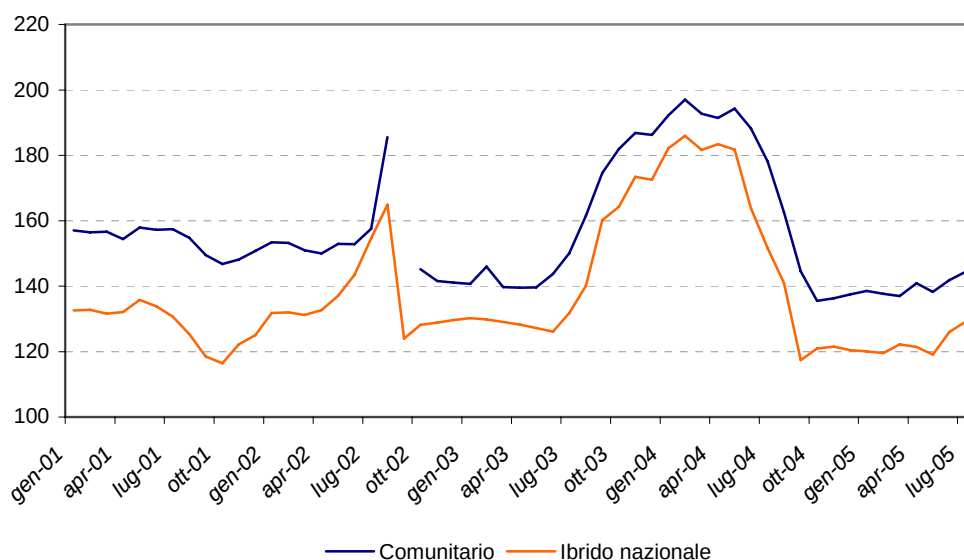


Figura 5. Evoluzione dei prezzi del mais nel mercato nazionale (euro/t).

Fonte: rete di rilevazione Ismea

Tabella 4. Evoluzione del prezzo medio del mais per campagna (euro/t)

	2001/02	2002/03	2003/04	2004/05	var. %
Comunitario	152	147	183	144	-21,3
Ibrido nazionale	129	133	168	125	-25,7

Fonte: rete di rilevazione Ismea

In base all'indice Ismea dei mezzi correnti di produzione durante il 2004 i costi relativi alla coltivazione del mais hanno registrato una crescita del 2,2% nei confronti dell'anno precedente. .

Durante questo periodo, hanno pesato in maniera particolare gli aumenti di prodotti energetici (+5,2%), concimi (+2,9%) e sementi (2,8%). Tale andamento è stato in parte compensato dal contemporaneo aumento, durante il 2004, delle quotazioni del mais nazionale ma il ritorno ad una fase di debolezza delle quotazioni italiane e il costante aumento dei prodotti energetici, lasciano prevedere per il 2005 la possibilità di una riduzione dei margini di redditività della coltura.

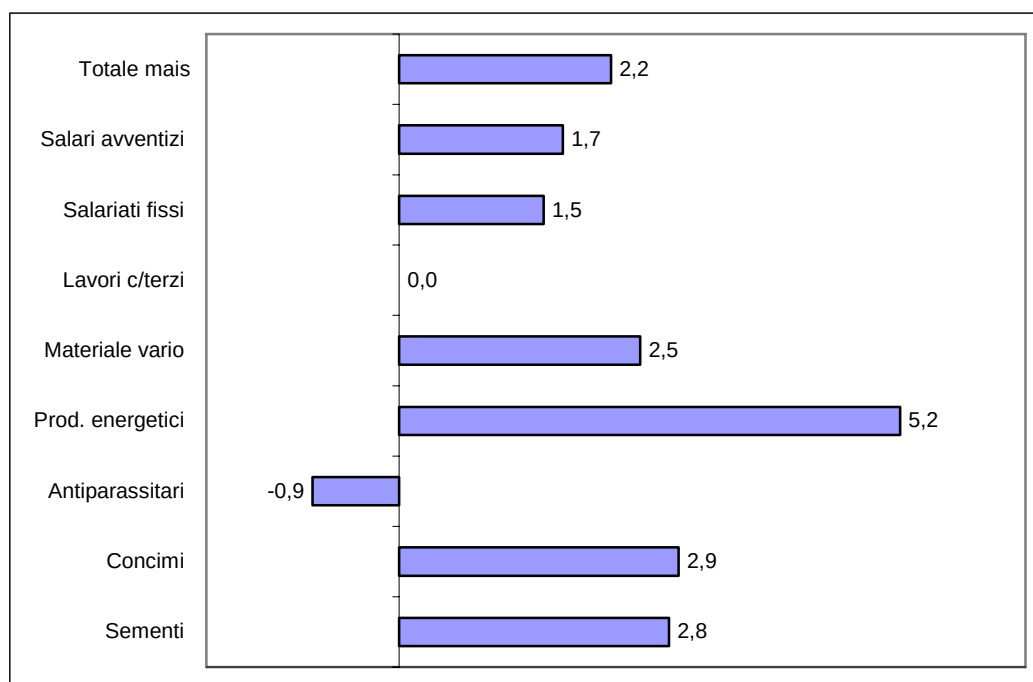


Figura 6. Variazione % 2004/03 dei prezzi dei mezzi correnti di produzione per il mais.

Fonte: Ismea

La redditività della coltura

I margini della coltura di mais sono stati calcolati sulla base di rilevazioni dirette effettuate nelle principali regioni produttrici. Le rilevazioni dirette sono state effettuate su aziende del Centro e del Nord Italia in cui la coltura di mais compare in ordinamenti specializzati in seminativi o all'interno di aziende miste anche con presenza di allevamenti da carne e da latte. Per ogni coltura sono stati rilevati i parametri tecnici ed i costi di produzione riferiti alla campagna di commercializzazione 2004-2005.

Per la rilevazione dei costi è stata ricostruita per ciascuna azienda la tecnica colturale e rilevati i costi delle lavorazioni comprensivi della raccolta, dei trattamenti e dell'irrigazione. Nel caso di lavorazioni in proprio è stato calcolato oltre al costo delle macchine anche quello della manodopera valutata secondo i locali contratti dei lavoratori agricoli, mentre nel caso del ricorso a conto terzi il prezzo effettivamente pagato per il servizio. Il costo dell'irrigazione è comprensivo del costo dell'acqua ove questa è fornita da consorzi di irrigazione o bonifica.

I dati economici hanno consentito la costruzione in ciascuna regione oggetto di rilevazione del margine di redditività della coltura comprensivo degli ammortamenti e della manodopera. Per ciascuna azienda rilevata è stato inoltre calcolato il prezzo di pareggio, cioè quel prezzo che consente, sulla base delle rese medie dichiarate di coprire i costi totali della coltura.

Tabella 5. Prezzi di pareggio il mais (euro/tonnellata)

	Mais
Piemonte	140
Lombardia	129
Veneto	129
Emilia Romagna	136
Umbria	142

Fonte: nostre elaborazioni su rilevazioni dirette

Per il mais il prezzo di pareggio è di poco superiore a quelli di campagna. Gli andamenti degli ultimi anni hanno comunque dimostrato che una riduzione delle riduzioni potrebbe avere effetti positivi sul rialzo dei prezzi in quanto i prezzi del mercato francese, principale fornitore italiano, sono più alti di circa 20 - 25 euro/ tonnellata. Non sono previsti significativi aumenti delle importazioni dai Paesi dell'Est che, dovrebbero bilanciare l'aumento delle rese e delle superfici con l'aumento della loro domanda interna causata principalmente all'aumento degli allevamenti di suini.

La rilevazione dei conti colturali in più aziende di una stessa provincia ha consentito di avere dati relativi alla coltura in diverse condizioni pedoclimatiche. Non sono invece stati presi in considerazione i premi comunitari, che essendo disaccoppiati dal primo gennaio del 2005, non concorrono più direttamente alla composizione del valore della produzione di questa, come di altre colture.

I dati di sintesi riportati nella tabella mettono in evidenza come la coltura del mais consenta di ottenere margini positivi esclusivamente nelle aree vocate della pianura padana, mentre nelle zone anche di pianura del centro Italia, compresa l'Emilia Romagna, la coltura fa registrare perdite che nella regione Umbria raggiungono i 70 euro/ha.

I margini positivi sono tuttavia piuttosto ridotti e quindi la coltura è fortemente soggetta a variazioni anche ridotte delle rese, che in questi ultimi anni sono state condizionate da ricorrenti eventi siccitosi e ai prezzi, che come visto sono determinati a livello internazionale. Tuttavia la collocazione del mais all'interno delle imprese in ordinamenti colturali specializzati fortemente integrati con le filiere zootecniche o in aziende miste con allevamenti che utilizzano direttamente il prodotto costituisce un elemento di stabilità della coltura nelle aree più vocate. Pertanto le previsioni di riduzione della coltura non vanno oltre l'attuale riduzione di circa il 10% che ha caratterizzato il primo anno di applicazione della Riforma della Politica Agricola Comune.

Tabella 6. Conto colturale Mais (valori in euro)

Aziende intervistate	Località	Prodotto	Prezzi	Prezzo di pareggio	Rese qli/ha	Ricavi	Costi variabili	Margine lordo
Azienda 1	Brescia	Granella	13,5	12,1	110,0	1.485,0	1.327,0	158,0
Azienda 2	Brescia	Mais ceroso	2,3	2,2	600,0	1.350,0	1.332,0	18,0
Azienda 3	Brescia	Granella	13,5	16,9	100,0	1.350,0	1.690,0	-340,0
Azienda 4	Brescia	Granella U:	10,2	9,3	165,0	1.688,0	1.538,0	150,0
Azienda 5	Brescia	Mais ceroso	2,3	1,8	800,0	1.800,0	1.443,0	357,0
Azienda 6	Brescia	Granella	13,5	12,2	110,0	1.485,0	1.338,0	147,0
Azienda 7	Brescia	Mais ceroso	2,3	2,4	550,0	1.237,5	1.318,0	-80,5
Azienda 8	Brescia	Granella	13,5	10,5	125,0	1.687,5	1.310,0	377,5
Media	Brescia			12,8	108,7	1.467,6	1.387,1	80,4
Azienda 1	Mantova	Granella	13,5	13,5	100,0	1.350,0	1.351,0	-1,0
Azienda 2	Mantova	Granella U.	10,0	8,5	110,0	1.100,0	940,0	160,0
Media	Mantova				105,0	1.225,0	1.145,5	79,5
Azienda 1	Cuneo	Granella	13,5	12,0	118,0	1.593,0	1.412,2	180,8
Azienda 2	Cuneo	Granella	13,5	13,8	112,0	1.512,0	1.546,0	-34,0
Azienda 3	Cuneo	Granella	13,5	11,9	118,0	1.593,0	1.410,0	183,0
Azienda 4	Cuneo	Mais ceroso	2,3	2,8	530,0	1.192,5	1.496,0	-303,5
Media	Cuneo	Granella		12,7	115,0	1.566,0	1.456,1	109,9
Media	Padova	Granella	13,5	12,9	110,0	1.485,0	1.422,0	63,0
Azienda 1	Modena	Granella	13,5	13,9	98,0	1.323,0	1.365,0	-42,0
Azienda 2	Ferrara	Granella	13,5	13,2	105,0	1.417,5	1.389,0	28,5
Media	Emilia R.			13,8	100,0	1.370,3	1.377,0	-6,8
Azienda 3	Perugia	Grannella	13,5	14,1	110,0	1.485,0	1.552,0	-67,0
Azienda 4	Perugia	Granella	13,5	14,5	95,0	1.282,5	1.376,0	-93,5
Azienda 5	Perugia	Granella	13,5	14,2	85,0	1.147,5	1.207,0	-59,5
Media	Perugia					1.305,0	1.378,3	-73,3

Il quadro internazionale ed europeo

In base alle stime dell'International Grain Council (IGC), la produzione mondiale di mais nel 2005 si dovrebbe attestare a 671,3 milioni di tonnellate con una riduzione del 4,9% nei confronti del record storico del 2004 di 706 milioni di tonnellate, sulla scia del favorevole andamento climatico in gran parte dei paesi produttori. Il valore dell'anno in analisi, tuttavia, si colloca a livelli superiori del 2003 e rappresenta il secondo migliore risultato dell'ultimo decennio. Tale tendenza è confermata anche dai tre paesi maggiori produttori (USA, Cina e Ue-25) che proseguono nella spinta alla crescita delle produzioni che ha caratterizzato i sistemi agricoli mondiali nell'ultimo quinquennio.

Tabella 7. Bilancio mondiale del mais (milioni di tonnellate)

	2003/04	2004/05	2005/06	var. %
Stock iniziali	115,6	93,6	127,0	35,7
Produzione	621,5	706,0	671,3	-4,9
- USA	256,9	299,9	273,0	-9,0
- Cina	115,8	130,0	128,0	-1,5
- Ue 25	40,3	53,7	49,5	-7,8
- Brasile	42	35,0	42,5	21,4
Totale disponibilità	737,1	799,6	798,3	-0,2
Commercio	80,3	76,1	77,9	2,4
Consumi	643,6	672,6	668,2	-0,7
- alimentazione umana	171,2	177,3	183,6	3,6
- alimentazione animale	444,4	466,7	456,7	-2,1
Stock finali	93,6	127,0	130,1	2,4

Fonte: International grain council (IGC)

Il buon livello degli stock iniziali contribuisce a mantenere sostanzialmente inalterate le disponibilità mondiali di granella che nel 2005 registrano una variazione del -0,2%: La lieve riduzione dei consumi mondiali (-0,7%) è ascrivibile alla contrazione degli impieghi per l'alimentazione animale (-2,1%) che viene parzialmente compensata dalla crescita degli utilizzi umani (+3,6%). Su tale andamento, tuttavia, pesa ancora l'incognita dei potenziali effetti legati all'epidemia di influenza aviaria che potrebbe provocare un'ulteriore riduzione dei consumi legati all'alimentazione del pollame. Nella campagna di commercializzazione 2004/2005 il forte aumento delle produzioni mondiali, (ed in particolare dei grandi esportatori internazionali) ha provato una brusca riduzione delle quotazioni, dopo due anni (2002/03 e 2003/04) in cui il costante tasso di crescita della domanda internazionale aveva contribuito a mantenere elevati i prezzi. Nel 2004/05 il prezzo medio della granella di mais statunitense si è attestata a 98 \$/t con una riduzione del 16% nei confronti della campagna precedente.

Tabella 8. Evoluzione dei prezzi internazionale del mais per campagna (US \$/t FOB)

	2001/02	2002/03	2003/04	2004/05	Var. %
Stati Uniti	91	108	116	98	-15,6
Argentina	91	104	110	90	-18,5

Fonte: HGCA

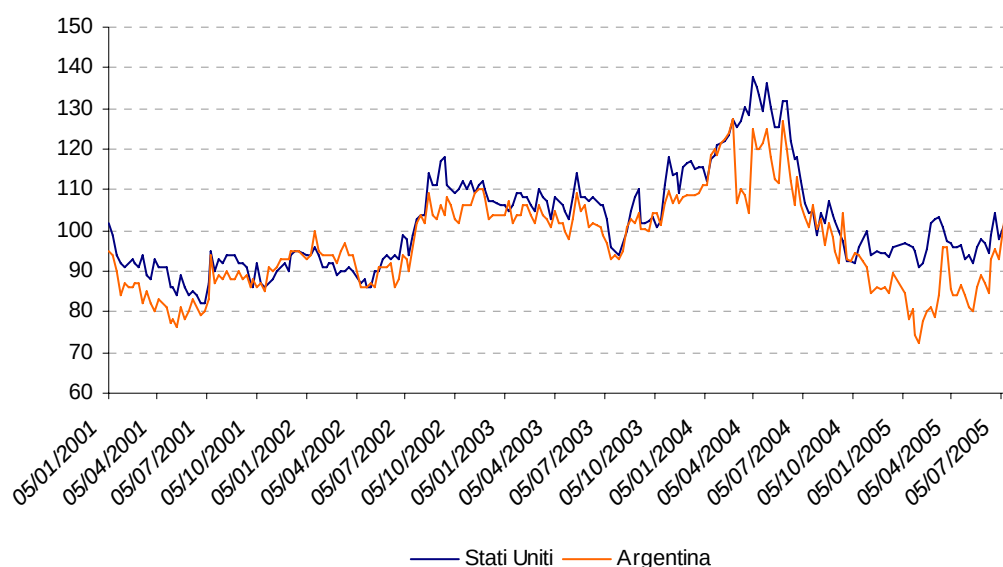


Figura 7. Evoluzione dei prezzi del mais nel mercato internazionale (US \$/t FOB).

Fonte: HGCA

La produzione di mais in Europa è di circa 40 milioni di tonnellate. La superficie investita a mais rappresenta il 12% di quella totale investita in cereali ed interessa il 35% delle aziende cerealicole europee, questo per la presenza di aziende piccole e piccolissime anche di molto inferiori alla media delle altre aziende cerealicole. Il principale paese produttore a livello europeo è la Francia, che detiene il 41,2% della superficie comunitaria e produce il 40,4% dell'intera offerta della Ue. Seconda per importanza è l'Italia, le cui quote di superficie e produzione si aggirano intorno al 26%. Ultimo per importanza il Portogallo: sul 3% della superficie viene prodotto l'1,9% dell'offerta: le rese in questo paese sono le più basse d'Europa, appena 5,67 ton/ha.

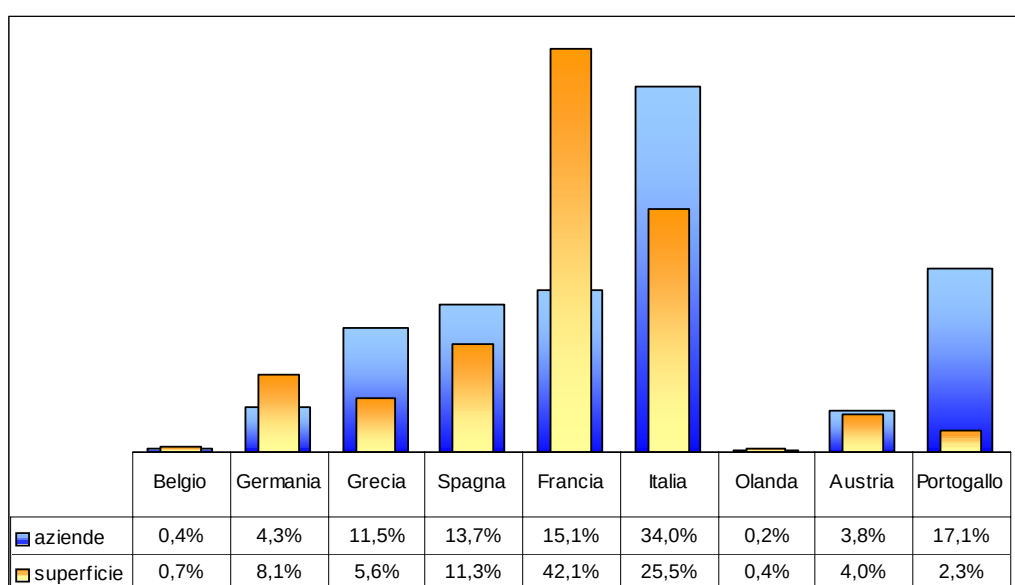


Figura 8. Percentuale di superficie e aziende a mais in Europa.

Fonte: Fonte elaborazioni Ismea su dati Eurostat

Il commercio estero italiano

Nei primi anni duemila, la progressiva crescita dell'offerta interna di granella di mais ha condotto l'Italia quasi ai livelli di autosufficienza, confinando il commercio estero del comparto ai livelli di marginalità.

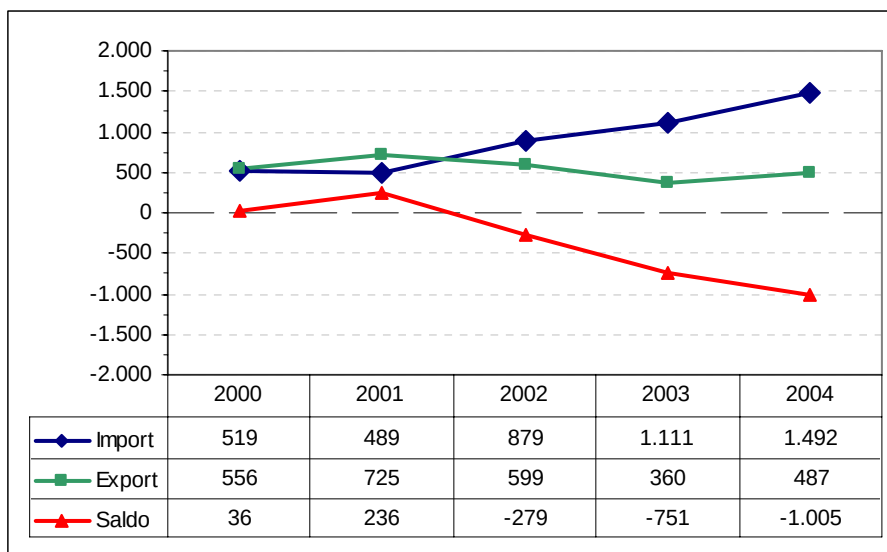


Figura 9. Evoluzione del commercio estero del mais e derivati (000 t).

Fonte: elaborazione Ismea su dati Istat

Solo nel 2003, a seguito del crollo delle produzioni interne, le importazioni di granella hanno superato la quota di un milione di tonnellate e il forte ricorso al prodotto estero è proseguito fino alla prima metà del 2004. Il dato tendenziale del 2005, tuttavia, mostra un'inversione di tendenza con le importazioni del primo trimestre che risultano in calo del 20% nei confronti dell'equivalente periodo del 2004.

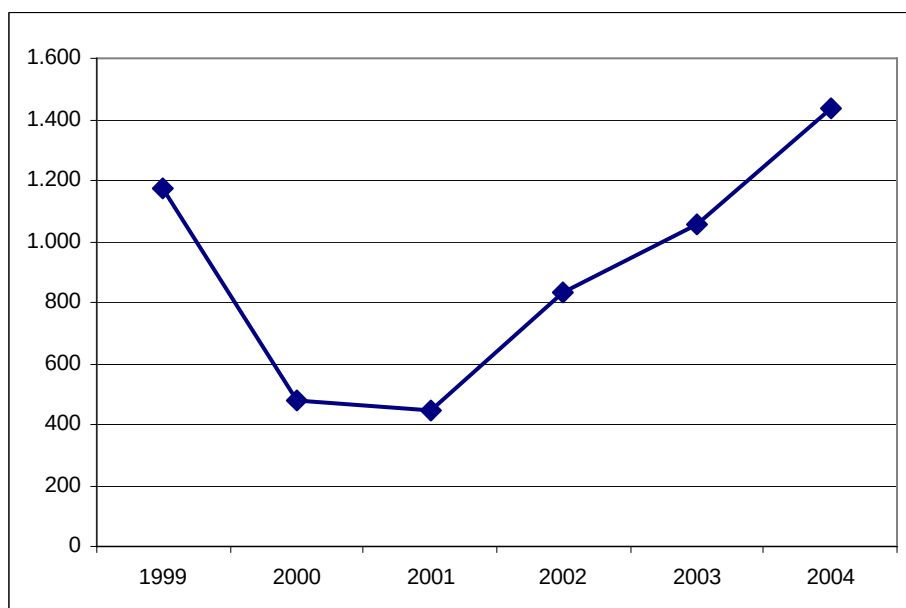


Figura 10. Evoluzione delle importazioni di granella di mais

Fonte: elaborazione Ismea su dati Istat

All'interno delle tendenze degli ultimi anni, il dato più interessante riguarda il progressivo sganciamento del mercato italiano da quello francese. Nel triennio 1999-2001 la quota di importazioni dalla Francia si è attestata ad un livello molto prossimo al 90%. A partire dal 2002, le minori disponibilità dei mercati d'oltralpe, l'ingresso sul mercato europeo dei paesi dell'est e la contemporanea riduzione delle quotazioni internazionali hanno provocato una forte frammentazione dei canali di approvvigionamento nazionali. Nel 2004 la quota francese è scesa al minimo storico del 28% a fronte del 30% del Brasile e del 10% dell'Austria. Ungheria, Romania, Bulgaria e Ucraina hanno rappresentato complessivamente il 18% del totale, lasciando prevedere, nel breve periodo, la possibilità di un consolidamento delle proprie quote di mercato.

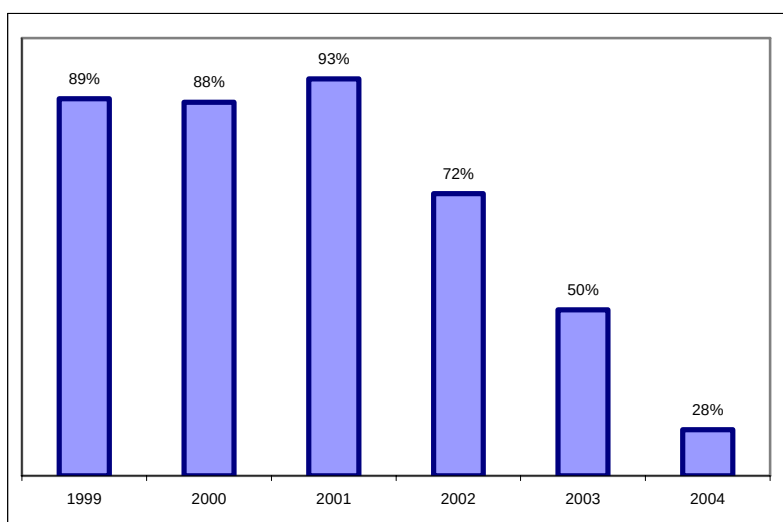


Figura 11. Quota delle importazioni di mais dalla Francia
Fonte: elaborazione Ismea su dati Istat

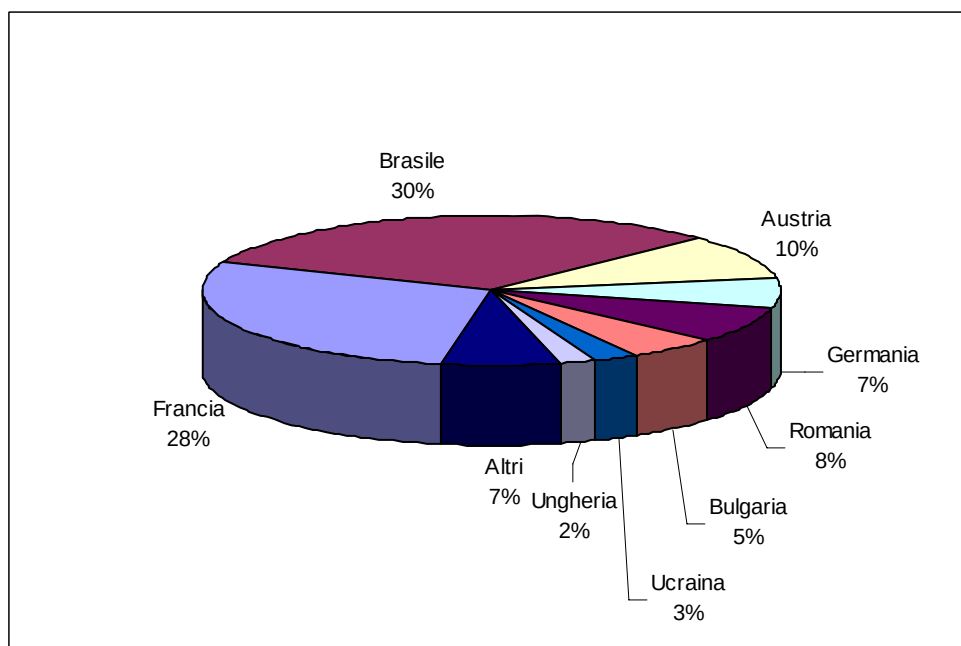


Figura 12. Ripartizione delle importazioni di mais nel 2004
Fonte: elaborazione Ismea su dati Istat

Avversità animali del mais e mezzi di difesa

P. CRAVEDI, E. MAZZONI

Istituto di Entomologia e Patologia vegetale

Università Cattolica del Sacro Cuore - Piacenza

Riassunto

Vengono riportati i principali problemi entomologici che riguardano la coltivazione del mais soprattutto nelle aree più vocate per la sua coltivazione in Italia. Accanto alle tradizionali avversità costituite da Elateridi e Nottue e alla recrudescenza degli attacchi di piralide strettamente correlati al problema delle micotossine, un nuovo fitofago, *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, è arrivato in Italia negli ultimi anni e sta destando serie preoccupazioni alla maiscoltura. Vengono segnalate avversità sporadicamente rilevanti costituite da acari e da vertebrati (mammiferi ed uccelli)

Parole chiave: piralide, diabrotica, acari, vertebrati

Summary

Animal pests of corn and control strategies

The most important entomological problems in corn cultivation above all in more suited areas for its cultivation in Italy are reported. Side by side to “traditional” pests like cutworms and click-beetles and an increase of damages produced by the european corn borer, strictly related to problem of mycotoxins, a new insect pest, *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, arrived in Italy in the last years and now it is creating problems to the corn cultivation. Moreover a few sporadic pests like mites and vertebrates (birds and mammals) are reported.

Keywords: european corn borer, western corn rootworm, mites, vertebrates

Introduzione

Il mais, coltura introdotta nell'agricoltura italiana ed europea già da diversi secoli, si deve attualmente misurare prevalentemente con fitofagi autoctoni che si sono adattati particolarmente bene a questa pianta ma, da qualche anno, anche con *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, una specie proveniente dal suo ambiente originario che si sta diffondendo in Europa destando grave preoccupazione.

Tra le avversità del mais gli insetti hanno un ruolo particolarmente importante legato alla loro dannosità e diffusione. Tuttavia non si deve trascurare il fatto che anche altri organismi animali, in particolar modo acari e alcuni vertebrati, possono talvolta arrecare danni economicamente rilevanti.

Ogni parte della pianta del mais può essere soggetta a infestazione, tuttavia i danni maggiori per frequenza e gravità si riscontrano a carico delle radici, dello stocco e della spiga.

La piralide

Ostrinia nubilalis (Hb.), nota come “piralide del mais” è, per importanza economica, il principale fitofago del mais. Si tratta di un Lepidottero appartenente alla famiglia “Pyraustidae” che ha una spiccata attitudine a scavare gallerie negli stocchi.

Gli adulti hanno una apertura alare di circa 2-3 cm e mostrano un marcato dimorfismo sessuale evidenziato soprattutto dalla diversa colorazione e dimensione delle ali, e dalle dimensioni dell’addome. Le larve neonate sono bianco giallastre con il capo nero. Quelle mature sono lunghe circa 2,5-3 cm e hanno colore nocciola con 3 bande longitudinali grigio-scuri ed una serie di tubercoli più scuri, da cui emergono delle setole con peli. La crisalide, normalmente inclusa in un bozzolo sericeo molto rado, è di colore rosso.

Si tratta di una specie originaria del continente europeo che attualmente è da considerarsi cosmopolita essendosi ampiamente diffusa in tutte le aree di coltivazione del mais. Non a caso negli Stati Uniti d’America è conosciuta come “european corn borer”.

Biologia

La specie è polifaga, ma mostra preferenze per varie graminacee coltivate (mais, sorgo, saggina). Tra le orticole i danni maggiori si riscontrano a carico di peperone, fagiolo, fagiolino. Sono frequenti infestazioni anche su colture quali barbabietola, tabacco, canapa, luppolo e ornamentali. Sono stati segnalati attacchi anche a fruttiferi con danni ai frutti su melo e ad astoni di pesco. Infine è anche noto che la specie può sviluppare a carico di varie piante spontanee quali *Artemisia* sp., *Polygonum* sp., *Chenopodium* sp., *Plantago* sp.

Si tratta di una specie polivoltina che può compiere in Italia da 2 a 3 generazioni all’anno. Risultati sperimentali recenti indicano la presenza in percentuali fino al 7,5% di individui polivoltini, mentre la stragrande maggioranza è bivoltina. In alcune aree del nord-est si sono riscontrate popolazioni monovoltine, ma con frequenze molto basse (Manichini, 2005). Le larve mature svernano in diapausa alla base ed al colletto degli stocchi. Gli adulti della generazione svernante sfarfallano all’incirca in maggio. Le femmine richiamano i maschi emettendo un feromone sessuale. L’accoppiamento avviene in genere 2-3 giorni dopo lo sfarfallamento. Le femmine depongono poi alcune centinaia di uova in ooplacche di alcune decine di uova. Le

ooplacche vengono attaccate in genere alla pagina inferiore delle foglie. L'incubazione può richiedere da 5 a 15 giorni in funzione delle temperature. Le larve della prima generazione nascono su piante di mais ancora in fase di crescita. Per questo motivo forano le foglie in accrescimento, ancora arrotolate su se stesse, determinando le caratteristiche serie di fori apicali e penetrano nel culmo scavando gallerie che a volte raggiungono l'infiorescenza maschile.

I nuovi adulti sfarfallano in luglio e depongono le uova su foglie e spighe. Le larve di questa seconda generazione, oltre allo stocco, attaccano in gran numero anche le spighe nutrendosi delle cariossidi e scavando gallerie nel tutolo e nel peduncolo. Raggiunta la maturità le larve tendono ad abbandonare la parte superiore della pianta scavando nuove gallerie nello stocco per raggiungere il colletto per lo svernamento.

Dannosità

La dannosità diretta è elevata: le gallerie che interessano il peduncolo della spiga, come pure quelle nel culmo favoriscono lo stroncamento della pianta, o la caduta a terra della spiga. Non è inoltre affatto secondario l'effetto che le gallerie hanno sulla fisiologia della pianta compromettendo la traslocazione di acqua e dei prodotti della fotosintesi (Lynch, 1980). In Italia, per i suoi attacchi si stimano annualmente perdite di produzione di circa 500000 tonnellate (Lozzia e Rigamonti, 2005). A queste perdite si devono aggiungere quelle ancor meno quantificate, ma non meno importanti, dovute allo stretto legame esistente tra gli attacchi delle larve e la produzione di micotossine. Le larve muovendosi all'interno della spiga, erodendo in modo più o meno superficiale le cariossidi favoriscono l'ingresso di funghi dei generi *Fusarium* ed *Aspegillus*, importanti produttori di micotossine. Varie esperienze indicano che esiste una forte correlazione tra il numero di larve nella pianta e, più direttamente nella spiga, ed il contenuto di micotossine nella granella alla raccolta.

Difesa e monitoraggio

Nelle aree maidicole più specializzate si sta sempre più affermando la pratica di intervenire con insetticidi contro la seconda generazione larvale. Le difficoltà logistiche per una applicazione efficace di questa pratica sono però ancora molte e sono legate principalmente alla scarsa disponibilità di apposite attrezzature in relazione alle estensioni da trattare. Questo porta in molte situazioni a problemi di "sincronizzazione" tra il trattamento e la biologia della specie, con il conseguente rischio di applicare gli insetticidi in momenti non ottimali non ottenendo quindi un reale vantaggio da un intervento che è comunque abbastanza oneroso. Fortunatamente la gamma di prodotti registrati è abbastanza ampia, consentendo l'uso di insetticidi con diverso meccanismo d'azione e ampliando così l'intervallo utile per i trattamenti. Nei vari disciplinari di lotta integrata, stilati dai servizi fitosanitari delle regioni dell'Italia settentrionale, tra i principi attivi suggeriti

figurano il “teflubenzuron” (insetticida del gruppo degli inibitori della sintesi della chitina), il “*Bacillus thuringiensis*” (insetticida microbiologico) ed una serie di altri insetticidi neurotossici ascrivibili per la quasi totalità al gruppo dei piretroidi.

Un problema non ancora risolto in maniera soddisfacente è la messa a punto di un sistema efficiente di monitoraggio delle popolazioni. Attualmente il monitoraggio delle popolazioni di piralide può essere attuato con trappole a feromoni in grado di catturare i maschi ed eventualmente utilizzando anche con attrattivi alimentari (fenil-acetaldeide) si possono attirare anche le femmine. Un certo impiego trovano anche le trappole “luminose”. Con entrambi gli strumenti i risultati sono però tutt’altro che soddisfacenti. Le trappole a feromoni catturano pochissimo e, almeno apparentemente, in modo quasi episodico, per cui non consentono di prendere decisioni riguardo al momento più opportuno in cui effettuare un trattamento insetticida. La causa degli insuccessi delle trappole a feromoni potrebbe essere legata al fatto che la miscela che compone il feromone di sintesi attualmente impiegata forse non è quella ottimale. La sostanza che viene considerata il feromone sessuale della piralide è l’11-tetradecenilacetato che presenta 2 isomeri: Z (cis) ed E (trans). Si ritiene che la miscela attrattiva sia Z:E (97:3) ma sia in Italia che negli Stati Uniti d’America esistono ceppi che rispondono alla miscela Z:E (3:97) e, sempre in Italia, sono note anche popolazioni che rispondono alla miscela Z:E (50:50). E’ pertanto piuttosto complicato scegliere il feromone più adatto, senza considerare poi il fatto che potrebbero esistere anche altre sostanze non ancora identificate nella vera miscela feromonica della piralide.

Le trappole luminose hanno invece problemi logistici perché deve essere fornita loro una fonte di energia elettrica per poter funzionare e inoltre non sono affatto selettive.

L’unico sistema attualmente sicuro per controllare il rischio per la coltura e valutare il momento più opportuno per gli interventi rimane l’osservazione e la conta diretta delle ovature in campo, con le difficoltà e l’onerosità, soprattutto in termini di tempo, che questa operazione comporta.

Sono disponibili ibridi di mais geneticamente modificati e nei quali è stato inserito il gene del *Bacillus thuringiensis* che produce una proteina con una tossicità specifica per le larve dei Lepidotteri. Tali ibridi sono largamente utilizzati negli Stati Uniti e in vari altri paesi. Il loro impiego non è attualmente autorizzato in Italia e in gran parte d’Europa.

La difesa dalla piralide rimane quindi un problema in parte aperto per la cui soluzione esistono ancora difficoltà legate a problemi tecnici ma anche a scelte di altro tipo. Certamente la destinazione delle produzioni guida le scelte da effettuare: diversa è la suscettibilità agli attacchi ed il valore economico di mais da seme e di mais dolce destinato all’industria alimentare rispetto al comune mais da granella o da trinciare. La lotta contro la piralide per il mais da seme e per il mais dolce prevede normalmente diversi trattamenti insetticidi. Tuttavia per tutte le produzioni non si può trascurare il rischio derivante dalle micotossine e del livello dei loro residui oltre le soglie

ammesse nei prodotti derivati dal mais o dagli animali con esso alimentati e destinati alla nutrizione umana sicché negli ultimi anni è progressivamente aumentata la superficie a mais trattata contro la piralide.

Nelle regioni meridionali è da segnalare la presenza di Lepidotteri Nottuidi del genere *Sesamia* (*Sesamia nonagroides* (Lef.) e *S. cretica* (Led.)). Si tratta di specie vicarianti rispetto alla piralide e che producono danni simili.

Insetti terricoli

La dannosità dei Coleotteri Elateridi e dei Lepidotteri Nottuidi è esaltata dalla pratica della semina di precisione, ormai ampiamente consolidata nella maiscoltura. L'attacco delle larve di questi fitofagi nelle fasi di avvio della coltura causa inevitabilmente la perdita della piantina colpita, il che costituisce una riduzione dell'investimento non recuperabile altrimenti.

Elateridi e Nottuidi rientrano a pieno titolo nel gruppo molto eterogeneo degli insetti terricoli che comprendono essenzialmente animali piuttosto polifagi spesso associati anche a colture diverse dal mais e a piante infestanti. Le pratiche culturali di una agricoltura moderna tendono ad esaltare gli effetti negativi della presenza degli insetti del terreno: la già citata semina di precisione, i diserbi, la monosuccessione determinano un impoverimento dell'ecosistema con la conseguenza che le larve di questi fitofagi trovano solo le plantule del mais con cui nutrirsi (Suss, 1988). Nonostante siano particolarmente temuti e certamente abbiano potenzialità di produrre danni economicamente importanti entrambi i gruppi producono attacchi solo in certe annate.

Le Nottue

I Lepidotteri Nottuidi più comunemente presenti sono *Agrotis ipsilon* (Hufn.) e *A. segetum* (Den & Schiff.).

A. ipsilon è una farfalla con apertura alare di 45 – 55 mm. Le ali anteriori sono bruno scuro con disegni caratteristici che riproducono una sorta di “Y”, da cui deriva il nome specifico. Le larve neonate sono nerastre. Il colore cambia a grigio piombo in quelle mature che presentano anche una linea dorsale più chiara. Le larve raggiungono a maturità i 40-45 mm. *A. segetum* è una farfalla leggermente più piccola della specie precedente: ha una apertura alare di 38-43 mm. Le ali anteriori sono bruno terroso con macchie chiare contornate di nero. Le larve raggiungono a maturità i 40-45 mm. Le neonate sono giallastre mentre le larve mature sono colore bruno-grigio con una serie di macchie grigie scuro e brillanti disposte dorsalmente e lateralmente sull'addome.

Le larve hanno abitudini notturne. Si nascondono nel terreno e al crepuscolo e di notte risalgono verso le piante. Le larve più giovani erodono in modo irregolare le foglie ma poi, man mano che crescono, erodono le plantule al colletto o scavano gallerie ascendenti all'interno del culmo.

Attacchi più tardivi su piante già ben affrancate al terreno determinano danni soprattutto al colletto con erosione netta delle radici avventizie fino vicino al culmo. Forti attacchi in questa fase possono compromettere parzialmente la stabilità della pianta che può spezzarsi o piegarsi con in caratteristico allettamento “a collo d’oca” che si riscontra anche in seguito agli attacchi di Diabrotica. In quest’ultimo caso però l’erosione delle radici avventizie non è mai completa ma rimane un piccolo moncherino eroso in modo irregolare e con presenza eventualmente di piccoli fori e gallerie.

A. ipsilon è una specie notoriamente migratrice: gli adulti partono dall’Africa alla fine dell’inverno e migrano verso nord in cerca di aree più fresche ed umide. Le femmine arrivano ad ovideporre fino a 2500 uova prediligendo terreni molto umidi. Le larve sono particolarmente voraci ed aggressive al punto che è abbastanza spiccato il fenomeno del cannibalismo quando le larve si trovano in gruppo. Lo sviluppo completo richiede circa 40-50 giorni in estate e 100-110 in primavera o autunno. La seconda specie invece ha un comportamento sedentario e sverna come larva matura riuscendo a compiere nel corso dell’annata 2-3 generazioni.

Sono noti i feromoni sessuali di queste come di varie altre specie di Nottuidi. Tuttavia il loro utilizzo al fine di individuare la presenza degli adulti nei campi di mais è praticamente nullo. Esiste ampio spazio per il miglioramento delle strategie di difesa contro questo gruppo di insetti. Generalmente si effettuano solo interventi di emergenza, e spesso neppure troppo tempestivi quando appaiono evidenti delle fallanze. Gli interventi sono basati sull’applicazione di insetticidi, in genere piretroidi, con abbondante bagnatura del terreno, meglio se nel tardo pomeriggio e addirittura alla sera, quando le larve riprendono la loro attività e lasciano il terreno. Migliori risultati si ottengono quando il terreno è umido (Suss, 1988).

Gli Elateridi

I Coleotteri Elateridi dannosi al mais, almeno in Italia centro-settentrionale, sono un gruppo abbastanza ampio di specie tra le quali spiccano per frequenza di ritrovamenti alcune appartenenti al genere *Agriotes*. Si tratta delle specie *Agriotes brevis* Candèze, *A. sordidus* (Illiger), *A. litigiosus* (Rossi) e *A. ustulatus* (Schaller). (Furlan *et al.*, 2000). In genere la loro distribuzione è diffusa ma l’entità degli attacchi non è omogenea ed è molto legata al tipo di avvicendamento colturale. Gli adulti sono floricoli e cercano in genere terreni con copertura vegetale per ovideporre quali prati o colture in secondo raccolto. Il ciclo di sviluppo degli Elateridi è poliennale e piuttosto lungo. Le larve compiono ciclici spostamenti verticali nel terreno, dalle zone più profonde nei periodi climatici estremi (caldo estivo e freddo invernale), alle zone più superficiali nei periodi più favorevoli dal punto di vista climatico. Qui, attirati dalle variazioni di concentrazione dell’anidride carbonica attaccano le radici dei vegetali presenti ma anche tuberi e fittoni. L’attacco consiste in

genere in piccole gallerie nelle radici e anche all'interno del culmo. Talvolta più larve possono colpire la stessa plantula chiaramente con effetti del tutto negativi per la produzione (Suss, 1988). La difesa attualmente è basata sull'uso di prodotti insetticidi impiegati come concianti. Manca tuttavia in genere la consuetudine di svolgere una attività di monitoraggio tale da consentire una valutazione del reale rischio per la coltura.

La diabrotica

Diabrotica virgifera virgifera LeConte è indubbiamente il problema emergente per la coltivazione del mais. Si tratta di un piccolo Coleottero Crisomelide originario del continente americano ed inserito nelle liste delle specie da quarantena. La sua diffusione in Europa è in atto ormai da più di una decina d'anni. Le prime segnalazioni di presenza in Italia risalgono al 1998 ed i primi danni economicamente importanti sono stati osservati nel 2002, fortunatamente in aree limitate. Attualmente risulta presente in buona parte del Piemonte, della Lombardia e in Veneto dove nonostante un intenso programma di eradicamento attuato impiegando trattamenti adulticidi, continuano le segnalazioni di nuovi focolai o l'estensione dei vecchi. In Emilia-Romagna la sua presenza è al momento limitata alle province di Piacenza e Parma.

L'adulto è di forma allungata e vagamente rettangolare ed è lungo 6-7 mm. Le femmine sono di solito più grandi dei maschi. Il capo è nero, il protorace giallo-aranciato mentre le elitre sono gialle, attraversate da tre bande scure longitudinali più o meno grandi. La variabilità della pigmentazione è però notevole.

Le larve sono giallo-biancastre, con capo bruno e una placca bruna dorsale nell'ultimo segmento addominale, un carattere che caratterizza in modo inequivocabile la specie.

D. virgifera compie 1 generazione all'anno e sverna come uovo nel terreno. Le larve nascono nella tarda primavera (mese di maggio) e attaccano le radici del mais, erodendo dapprima quelle più piccole e poi scavando gallerie in quelle più grandi. In genere i primi adulti compaiono dopo la metà di giugno e sono presenti in campo, se le condizioni climatiche lo consentono fino ad ottobre.

La gravità dell'attacco larvale è valutata in base ad una scala di danno sviluppata da ricercatori dell'università dello Iowa (USA) con classi da 1 a 6. La classe 1 indica assenza di danno e si ritiene che la classe 3 sia la soglia al di sopra della quale si abbia un apprezzabile danno economico. In presenza di infestazioni molto grandi anche gli adulti possono provocare danni importanti soprattutto erodendo le sete fiorali prima dell'impollinazione. Gli adulti tuttavia sono tendenzialmente polifagi e possono nutrirsi anche di foglie, fiori e polline di altre piante tra cui soia o leguminose foraggere.

Si tratta di una specie la cui dannosità si esplica essenzialmente in condizioni di monocoltura. Anche nel Nord America, in cui la specie è originaria, ha iniziato a provocare danni

economicamente rilevanti in conseguenza della diffusione della prolungata coltivazione del mais senza rotazione. Le condizioni ambientali nelle quali viene coltivato il mais in gran parte dell'Europa, compresa l'Italia settentrionale, si è rivelato favorevole per l'insediamento, l'espansione e l'incremento delle popolazioni di questo coleottero (Camprag & Baca, 1995). Tuttavia *D. virgifera* produce danni importanti solo con popolazioni particolarmente abbondanti. In quanto specie inserita nelle "liste di quarantena" il monitoraggio della presenza di *D. virgifera* e le conseguenti azioni di lotta rivolte, nelle zone focolaio, alla sua eradicazione sono regolate da disposizioni dei Servizi Fitosanitari.

Il metodo di controllo più efficace è la rotazione delle colture. Questa strategia trova però molte difficoltà applicative nelle zone a maggior specializzazione maidicola. Misure meno drastiche riguardano l'uso di geodisinfestanti contro le larve o i trattamenti adulticidi. Questi ultimi si sono dimostrati piuttosto efficaci nell'abbattimento delle popolazioni. In presenza di popolazioni non particolarmente numerose anche l'uso dei concianti del seme ha dimostrato una buona capacità di contenimento del danno.

L'individuazione della presenza della Diabrotica viene effettuata con trappole. I vari modelli disponibili sono essenzialmente riconducibili a 2 tipi: trappole cromotropiche che attirano gli insetti verso un pannello colorato e trappole feromonal/cairomonali che sfruttano rispettivamente il feromone di sintesi analogo a quello emesso dalle femmine o vari attrattivi alimentari.

Le trappole cromotropiche (gialle) hanno un raggio di attrazione molto limitato e catturano solo se sono presenti moltissimi insetti. Negli Stati Uniti sono state utilizzate per definire una "soglia": 5 adulti/ trappola/giorno. Non esistono però al momento conferme che tale valore sia valido anche in Italia.

Le trappole a feromoni sono invece molto attrattive e risultano particolarmente utili per accertare le prime presenze della specie in nuove zone.

Altri fitofagi

Numerose altri insetti sono in grado di compiere saltuariamente danni alla coltura, ma in genere non richiedono interventi specifici di difesa.

Spesso si tratta di specie polifaghe che trovano nel mais un ospite valido o sul quale compiono una parte del ciclo come nel caso degli afidi.

Segnalazioni di danno si hanno per attacchi prodotti dalle larve del Dittero Antomide *Delia platura* (Meigen). Le larve di questa specie sono tipicamente apode e si nutrono a spese dei semi in germinazione e delle giovani plantule. L'attacco è in genere favorito da terreni sciolti, ricchi di sostanza organica e con ristagni di umidità. Le condizioni che ostacolano la rapida germinazione dei semi aumentano il rischio di danno di questo Dittero.

Si verificano comunemente anche infestazioni di svariate specie di afidi sia sulla parte epigea (*Rhopalosiphum maidis* (Fitch), *R. padi* (L.), *Schizaphis graminum* (Rondani), *Sitobion avenae* (Fabricius)) sia sull'apparato radicale (*Tetraneura ulmi* (L.)). Per i mais destinati alla produzione di granella o di trinciati non sono necessari interventi di difesa, ma produzioni più pregiate come quelle di mais dolce o destinate alla produzione di seme possono richiedere interventi specifici che generalmente vengono effettuati con insetticidi piretroidi. E' inoltre noto un coinvolgimento di alcune di queste specie di afidi nella trasmissione di virosi alle graminacee. In particolare sussiste il rischio che alla fine della stagione vegetativa del mais, quando le piante iniziano a seccare, gli afidi presenti si spostino alla ricerca di substrati più appetibili. Se i cereali vernini sono seminati troppo precocemente vicino ad appezzamenti di mais, possono essere infestati da queste popolazioni afidiche migranti dal granoturco. In questo modo viene anche favorita la trasmissione in particolare del virus del mosaico dell'orzo (Suss e Colombo, 1992).

E' anche piuttosto comune riscontrare sintomi di attacchi di cicaline (*Zyginidia pullula* (Boheman) e *Laodelphax striatellus* (Fallen)) evidenziati da numerose piccole chiazze biancastre soprattutto sulle foglie basali. Tali sintomi tuttavia non corrispondono ad alcun danno economico.

Sono comunemente presenti anche acari fitofagi. Molto comune è il Tetranychide *Tetranychus urticae* Kock ma assai raramente si osservano pullulazioni importanti. Diverse sono sempre le situazioni sui mais da seme.

Recentemente si sono avute alcune segnalazioni, principalmente nella parte orientale della pianura padana, della presenza di *Glischrochilus quadrisignatus* (Say), un Coleottero Nitidulide che è grado di colpire le foglie ed il fusto del mais e soprattutto le cariossidi a maturazione cerosa.

Tra gli infestanti occasionali sono da ricordare anche varie specie di Coleotteri che allo stato larvale colpiscono le radici ma con danni di lieve entità: tra questi si ricordano il Carabide *Clivina fossor* (L.), come pure gli Scarabeidi *Anomala* spp. e *Pentodon punctatus* (Villers).

I Vertebrati

Occorre ricordare l'impatto che in aree collinari hanno i mammiferi selvatici: soprattutto i cinghiali.

Si tratta normalmente di aree marginali per la coltivazione del mais ma l'attacco anche di un solo esemplare adulto di questo ungulato agli appezzamenti coltivati può portare a perdite totali della produzione. Il progressivo aumento delle popolazioni di cinghiali e l'ampliamento delle loro aree di distribuzione a zone di pianura destano preoccupazioni.

Danni non sempre trascurabili derivano anche da altri vertebrati: gli appezzamenti in prossimità dei centri urbani sono talvolta soggetti all'attacco dei ratti. Questi roditori risalgono il culmo e rimuovendo le brattee delle spighe rodono le cariossidi lasciando solo il tutolo. I campi collocati a

ridosso di grossi canali o dei corsi d'acqua possono invece subire l'attacco delle nutrie che spezzano i fusti e rimuovono le spighe per nutrirsi. Poiché questi roditori non stazionano all'interno degli appezzamenti, ma hanno le tane nelle sponde dei canali, frequentano il campo solo per alimentarsi. I danni sono di norma limitati alle file esterne degli appezzamenti limitrofi ai corsi d'acqua.

Varie specie di uccelli quali colombi e corvidi sono particolarmente dannosi al momento della semina essendo in grado di dissotterrare i semi in germinazione e di rimuovere le plantule per cibarsene. L'uso di sostanze repellenti al gusto applicate al momento della semina, come ad esempio l'antrachinone, possono limitare il danno. Si possono anche adottare deterrenti "visivi" quali palloni sui quali sono dipinti dei grossi "occhi" oppure bande con colori metallici collocati al di sopra della coltura in fase di germinazione. Tuttavia questi mezzi non sono completamente risolutivi ed occorre tenere sotto controllo la loro efficienza alternandoli di frequente per evitare il verificarsi di fenomeni di assuefazione in questi volatili.

Conclusioni

La coltivazione del mais si sta da un lato confrontando con l'arrivo di un nuovo fitofago come *D. virgifera*, potenzialmente molto dannoso, e dall'altro con la recrudescenza di problemi tradizionali come la piralide, da considerare però in un'ottica nuova. L'associazione "micotossine-piralide" è attualmente un problema molto grave. Il controllo efficace delle popolazioni della piralide è urgente soprattutto per garantire la qualità e la salubrità delle produzioni.

C'è la necessità quindi di perseguire la ricerca di miglioramenti in questo settore, cercando e sperimentando nuove tecniche di coltivazione e nuove strategie di difesa.

Bibliografia

- CAMPAG D, BACA F (1995) - *Diabrotica virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae): a new pest of maize in Yugoslavia. *Pestic. Sci.* 45, 291-292.
- FURLAN L, CURTO G, FERRARI R, BORIANI L, BOURLOT G, TURCHI A (2000) Le specie di Elateridi dannose alle colture agrarie nella pianura padana. *Informatore fitopatologico*. 50 (5), 45-52.
- LOZZIA G. C., RIGAMONTI I. E. (2005) Possibilità di impiego del mais Bt in Italia. *Informatore fitopatologico*. 55 (3), 11-15.
- LYNCH R.E. (1980) European Corn Borer: yield losses in relation to hybrid and stage of corn development. *J. Econ. Entomol.* 73, 159-164.

- MANACHINI B. (2005) Uso di tcniche biomolecolari per la distinzione dei biotipi mono, bivoltini e polivoltini di *Ostrinia nubilalis* Hb. (Lepidoptera: Crambidae), In: *Atti "Congresso nazionale italiano di Entomologia"*. Perugia, Italia, 421.
- SUSS L. (1988) I parassiti terricoli del mais e mezzi di difesa. *Informatore fitopatologico*. **38** (3), 11-14.
- SUSS L., COLOMBO M. (1982) Gli afidi dei cereali. *Informatore fitopatologico*. **32** (6), 7-12.

Evoluzione del *plant breeding* e “guadagni genetici” per la maiscoltura italiana

A. VERDERIO, G. DELLA PORTA

CRA - Istituto Sperimentale per la Cerealicoltura, Sezione di Bergamo

Via Stezzano, 24 - 24126 Bergamo

Tel: 035.313132 fax: 035.316054

e-mail: verderio@iscbg.it

Riassunto

Il miglioramento genetico quale processo evolutivo delle piante coltivate è una necessità di ordine biologico. Gli odierni meccanismi evolutivi si sono configurati nel periodo 1950-1970, conosciuto come “Rivoluzione Verde”, durante il quale la perdita di variabilità genetica dovuta all’affermarsi a livello mondiale di “poche” varietà *high yielding* è stata compensata da un aumento della “*diversity on time*”, della “*diversity on reserve*”, della “*diversity in advance*” e della “*augmented diversity*”. I guadagni genetici sono stati importanti e sostenuti principalmente dalla capacità dei nuovi ibridi di adattarsi a densità di popolazione sempre più alte. La rivoluzione biotecnologia intervenuta negli anni 90 ha integrato il tradizionale *plant breeding* con i formidabili strumenti della transgenesi e della genomica molecolare. Contestualmente sono avvenute profonde modificazioni strutturali nel settore delle sementi ibride attraverso processi di integrazione orizzontale tra i *providers* di mezzi tecnici, di integrazione verticale tra gli attori della catena di produzione-distribuzione del cibo e di concentrazione delle attività in pochi gruppi di rilevanza mondiale. In tale contesto, la maiscoltura italiana, per il non recepimento delle nuove tecnologie e per l’indebolimento dell’attività di ricerca-sviluppo “*in loco*” delle nuove varietà, ha visto rallentare negli ultimi 10 anni il trend di crescita dei guadagni genetici.

Parole chiave: *plant breeding*, guadagni genetici, biotecnologie, maiscoltura italiana

Summary

Plant breeding evolution and “genetic gains” for the Italian corn production

The plant breeding, as crops evolutionary process, is a biological imperative. Today's evolutionary achievements were performed during the Green Revolution: in this period (1950-1970) thousands of local varieties were replaced by “few” high yielding hybrids. The genetic diversity losses were restored by novel kinds of biodiversity called “diversity on time, on reserve, in advance and augmented diversity”. Genetic gains in yield performance were dramatic and consistent across the last 70 years; it was primarily attributed to development of new hybrids with increasing tolerance to the stress of higher plant density. Biotechnology Revolution since 1990 has implemented the conventional GxE plant breeding with new powerful tools derived from transgenic and genomic technology. At the same time, deep changes have been observed in seed industries via horizontal integration of the technical supplies providers and via vertical integration among the food chain players involved in production up to distribution and, then, via merging of the previous activities in few international holdings. The Italian corn production chain, due to the banning of the new technologies and to the decrease in local efforts for Research and Development of new improved varieties, in the last ten years has experienced a reduction on the rate of genetic gains.

Keywords: plant breeding, genetic gains, biotechnology, Italian corn production

Il miglioramento genetico come necessità di ordine biologico

Il miglioramento genetico quale processo evolutivo delle piante coltivate è una “necessità” di ordine biologico-evolutivo. L'assenza di un adeguato livello di attività nel settore espone il sistema agricolo a situazioni di vulnerabilità genetica dovuto all’“invecchiamento” delle varietà, rilevabile da stagnazione delle rese, erraticità delle produzioni e delle caratteristiche qualitative, necessità di maggiori input agronomici (molecole di protezione e mezzi tecnici) e di complicità nelle procedure di coltivazione.

Gli odierni meccanismi evolutivi si sono configurati durante il periodo conosciuto come Rivoluzione Verde (1950-1970): poche decine di varietà “*High Yielding*” costituite da agenzie internazionali in contesto FAO come CIMMYT (frumenti), IRRI (riso) o Compagnie private

internazionali come Pioneer, Funks, N.King, Dekalb, Holden's, hanno sostituito migliaia di varietà ed ecotipi prima coltivati localmente.

Le nuove varietà erano da 2 a 5 volte più produttive per una intrinseca maggior efficienza nel trasformare l'energia solare in cibo, erano più stabili sotto le condizioni di "multistress" ed erano adattate a grandi aree di dimensione subcontinentale. Il trend positivo di aumento delle rese, della stabilità produttiva e dell'adattabilità a vaste aree continua sostanzialmente costante fino ai nostri giorni.

La contraddizione tra apparente diminuzione di variabilità genetica (*diversity*) ed aumento della stabilità produttiva e delle rese si ricompone nella nuova realtà evolutiva se si considera un aumento della:

- diversity on time (N.W. Simmonds): continua ed efficiente sostituzione delle varietà coltivate;
- diversity on reserve (D. Duvick): accanto alle poche varietà in "prima linea" (in coltivazione) esiste nella *nursery* (campo di selezione) di un programma di miglioramento una imponente quantità di variabilità in riserva: 30-40 ibridi in preiscrizione, 200-300 ibridi in testing avanzato, 2000-3000 *topcrosses* preliminari, centinaia di nuove popolazioni di base provenienti dalla ricombinazione genetica dei migliori materiali coltivati nel mondo;
- diversity in advance (D. Duvick): le resistenze genetiche alle malattie ed agli stress vengono individuati più efficientemente nei paesi dove il fattore di disturbo è più limitante (virus, malattie fogliari, stress d'acqua, stress da freddo, ecc.) e quindi vengono trasferite nell'intero germoplasma delle specie "anticipando" in questo modo le manifestazioni più virulente dei patogeni o stabilizzando la produzione nelle situazioni di stress;
- augmented diversity: nei relativamente pochi materiali coltivati ed ibridati esiste una "concentrazione" di alleli favorevoli provenienti dalla storia evolutiva della specie nelle diverse aree di coltivazione mondiali, superiore ad intere collezioni "regionali" di germoplasma.

I rischi di vulnerabilità del sistema rimangono bassi se viene immesso un sufficiente livello di attività e se non insorgono o vengono frapposti ostacoli "esterni" (fuori dalla logica evolutiva) al buon funzionamento di alcuni dei processi descritti.

La genetica molecolare, maturata in senso tecnologico-applicativo negli anni 90, ha portato formidabili strumenti per rendere più efficace il processo di selezione e per raggiungere obiettivi non ottenibili con la tecnologia precedente.

La transgenosi, almeno per gli “eventi” finora approvati dagli organismi delle comunità scientificamente evolute (USA, UE), e la genomica, con la capacità di individuare “direttamente” alleli e regioni cromosomiche favorevoli all’espressione delle caratteristiche utili nella pianta coltivata, non sembra abbiano cambiato il “contesto biologico” prima riferito. Le biotecnologie hanno invece portato profonde modificazioni “sovrastutturali” nell’organizzazione della produzione delle nuove varietà e nei soggetti deputati a questa missione.

I *providers* di varietà migliorate e di sementi ibride

Dall’inizio dell’agricoltura fino ai primi anni del 20° secolo il miglioramento genetico veniva operato dagli stessi agricoltori come una delle routinarie pratiche di coltivazione e si configurava come una attività “diffusa” e non professionale, con la riscoperta delle leggi di Mendel divenne una attività professionale e specialistica.

La scoperta del vigore ibrido della generazione F1 e l’utilizzazione dell’eterosi per il miglioramento del mais avvenne in USA negli anni 20. Negli anni ’30 e ’40 venivano sviluppate, soprattutto dal settore pubblico, le prime “linee pure” di mais e venivano prodotte “industrialmente” le sementi degli ibridi a quattro vie ad opera delle prime compagnie sementiere (Pioneer, United, Funk’s). L’origine genetica dei moderni ibridi di mais coltivati negli ambienti temperati e subtropicali è ancora oggi riconducibile alle tradizionali varietà del “*Corn Belt*” americano ed alle relative “linee” storiche della prima metà del secolo: una formidabile pressione selettiva effettuata con procedimenti classificabili fondamentalmente come selezione ricorrente reciproca, esercitata per 60 anni in centinaia di stazioni di miglioramento pubbliche e private, ha portato alla fondazione di pochi “gruppi di *breeding*” contrapposti per attitudine combinatoria e fortemente specializzati tra loro.

Negli anni ’70, come coronamento di un’attività vasta ed entusiasta condotta da stazioni di sperimentazione e da istituti universitari pubblici soprattutto Nord-americani, le linee pubbliche o comunque riconducibili a gruppi di *breeding* noti e disponibili erano largamente utilizzate come parentali dei migliori ibridi commerciali.

A partire dai primi anni '80 la ricerca pubblica viene riorientata su studi di base (o comunque non a carattere tecnologico applicativo) e sullo sviluppo di sistemi innovativi con metodi biotecnologici. Lo sviluppo delle nuove varietà viene sempre più sostenuto dalle compagnie private, alcune delle quali già operavano su base internazionale, o dalle *Seed Foundation*, che cominciano ad operare con finalità privatistica. L'evoluzione del settore sementiero è estremamente rapida e può essere compresa al 90% nel seguente quadro:

- Consolidamento di un polo privato Nordamericano, nel quale Pioneer Hi-Bred, una compagnia “complessiva” (ricerca + produzione + sviluppo commerciale), risulta fortemente egemone ed agisce su tutte le fasce di maturità ed adattamento della specie con stazioni di ricerca distribuite a livello mondiale. Holden's Corn States, una “*Seed Foundation*” dell'Iowa, si consolida come *provider* di ricerca e di linee parentali presso le 150-200 piccole società locali esistenti negli USA ed estende il proprio mercato alle grandi compagnie storiche (Dekalb, Asgrow, Northrup King, Funk's), le quali, nel contempo, sono “partecipate” delle società internazionali chimiche.
- Nascita di un polo francese fortemente sostenuto da una politica nazionale che mette a disposizione per la nascita del settore sementiero un'efficace azione della ricerca pubblica (INRA), un quadro giuridico-normativo di protezione delle azioni locali, un forte “incoraggiamento” per una connotazione locale delle attività delle società americane quali France-Mais/Pioneer e RAGT/Dekalb, un indirizzamento all'attività di produzione seme e successivamente di ricerca genetica nelle grandi cooperative (ad esempio, Limagrain, Maisadour, Coop de Pau).

Il polo francese diventa competitivo in ambito “regionale” (Francia, Germania, Benelux, Austria, Polonia, Ungheria) ibridando materiali precoci con forti connotazioni di adattamento specifico. Nel Sud dell'Europa mediterranea e continentale (Italia, Spagna, Grecia, Sud della Francia, Romania, Bulgaria) il polo privato Nord Americano risulta largamente egemone con materiali dotati di performances superiori in termini di produzione, stabilità ed adattamento.

La “rivoluzione” biotecnologica

La rivoluzione biotecnologia ha portato dalla seconda metà degli anni '90 profondi cambiamenti nel settore delle sementi ed, in generale, dei mezzi tecnici per l'agricoltura. Si è verificata una sorta di “condensazione” (*merging*) della galassia delle attività, competenze ed imprese del settore della “*life science*” in pochi nuclei di rilevanza globale. La logica interna di questo processo risiede nella

complementarietà di prodotti-competenze diversi per comporre il nuovo prodotto biotecnologico (es. il “germoplasma” delle società sementiere ed i costrutti genici delle società farmaceutiche) e nel valore di sostituzione dei nuovi prodotti (es. la tecnologia transgenica *Bt* sostituisce gli insetticidi e le compagnie che producono insetticidi; la soia o il mais *Roundup Ready* mettono fuori gioco le compagnie produttrici di erbicidi; i futuri prodotti portatori di specifici caratteri qualitativi, *output traits*, influenzano profondamente il “core business” delle società di prima trasformazione delle commodities agricole, ecc.). Le principali compagnie internazionali risultanti sono Do Pont-Pioneer e Monsanto-Dekalb-Asgrow-Holden’s-Cargill, con radice USA, ed ancora Syngenta-Northrup King-Ciba-Maisadour e Bayer-Agrevo-KWS-Limagrain-Coop de Pau-Verneuil, con radice europea.

Il miglioramento genetico convenzionale “GxE” (creare variabilità genetica attraverso la ricombinazione e sottoporre la variabilità ottenuta alla selezione dell’ambiente) continua ad essere ampiamente praticato e pienamente operativo per l’ottenimento delle nuove varietà sia convenzionali sia transgeniche. Nei grandi progetti privati di *plant breeding* (Pioneer, Monsanto, Syngenta), come portato di nuove discipline come la genomica e di *tools* quali QTL e *Molecular Markers*, il *breeder* comincia ad essere “assistito” in modo efficace da analisi molecolari per la scelta dei materiali di partenza e la selezione delle progenie segreganti. Questa integrazione tecnologica che nel futuro potrà essere decisiva, è tuttavia estremamente costosa e genotipo-specifica. Non esiste ancora in Italia e probabilmente in Europa alcun centro o parco tecnologico pubblico in grado di applicare da subito queste tecnologie allo sviluppo dei prodotti; nel momento in cui venisse creata questa funzione, occorrerebbe un periodo di 3-4 anni ed importanti risorse di laboratorio e di campo perché la tecnologia sia operativa e costituisca un effettivo supporto allo sviluppo delle varietà.

Profondamente mutata è risultata la “visione” dei nuovi soggetti industriali circa la protezione dei materiali e la proprietà intellettuale delle varietà.

Le compagnie sementiere “complessive”¹, con missione di sostituire le varietà e di assicurare il rifornimento di seme (strategico e regolato da leggi severe il rifornimento di seme ibrido), avevano tradizionalmente affidato la protezione della proprietà intellettuale (le varietà migliorate) a corpi giuridici e normative conosciute come P.V.P.A. (*Plant Variety Protection Act*), oppure come U.P.O.V. (Union pour la Protection des Obtention Vegetales), di riferimento rispettivamente negli

¹ L’attività sementiera italiana (altre specie) e l’industria sementiera italiana non è nell’insieme “complessiva” ma prevalentemente dedita alla sola moltiplicazione e commercializzazione delle sementi.

USA ed in Europa. PVPA e UPOV assicurano i diritti del Costitutore per lo “sfruttamento” della varietà migliorata e tuttavia contemplano due fondamentali “esenzioni”:

- *Farmer’s Exemption*²: diritto dell’agricoltore a riprodurre il seme acquistato per il reimpiego aziendale.
- *Breeder’s Exemption*: diritto del *breeder* e della ricerca ad utilizzare le varietà commerciali come materiali di partenza per i nuovi prodotti.

Nuovi concetti quali “varietà essenzialmente derivata” e “minima distanza genetica” vengono introdotti per impedire abusi ed assicurare condizioni di novità, unicità e distinguibilità per i nuovi prodotti derivati.

Il *breeder’s exemption* è in accordo con la natura evolutiva del miglioramento genetico/attività sementiera: una varietà o un gruppo di varietà quando occupano vaste aree “cambiano” l’intero ambiente: patogeni; interazioni “fini” di natura omeo-allelopatica con erbe spontanee, altre specie coltivate, organismi della rizosfera; pratiche agronomiche; modo di utilizzazione del prodotto, ecc. Nell’evoluzione naturale le generazioni future (più adattate) non possono che provenire dai migliori individui o varietà che nel presente “occupano” l’ambiente.

Senza *breeder right* o istituti sostitutivi, si potrebbe prefigurare, sempre in termini evolutivisti, una situazione di “deriva genetica” in ambienti non comunicanti (diversa evoluzione della specie nei “4 continenti multinazionali”).

Le società farmaceutiche ed agrochimiche affidano tradizionalmente all’Istituto del Brevetto (*Utility Patent*) la protezione della proprietà intellettuale dei propri prodotti costituiti prevalentemente da molecole chimiche completamente descritte e “depositate” nei dossier per le necessarie approvazioni e perfettamente ricostruibili dalla “concorrenza”.

Il mondo sementiero (e “contadino”) “partecipato” dall’industria della “*life science*” e dalle nuove tecnologie molecolari (costrutti genici, sequenze ed “eventi” transgenici) è stato portato ad adottare il Brevetto come forma prevalente di protezione.

Il brevetto vegetale nega il *farmer right* e soprattutto il *breeder right*. Il brevetto vegetale ha una durata superiore al brevetto “chimico”: 20-30 anni vs i 10-15 anni di un brevetto applicato ad un farmaco o ad un diserbante.

² Il *Farmer right*, così come formulato non è stato volontariamente utilizzato dalle organizzazioni dei produttori francesi i quali si sono resi disposti a pagare le *royalties* (euro 3/ha) anche in caso di reimpiego del seme aziendale, per sostenere la ricerca di varietà migliorate.

Il *Farmer right* è stato in sede internazionale (congresso di Rio sulla Biodiversità) riconsiderato come diritto degli agricoltori del terzo mondo (conservatori di una biodiversità utile per i paesi evoluti) di non pagare o di ricevere *royalties* per le varietà costituite dal miglioramento genetico internazionale.

Pur riconoscendo all'*Utility Patent* indubbi aspetti positivi quali la completa descrizione del prodotto, dei metodi e delle tecnologie di ottenimento e la “deposizione” dei materiali genetici ad uso dell'utilità pubblica, sarebbe opportuno facilitare l'accesso ad alcuni correttivi (già presenti nel Diritto Brevettuale) quali la “compulsory licence” (licenza obbligatoria) dietro riconoscimento di *subroyalties* e soprattutto ridiscutere la durata del periodo di protezione: 20-30 anni sono troppi in una logica evolucionistica.

Le compagnie hanno sviluppato con molto vigore tecniche molecolari, oggi pienamente mature ed operative, da una parte per “difendere” i propri materiali e *know how* e dall'altra per assicurarsi la libertà di operare vs le migliaia di applicazioni brevettuali di Terzi riguardanti i materiali e i metodi di ottenimento. Le grandi società hanno istituito uffici “*freedom to operate*” nei quali operano fianco a fianco specialisti molecolari, *breeders* ed esperti legali: agli uffici “*freedom to operate*” vengono sottoposti dagli “operativi” i piani di ricerca e viene chiesta “luce verde” per l'uso dei materiali di partenza, l'impiego di determinati metodi e lo sviluppo dei prodotti finiti. Anche a questo scopo sono state create complesse banche dati contenenti *fingerprinting* ed “impronte” genomiche di tutti i materiali brevettati, protetti, commercializzati o comunque disponibili: il grado di somiglianza o di diversità genetica determina lo “status” del prodotto finale in esame come “varietà iniziale” o “varietà essenzialmente derivata”. Tuttavia, data la mancanza di una metodologia ufficiale, la continua evoluzione della tecnologia e l'obiettivo difficoltà della materia, il livello di “*litigations*” in essere tra le compagnie è elevato.

La situazione italiana

Il mais è una coltura strategica per la produzione agricola italiana (plv pari a 2 miliardi di euro) per l'attività zootecnica, per l'industria di trasformazione, per l'ottenimento dei prodotti tipici di maggiore rilevanza (formaggi Grana e Provolone, prosciutti di Parma ed insaccati). Le prospettive per il futuro sono buone considerando la specie come maggior supporto per lo sviluppo dei settori deficitari (latte e zootecnia), come sostitutiva delle produzioni in crisi (zucchero da barbabietola vs dolcificante da mais), come materia prima per energia rinnovabile (etanolo e biogas).

Il maggior fattore di progresso è il miglioramento genetico e l'efficace sostituzione delle varietà che ha portato negli anni tra il 1950 e il 1990 incrementi di efficienza – produttività della coltura pari a 1,5-2 q/ha·anno e rese medie tra le più alte al mondo. Fino ad oggi il grado e la qualità del rifornimento di “prodotti genetici” dall'intera ricerca mondiale all'agricoltura italiana sono stati molto soddisfacenti. Tuttavia, negli ultimi anni si sta delineando una situazione non priva di rischi:

ridimensionamento per numero ed “*effort*” dei progetti di *breeding* condotti “*in situ*”, riduzione dell’attività di produzione seme e chiusura di alcuni impianti, perdita progressiva di *know-how* locale e di peso decisionale delle sussidiarie operative nel nostro Paese.

Il mercato italiano è costituito da 1,3-1,4 milioni di ettari con una domanda “lorda” (quantità seminata + 10% di “resi” non recuperabili) di 4.300.000 “dosi” da 25.000 semi (pari a 300.000 q di seme insaccato) per un valore globale all’azienda agricola di 170-180 milioni di euro.

Un ettaro investito in mais da seme produce mediamente 350 “dosi”, sufficienti per seminare 120 ettari di mais da consumo. La maiscoltura italiana dipende quindi da 11.500-12.500 ettari di produzione seme, allevati per una quota pari al 30% del totale in Italia, e per il restante 70% in USA, Paesi dell’Est, Francia e Turchia. Le società sementiere internazionali, proprietarie del seme parentale, a fronte della responsabilità-missione loro affidata di assicurare regolari e sufficienti rifornimenti di seme ibrido (seed security) a tutti i paesi nei quali operano, considerano loro prerogativa pianificare la produzione dei sementi ibride, secondo criteri di riduzione dei rischi ambientali (differenziazione delle aree di produzione), di riduzione dei costi di campagna (selezione delle aree economiche di maggior favore), disponibilità di idoneo ambiente tecnico (staff aziendali, grado di auto-organizzazione dei produttori) e di idoneo ambiente giuridico (protezione dei materiali, certificazione, procedure di import-export).

Gli investimenti in ricerca agraria effettuati dal settore pubblico sono preponderanti rispetto a quelli del settore privato. Nello specifico ambito del miglioramento genetico è illuminante la circostanza che la quasi totalità degli oltre 450 membri della Società italiana di Genetica Agraria siano costituiti da professionals pubblici provenienti dalle Facoltà di Agraria e di Biologia, dal CNR, dai 23 Istituti ex IRSA, dall’Enea e dai Poli Tecnologici.

Di contro, per limitarci al comparto grandi colture, è assente una industria sementiera con radici locali per i settori del mais e della soia; nei settori frumento duro, frumento tenero, riso ed orzo operano realtà sementiere volte prevalentemente alla moltiplicazione ed al commercio dei prodotti. Queste realtà sono lontane (nella loro generalità) dalla fisionomia di Compagnie Sementiere complessive che includono la specifica missione sociale di sostituire con efficacia le varietà in coltivazione (“*diversity in time*” vs vulnerabilità genetica e stagnazione-instabilità delle rese) attraverso lo sviluppo di una “*diversity in reserve*” (*nursery, testing, ricerca-sviluppo*) adeguata alla domanda del settore da “servire”.

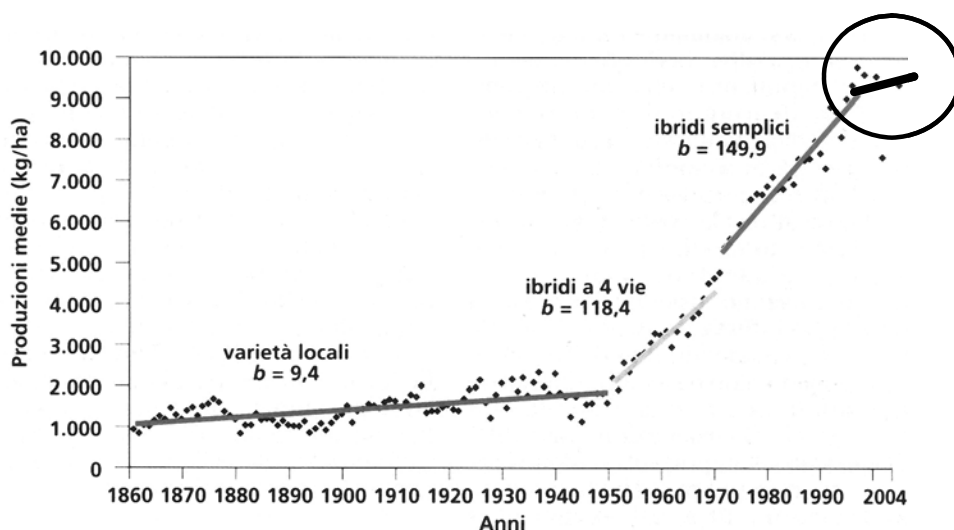
Per quantificare l’entità del mancato intervento si può prendere in considerazione il valore delle *royalties* vigenti in area comunitaria, come misura dei costi di ricerca e sviluppo sostenuti dalle compagnie in una situazione “normale”: 3 euro/ha per i cereali a paglia, 7,5-9 euro/ha per il riso, 7-

10 euro/ha per il mais. Il quadro risultante è che ogni anno dovrebbero essere investiti “*in loco*” per attività di *breeding* “evoluzionario GxE”: 7,5 milioni di euro per i cereali a paglia, sufficienti per l’attività di 20 stazioni di miglioramento condotte da altrettanti *breeders* professionali dedicati; 1,5-2,5 milioni di euro per il riso e 9-12 milioni di euro per il mais. Questo sforzo, modesto rispetto al fatturato sementi ed ancora più esiguo rispetto al valore delle produzioni ottenute, in Italia non viene fatto.

I “guadagni genetici” per la maiscoltura italiana

Dall’introduzione degli ibridi, avvenuta negli anni ’50, fino a metà dell’ultima decade del secolo scorso la maiscoltura italiana è stata efficientemente rifornita di materiali genetici che hanno permesso un aumento medio delle rese intorno ai 130-140 kg/ha pari, nelle diverse “ere” del periodo considerato, ad un valore di 1,5-2,2 punti percentuali su base annua (figura 1).

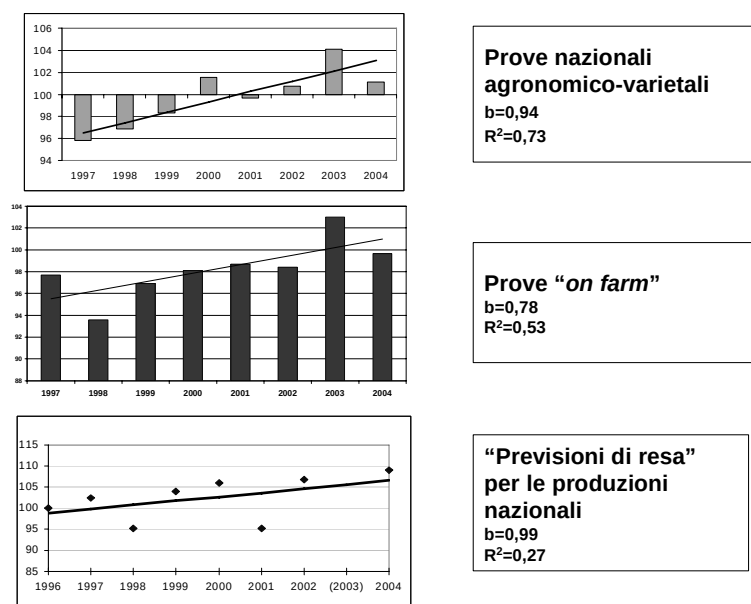
Figura 1: andamento delle rese italiane nel periodo 1860-2004



Stime recenti sull’andamento delle rese nel periodo 1997-2004 indicano una sensibile diminuzione del trend di crescita con valori annui compresi tra 0,78 e 0,99 punti percentuali o, considerando che le rese in Italia sono vicine a 10 t/ha, tra 78 e 99 kg/ha·anno.

I valori sono stati ricavati (figura 2) rielaborando le indicazioni delle reti di sperimentazioni nazionali delle varietà di mais condotte in parcelle “*ministrip*” secondo disegni sperimentali replicati (prove nazionali agronomico-varietali: 56 ibridi, 18 località, 72 repliche elementari) ed in pieno campo (rete “*on farm*”: 25 Ibridi, 60 località, parcella di pieno campo di 600-1200 m²).

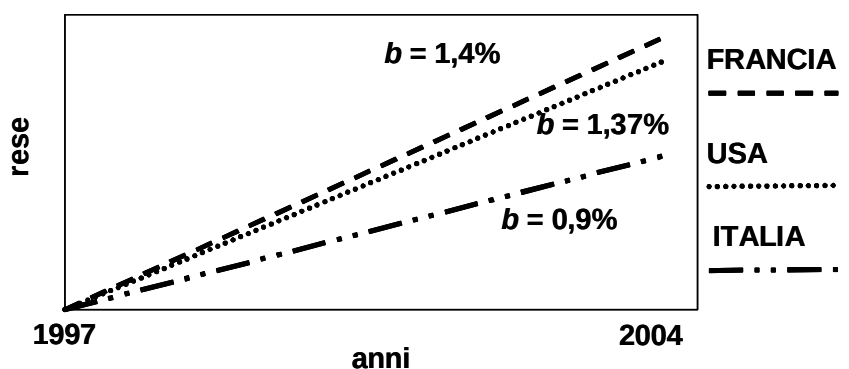
Figura 2: Stime dei guadagni genetici e dell'andamento delle rese nel periodo 1997-2004



Sono stati anche considerati i dati statistici generali delle produzioni italiane utilizzando per maggiore uniformità e affidabilità le "previsioni di produzione" prodotte ad ogni fine campagna dagli operatori del settore e dalle agenzie specializzate presso l'Associazione Granaria di Milano.

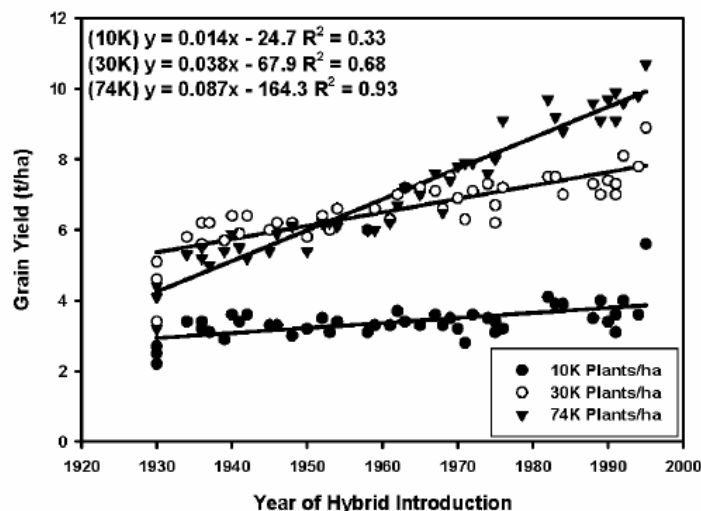
Altri paesi hanno mantenuto nello stesso periodo i "normali" trend di crescita: in figura 3 un confronto tra Francia, USA e Italia e la proiezione nel futuro della competitività delle produzioni maidicole.

Figura 3: andamento delle rese in Francia, USA e Italia nel periodo 1997-2004



Il continuo incremento della produzione per unità di superficie è imputabile principalmente allo sviluppo di ibridi con una crescente tolleranza agli stress da alto investimento ed in generale a tutti gli stress, specie di natura abiotica (Duvick, 2004).

Figura 4: andamento delle rese degli ibridi più coltivati nelle diverse epoche a 3 diversi investimenti (Duvick, 2004)



Confrontando gli ibridi più coltivati nelle diverse “ere” tra il 1950 ed il 2000 non si sono avuti cambiamenti nella produttività potenziale della singola pianta, nel rapporto pianta/spiga (*Harvest Index*) ed inoltre nella quantità di eterosi (assoluta o relativa) espressa. Sono invece cambiati profondamente il numero delle piante/m² (da 3 a 7) e tutti i caratteri morfo-fisiologici direttamente collegabili alla tolleranza agli stress da popolazione: migliori radici, stocchi più resistenti, diminuzione di piante “barren” (senza spiga), migliore *stay green*, foglie più erette, ridotta proterandria, diminuita superficie fogliare per pianta, aumentata tolleranza alla piralide. Non sono invece variati la lunghezza del ciclo, l’altezza della pianta, l’altezza dell’inserzione della spiga, l’epoca di fioritura, il numero di foglie per pianta e l’indice di area fogliare (LAI).

La rigidità dei valori dell’*Harvest Index* e del *Leaf Area Index* (LAI), pur sotto la forte pressione selettiva esercitata dai *breeders*, introduce una spiegazione del processo avvenuto in termini di fisiologia della produzione e di rapporto *sink-source*.

Nel mais la fotosintesi (*source*) non è fattore limitante e la produzione di carboidrati risulta “frenata” dalla capacità di rilocalizzazioni e di accumulo (*sink*) nella spiga e nello stocco. L’aumento di piante/m² ha avuto il significato di aggirare questa strozzatura fisiologica; essendo il LAI rimasto sostanzialmente invariato, è stato ottenuto a livello di popolazione quanto era impossibile fare a livello di singola pianta: una distribuzione della sostanza secca a favore degli organi di accumulo (spiga e stocco).

Quali cambiamenti sono intervenuti sullo specifico della situazione italiana?

Molte risposte sono derivabili dal quadro generale prima delineato, sembra tuttavia utile una puntualizzazione per meglio delineare alcuni aspetti di particolare importanza.

È senz'altro diminuito il grado di utilizzabilità e di trasferibilità nel nostro ambiente di coltivazione dei progressi della ricerca internazionale.

Il non recepimento delle nuove tecnologie della transgenesi sta isolando il nostro paese non semplicemente per la proibizione di coltivare gli ibridi transgenici per la resistenza agli insetti ed agli erbicidi totali ma anche per la creazione di barriere all'utilizzazione del germoplasma migliorato a livello globale.

I nuovi metodi di *breeding* integrano profondamente l'utilizzo del miglioramento tradizionale dei transgeni e della genomica dei QTL; in *output* ai programmi di ricerca vi sono nuove varietà transgeniche (non utilizzabili) e nuovo germoplasma, il quale risulta fortemente condizionato dalla selezione in "ambiente *Bt*" o migliorato con l'"assistenza" dei QTL, i quali si sono dimostrati genotipo-specifici ed ambiente-specifici: in definitiva anche il nuovo germoplasma risulta un materiale non "finito" e non utilizzabile senza una profonda revisione nell'ambiente *target*.

Il focus della ricerca internazionale si sta spostando su materiali con un ciclo di maturità più precoce rispetto ai "*full season*" di classe 600 e 700 ben adattati al nostro ambiente ed in grado di utilizzare integralmente i gradi di calore utili disponibili.

La coltivazione del mais ha guadagnato negli ultimi 20 anni aree di espansione a latitudini sempre più elevate. Questa tendenza è stata ben sostenuta in Francia, Nord Europa, USA e Canada da grandi impieghi nel *breeding* tradizionale assistito con le tecnologie della genomica-QTL; meno determinante è stato il ricorso all'uso dei transgeni *Bt* per la minore importanza della piralide nelle zone settentrionali.

Nel processo di selezione degli ibridi precoci è stato fortemente migliorato un *breeding group* derivato da *Iodent*, il quale è stato poi introgresso con successo nei *breeding group* tardivi, spostando il target della ricerca USA sugli ibridi di classe FAO 4-500.

L'integrazione verticale in *food chain* e *filières* dei settori della catena alimentare e la concentrazione dell'attività su pochi gruppi ha reso l'attività di miglioramento genetico meno indipendente, meno centrale rispetto alla produzione agricola e meno "evoluzionaria" nella sua impostazione.

Il tipico esempio di integrazione verticale vede strette connessioni tra i *providers* dei "*traits*" (geni che sostengono un carattere agronomico o qualitativo importante), del

germoplasma e del seme; l'attività sementiera è in stretta connessione con l'industria dei mezzi tecnici e quindi con i "raffinatori" e gli utilizzatori industriali e zootecnici per il tramite degli stoccatori e dei *traders*; recente è la saldatura con i trasformatori e la grande distribuzione.

Il miglioramento genetico "integrato" partecipa degli interessi generali della *food chain*: propensione dei settori industriali alla standardizzazione delle produzioni (vs *genetic diversity*), sforzo ed attenzione sugli *output traits* (caratteri di qualità-destinazione d'uso) funzionali alla competitività-specificità di ogni filiera, maggiori interessi nella gestione del prodotto che nella vendita del seme, attenzione ai settori più remunerativi o critici della catena (e sugli aspetti finanziari vs gli aspetti "industriali").

Bibliografia

- DUDLEY J (2003) Plant breeding and biotechnology: a perspective on myths and realities. In: *Preceedings of 58th Annual Corn & Sorghum Research Conference*, Chicago, USA
- DUVICK DN (2004) Progress in a long term (75 year) maize breeding program for Central Iowa. In: *Preceedings of 59th Annual Corn & Sorghum Research Conference*, Chicago, USA
- DUVICK DN, SMITH JSC, COOPER M (2004) Long Term selection in a commercial hybrid maize program. In: *Plant Breeding Reviews*" ed. by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, **24**, part 2, 109-151.
- GOULD A (2002) The impact of the 3rd Wave of Biotechnology. In: *Preceedings of 57th Annual Corn & Sorghum Research Conference*, Chicago, USA
- HALLAUER AR, RUSSELL WA, LAMKEY KR (1988) Corn breeding. In: "*Corn and Corn Improvement*", ed. by G.F. Sprague and J.W. Dudley, third edition. Crop Science Society of America, Madison, Wisconsin.
- HEFFERNAN B (2003) The concentration of ownership in the food system. In: *Preceedings of 58th Annual Corn & Sorghum Research Conference*, Chicago, USA
- JOHNSON GR (2004). Marker assisted selection. In: "*Plant Breeding Reviews*" ed. by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, **24**, Part 1, 296-310
- SIMMONDS, N.W. (1991). Bandwagons I have known. Tropical Agriculture Association Newsletter. December, 7-10.
- SMITH JSC, DUVICK DN, SMITH OS, GRUNST A, WALL SJ (1999). Effects of hybrid breeding on genetic diversity of maize. 119-126. In: "*The Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops*", ed. by . J.G. Coors and S. Pandey. Crop Science Society of America. Madison, Wisconsin.

- TREAT C (2003) Inventory Management of Biotech Seeds: Control/Stacking. In: *Preceedings of 58th Annual Corn & Sorghum Research Conference*, Chicago, USA
- TROYER AF 1999. Background of U.S. hybrid corn. *Crop Sci.*, **39**,601–626.
- TROYER AF 2000. Temperate corn – background, behavior, and breeding.. In “*Specialty Corns*”, ed. by A.R. Hallauer. CRC Press. Boca Raton, Florida, 393- 466
- VERDERIO A, VENTURELLI B (1987) Come sono stati realizzati gli obiettivi del miglioramento genetico del mais: materiali ed ideotipi. *Informatore Agrario*, **7**, 60-62
- VERDERIO A (2005) I guadagni genetici nella maiscoltura italiana. In: *Atti: “La giornata del mais”*, Bergamo, Italia

Le novità nell'evoluzione della flora infestante del mais

A. A. SAGLIA¹, P. VIGGIANI², G. ZANIN³

(1) Settore Fitosanitario - Regione Piemonte

(2) Dip. di Scienze e Tecnologie Agroambientali - Università degli Studi di Bologna

(3) Dip. di Agronomia Ambientale e Produzioni Vegetali - Università degli Studi di Padova

Riassunto

Le malerbe del mais comprendono tre categorie di specie: piante esotiche, piante pre-adattate da sempre presenti nel biotopo agricolo ma che solo di recente si sono inserite all'interno dei campi coltivati e le malerbe classiche da sempre presenti nel mais.

Sono prese in considerazione 16 specie di recente diffusione che afferiscono al gruppo delle esotiche e delle piante pre-adattate: *Abutilon theophrasti*, *Acalypha virginica*, *Amaranthus rudis*, *Apios americana*, *Bidens frondosa*, *Cyperus esculentus*, *Datura stramonium*, *Galinsoga ciliata*, *Helianthus tuberosus*, *Humulus lupulus*, *Nicandra physalodes*, *Physalis alkekengi*, *Phytolacca americana*, *sicyos angulatus*, *Siegesbeckia orientalis*, *xanthium strumarium*.

Oltre alle caratteristiche biologiche ed ecologiche si è considerata anche la dinamica espansiva delle stesse.

Vengono discusse infine le ipotesi gestionali per limitare l'inserimento di dette specie all'interno dei campi coltivati.

Summary

There are three categories of weed species in corn: exotic plants, pre-adapted plants (that have always been present in the agricultural biotope and have only recently spread also in the crop areas), and classic weeds which are always presented in corn.

16 species of recent diffusion, and part of the exotic group and pre-adapted plants, are took into consideration: *Abutilon theophrasti*, *Acalypha virginica*, *Amaranthus rudis*, *Apios americana*, *Bidens frondosa*, *Cyperus esculentus*, *Datura stramonium*, *Galinsoga ciliata*, *Helianthus tuberosus*, *Humulus lupulus*, *Nicandra physalodes*, *Physalis alkekengi*, *Phytolacca americana*, *sicyos angulatus*, *Siegesbeckia orientalis*, *xanthium strumarium*.

Besides biological and ecological characteristics, the spreading dynamics of these species is studied.

Finally the management hypotheses for limiting the introduction of these species in the crop areas are discussed.

Introduzione

L'evoluzione delle comunità di malerbe è veloce e continua; ogni 4-6 anni gli agricoltori devono resettare il proprio programma di lotta per adeguarlo ai cambiamenti floristici che si sono verificati. Cronck, 1995, afferma *“Il fatto che i problemi malerbologici e le malerbe stesse evolvano così rapidamente significa che la malerbologia è in prima fila dove evoluzione, cambiamenti globali e aspetti economici della botanica si incontrano”*. Ciò evidenzia la centralità della malerbologia, disciplina che ha nello studio dell'evoluzione, dell'effetto dei cambiamenti globali sulle comunità vegetali e delle relative conseguenze economiche uno degli obiettivi principali.

Sono numerose le chiavi di lettura con cui si può affrontare il tema dell'evoluzione delle comunità di malerbe. Si è scelta quella dell'origine delle piante infestanti che si ritrovano all'interno dei campi coltivati: infatti le piante infestanti possono provenire dal campo stesso oppure dalle zone non coltivate del biotopo agricolo, oppure da zone anche molto lontane.

Le piante infestanti che interessano le colture possono essere così suddivise in tre categorie: malerbe classiche, malerbe pre-adattate, malerbe esotiche.

Le malerbe classiche sono specie native che da sempre o da lungo tempo vivono assieme alle colture. La loro evoluzione è legata principalmente al cambiamento di frequenza delle varie specie all'interno della comunità o all'insorgenza di fenomeni di resistenza agli erbicidi.

Le malerbe pre-adattate o ruderali sono invece specie native che hanno sempre popolato le zone non coltivate del biotopo agricolo ma che, a seguito di specifici cambiamenti nella tecnica colturale (lavorazioni, diserbo, epoca di semina...) o nella gestione del territorio (frammentazione, scavi, manomissioni varie...), acquisiscono l' "interesse" per i campi coltivati diventando a tutti gli effetti delle malerbe. Cousens e Mortimer, 1995 danno la seguente definizione di pianta pre-adattata *“una specie è pre-adattata a diventare infestante quando si trova in una comunità naturale posta ad una distanza dalla coltura compatibile con il raggio di dispersione dei suoi propagali e può diventare dominante entro la coltura in conseguenza a cambiamenti nella gestione agronomica del terreno”*.

Le malerbe esotiche, infine, sono specie non native che si sono naturalizzate e che hanno sviluppato la capacità di invadere i campi coltivati.

La figura 1 evidenzia il percorso delle tre categorie di malerbe, utilizzando come base la terminologia di Richardson et al., 2000, integrandola con quella di Weber, 2003 e di Cousens e Mortimer, 1995.

La presenza in una certa area delle specie esotiche è dovuta all'introduzione accidentale o intenzionale a seguito delle attività umane.

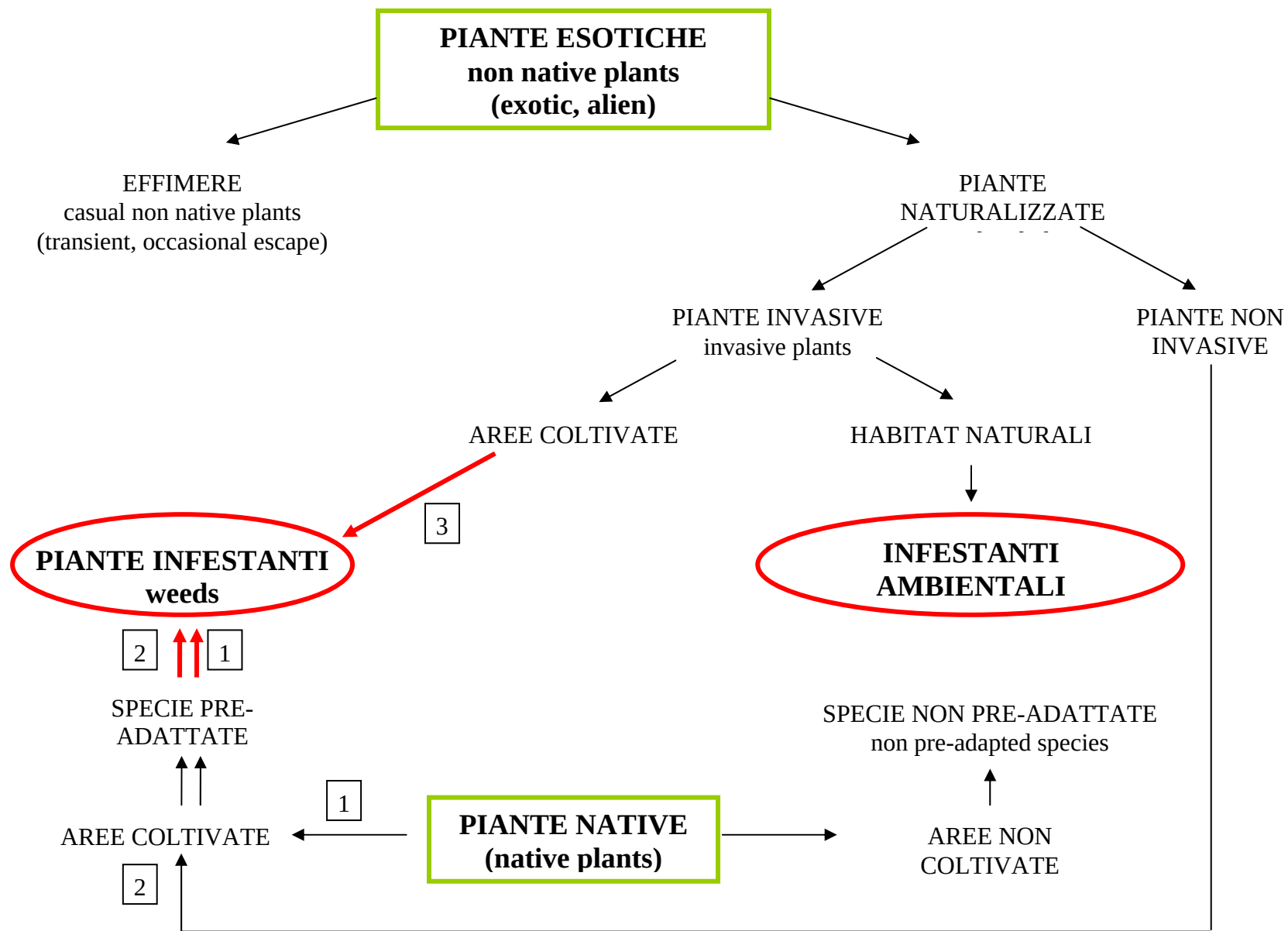


Figura 1- Dinamica delle comunità di malerbe

La maggior parte delle invasioni delle specie esotiche abortisce perché solo alcune hanno i tratti biologici ed ecofisiologici per disperdere i semi, stabilirsi, riprodursi e diffondere nell'habitat nuovo. Le specie che non sono in grado di naturalizzarsi vengono chiamate anche effimere o transitorie nel senso che compaiono, permangono per qualche tempo poi scompaiono per ricomparire dopo anni. Un esempio di questa categoria è il pomodoro spinoso selvaggio (*Solanum sodomaeum*), già segnalato da Pignatti, 1987 come ruderale nell'Italia centro-meridionale, dove persiste tutt'ora, ed ultimamente individuato, come infestante, nell'alto vicentino, dove però è sparito dopo qualche anno di presenza (Zanin, 2000).

Bisogna dire che non tutte le esotiche che si naturalizzano in un territorio diventano piante invasive, se poi le invasive invadono prioritariamente le aree coltivate queste vengono definite malerbe, se invece invadono gli habitat naturali e semi-naturali si hanno le cosiddette malerbe ambientali; la *Buddleia davidii*, prima coltivata e poi inselvaticata sui greti dei fiumi, ed il *Senecio inaequidens*, una composita pare importata dalle truppe inglesi o sudafricane durante il secondo conflitto mondiale, appartengono a quest'ultima categoria. Bisogna però anche dire che non tutti gli autori sono d'accordo nel distinguere le malerbe ambientali dalle malerbe classiche (Frost et al., 1995).

L'evoluzione all'interno delle comunità di malerbe è dovuta alla dinamica illustrata nella figura 1 e coinvolge le specie native (malerbe e malerbe pre-adattate) e le specie non native o esotiche con tratti invasivi e capaci di colonizzare i terreni coltivati.

La combinazione tra tecnica agronomica, fattori pedo-climatici e la gestione del territorio determina e guida quindi la dinamica evolutiva e i rapporti tra le tre categorie di malerbe. E' per questo che è importante capire a quale delle tre categorie appartengono le diverse specie infestanti di una coltura per poter interpretare correttamente i fenomeni e individuare i giusti accorgimenti gestionali di contrasto.

La diffusione di piante pre-adattate è favorita in particolare dal disordinato utilizzo del territorio che attualmente sta interessando ampie superfici del nostro Paese. La commistione evidente tra industria, disordinato sviluppo urbanistico e stradale ed agricoltura moltiplica nel territorio la presenza di zone fortemente manomesse sempre più in vicinanza dei campi coltivati creando le premesse perché più specie possano prima disperdere i propri propaguli all'interno dei campi ed in seguito insediarsi una volta che la gestione agronomica del terreno risulti ad esse favorevole. E' da ricordare che alcune specie non native e non invasive, dopo un periodo più o meno lungo di permanenza nel territorio in particolare nelle aree non coltivate, acquisiscono la capacità di invadere i campi coltivati comportandosi a tutti gli effetti come piante pre-adattate.

A livello territoriale l'infestazione diventa sito-specifica o a macchia di leopardo, legata cioè ad eventi specifici e non sempre generalizzabili.

La diffusione di piante esotiche è favorita *in primis* dalla globalizzazione: l'aumento dei traffici, del commercio, dei viaggi, del trasporto di merci crea le premesse perchè piante che da sempre erano rimaste nelle zone di origine si spostino molto velocemente da un continente all'altro. Non occorre essere profeti per prevedere che questa subdola introduzione continuerà a crescere nei prossimi anni. L'aumento delle specie esotiche anche all'interno dei campi coltivati è quindi una delle conseguenze accessorie della globalizzazione.

Capire che l'evoluzione delle comunità di malerbe è dovuta ad una dinamica complessa che coinvolge categorie diverse di specie (le specie dentro il campo, le specie che si trovano attorno al campo e quelle invece che provengono anche da lontano) aiuta a pensare a nuovi possibili interventi di controllo.

Il modello concettuale di Weiher e Keddy, 1999, è molto utile a questo proposito: esso evidenzia infatti che la composizione delle diverse comunità dipende dalle caratteristiche ecofisiologiche delle specie e dai "filtri ambientali" che selezionano le specie in funzione dei loro caratteri o tratti.

Un filtro è una qualsiasi situazione ambientale (naturale o agronomica) sfavorevole per una specie che non riesce così a portare a termine il proprio ciclo. Il modello concettuale di Weiher e Keddy, 1999, sottolinea che i filtri ambientali che si frappongono al successo di una specie possono essere anche numerosi (barriera riproduttiva, epoca di preparazione del terreno, diserbo, barriera spaziale....). I filtri ambientali rimuovono dal pool di specie presenti nell'agroecosistema quelle i cui tratti non sono compatibili. Sono i tratti che definiscono la funzione ecologica di una specie e sono i tratti, non le specie, che vengono selezionati dai filtri. La conseguenza gestionale di questo paradigma ecologico è che bisogna a livello agronomico inserire tutta una serie di filtri per evitare che le piante preadattate e le esotiche si inseriscano nei terreni coltivati. Sotto questo punto di vista l'utilizzo delle fasce tampone acquista una valenza ecologica ben più ampia della limitazione delle perdite di nutrienti o fitofarmaci, così come acquista valore e significato la gestione dei bordi dei campi, la gestione della tempistica degli interventi agronomici (es. epoca di semina o epoca di lavorazione del terreno...) e così via.

Dal punto di vista interpretativo l'utilità di tale modello risiede nel fatto che riduce la complessità di una comunità da una lista di specie ad una serie di tratti. Si può semplificare ulteriormente costruendo con un insieme di tratti dei gruppi funzionali di individui: un gruppo funzionale di individui contiene cioè specie con un simile set di tratti.

L'approccio scelto evidenzia quindi tutta la sua potenzialità, sia perchè può suggerire soluzioni nuove a livello gestionale sia perchè si guadagnano conoscenze predittive comprendendo la dinamica delle comunità.

La comunità di malerbe del mais è quella che assieme a quella del riso ha evidenziato l'evoluzione più imponente e veloce

Si prenderanno in considerazione le specie infestanti del mais che negli ultimi anni si sono diffuse o sono comparse di recente (Viggiani, 1988), cercando di attribuirle ad una delle tre categorie sopradette e cercando anche di individuare a grandi linee i motivi che hanno permesso il loro successo ecologico all'interno dei campi di mais. In questo contesto rientrano gli studi fatti in Italia negli anni novanta del secolo scorso sulla fenologia (Viggiani, 1995), la germinazione e emergenza (Viggiani e altri, 1996-I e II) e sull'accrescimento (Viggiani, 1990) di alcune di esse.

L'elenco non vuol essere esaustivo ma è stato redatto sulla base delle conoscenze disponibili.

Specie: **ABUTILON THEOPHRASTI Medicus**

Nomenclatura	
Sinonimi latini	<i>Abutilon avicennae</i> Gaertner
Nomi comuni italiani	Cencio molle
Famiglia botanica	<i>Malvaceae</i>
Biologia	
Gruppo biologico	Terofita (Th), annuale
Gruppo ecofisiologico	Primaverile-estiva
Tipo di dormienza	Inibizione tegumentaria (semi duri)
Produzione di semi/pianta (n°):	2000-8000
Disseminazione	Barocora (a maturazione le capsule si aprono ed i semi cadono per terra) e antropocora (macchine, liquamazioni).
Morfologia	
Radice	Fittonante
Fusto	Eretto, robusto, semilegnoso a maturità
Foglie	Cuoriformi, intere, vellutate
Fiori	Con 5 petali gialli
Frutto	Insieme di mericarpi saldati “a corona”
Seme	Reniforme, nero, opaco, 4-5 mm
Altezza pianta adulta	1-4 metri
Plasticità fenotipica	Elevata, ad alte densità riduce la ramificazione.
Approfondimento apparato radicale	Elevato, più o meno come quello del mais
Fenologia	
Periodo emergenze (picco massimo)	Tutta la primavera (fine aprile-inizio maggio)
Periodo fioritura	Da fine giugno a ottobre
Periodo disseminazione	Estate e autunno
Ecologia	
Longevità dei semi	> 5 anni
Tipo di seed bank	persistente
Scalarità di emergenza	molto elevata (da metà marzo a inizio agosto)
Profondità massima di emergenza	8 cm
Contesto agronomico	
Principali colture interessate	Bietola, mais, soia, girasole
Capacità competitiva con il mais	Medio-alta
Pratiche agronomiche favorevoli	Monosuccessione, liquamazione, minima lavorazione, mietitrebbie
Casi di resistenza a livello mondiale	Si , negli USA ed in Serbia alle s-triazine
Casi di resistenza in Italia	No
Diffusione in Italia (in Mais)	Ovunque
Importanza economica (negativa)	Elevata

Specie: **ACALYPHA VIRGINICA L.**

Nomenclatura	
Sinonimi latini	-
Nomi comuni italiani	Acalifa
Famiglia botanica	<i>Euphorbiaceae</i>
Biologia	
Gruppo biologico	Terofita (T) scap, annuale
Gruppo ecofisiologico	Primaverile prolungata
Tipo di dormienza	-
Produzione di semi/pianta (n°):	< 1000
Disseminazione	Barocora
Morfologia	
Radice	Fascicolata
Fusto	Eretto, di solito arrossato alla base
Foglie	Intere, ovali-lanceolate, denticulate sul bordo
Fiori	Poco evidenti, verdastri, senza petali; in brevi spighe apicali. I maschili, in glomeruli sottesi da una brattea dentate quelli femminili
Frutto	Capsula
Seme	Ovale, grigiastro-marrone, 1,5 mm
Altezza pianta adulta	Fino a 30 cm
Plasticità fenotipica	Poco accentuata
Approfondimento apparato radicale	Modesto
Fenologia	
Periodo emergenze (picco massimo)	Primavera e estate (inizio maggio)
Periodo fioritura	Dalla prima decade di luglio a settembre
Periodo disseminazione	Dall'inizio di agosto a metà novembre
Ecologia	
Longevità dei semi	< 5 anni
Tipo di seed bank	Mediamente persistente
Scalarità di emergenza	Elevata
Profondità massima di emergenza	2 cm
Contesto agronomico	
Principali colture interessate	Mais, soia
Capacità competitiva con il mais	Modesta
Pratiche agronomiche favorenti	Cattive sistemazioni del terreno, semine anticipate
Casi di resistenza a livello mondiale	No
Casi di resistenza in Italia	No
Diffusione in Italia (in Mais)	Veneto, Friuli, Lombardia, Piemonte
Importanza economica (negativa)	Modesta

Specie: **AMARANTHUS RUDIS** Sauer

Nomenclatura	
Sinonimi latini	<i>A. tamariscinus</i> auct. non Nutt.; <i>A. tuberculatus</i> ; <i>Acnida tamariscina</i> auct. non (Nutt.) Wood
Nomi comuni italiani	Amaranto a spiga rada
Famiglia botanica	<i>Amaranthaceae</i>
Biologia	
Gruppo biologico	Terofita (T) scap, annuale
Gruppo ecofisiologico	Estiva
Tipo di dormienza	Inibizione tegumentaria (resistenza meccanica dei tegumenti)
Produzione di semi/pianta (n°):	anche oltre 1000.000
Disseminazione	Barocora, idrocora, zoocora, antropocora (macchine agricole)
Morfologia	
Radice	Fittonante
Fusto	Eretto, fibroso, striato, molto ramificato
Foglie	Intere, ovali-lanceolate, denticulate sul bordo
Fiori	Poco evidenti. Maschili e femminili, su piante diverse, in spighe rade di verticilli
Frutto	Capsula deiscente
Seme	Lenticolare, bruno, lucido, 1 mm
Altezza pianta adulta	Fino a 2-3 m
Plasticità fenotipica	Media, taglia e ramosità variabili in funzione della densità
Approfondimento apparato radicale	Elevato
Fenologia	
Periodo emergenze (picco massimo)	Primavera (maggio)
Periodo fioritura	Luglio - settembre
Periodo disseminazione	Fine estate e autunno
Ecologia	
Longevità dei semi	-
Tipo di seed bank	Mediamente persistente
Scalareità di emergenza	Accentuata
Profondità massima di emergenza	4-5 cm
Contesto agronomico	
Principali colture interessate	Mais, soia, barbabietola
Capacità competitiva con il mais	Elevata (pianta C4)
Pratiche agronomiche favorevoli	Minima lavorazione, semine anticipate, monosuccessione
Casi di resistenza a livello mondiale	Sì, al glifosate, agli inibitori ALS e PSII in USA e Canada
Casi di resistenza in Italia	No
Diffusione in Italia (in Mais)	Emilia-Romagna, Veneto, in particolare lungo il Po
Importanza economica (negativa)	Modesta

Specie: **APIOS AMERICANA Medicus**

Nomenclatura	
Sinonimi latini	<i>Apios tuberosa</i> Moench
Nomi comuni italiani	Glicine tuberoso
Famiglia botanica	<i>Leguminosae (=Fabaceae)</i>
Biologia	
Gruppo biologico	Geofita con rizomi (G rh)
Gruppo ecofisiologico	
Tipo di dormienza	
Produzione di semi/pianta (n°):	Sterile in Italia
Disseminazione	-
Morfologia	
Radice	Con rizoma tuberoso
Fusto	Volubile e prostrato
Foglie	Composte da 5-9 segmenti lanceolati-acuti
Fiori	Papilionacei, con corolla purpurea, raccolti in densi racemi
Frutto	Legume (sterile in Italia)
Seme	--
Altezza pianta adulta	Oltre 1 m
Plasticità fenotipica	Accentuata
Approfondimento apparato radicale	Modesto
Fenologia	
Periodo emergenze (picco massimo)	Primavera (maggio)
Periodo fioritura	Piena estate
Periodo disseminazione	--
Ecologia	
Longevità dei semi	--
Tipo di seed bank	--
Scalarità di emergenza	--
Profondità massima di emergenza	--
Contesto agronomico	
Principali colture interessate	Mais e altre colture estive
Capacità competitiva con il mais	Modesta (danni da intralcio alla raccolta)
Pratiche agronomiche favorevoli	Mancata pulitura dei fossi di scolo
Casi di resistenza a livello mondiale	NO
Casi di resistenza in Italia	NO
Diffusione in Italia (in Mais)	Piemonte
Importanza economica (negativa)	Modesta

Specie: **BIDENS FRONDOSA L.**

Nomenclatura	
Sinonimi latini	<i>Bidens melanocarpa</i> Wiegand
Nomi comuni italiani	Forbicina pedunculata
Famiglia botanica	<i>Compositae</i> (=Asteraceae)
Biologia	
Gruppo biologico	Terofita (T) scap, annuale
Gruppo ecofisiologico	Primaverile-estiva
Tipo di dormienza	Fisiologica, necessario un periodo di stratificazione
Produzione di semi/pianta (n°):	10000
Disseminazione	Zoocora, idrocora, antropocora
Morfologia	
Radice	Fittonante
Fusto	Eretto, angoloso
Foglie	Composte da 3 segmenti lanceolati
Fiori	Poco evidenti, giallastri, raccolti su infiorescenze a capolino
Frutto	Acheni nerastri con 2 setole apicali (=Bidens)
Seme	Mai visibile, compreso nell'achenio
Altezza pianta adulta	Fino a 1,5 m
Plasticità fenotipica	Elevata
Approfondimento apparato radicale	Medio, più superficiale rispetto alla <i>Bidens tripartita</i>
Fenologia	
Periodo emergenze (picco massimo)	Da marzo a maggio (aprile)
Periodo fioritura	Settembre
Periodo disseminazione	Fine settembre-inizio Ottobre
Ecologia	
Longevità dei semi	>5 anni
Tipo di seed bank	Persistente
Scalareità di emergenza	Poco accentuata
Profondità massima di emergenza	3-4 cm
Contesto agronomico	
Principali colture interessate	Mais, soia
Capacità competitiva con il mais	Alta
Pratiche agronomiche favorevoli	Lavorazioni superficiali, raccolte tardive, mancata pulitura dei fossi di scolo
Casi di resistenza a livello mondiale	NO
Casi di resistenza in Italia	NO
Diffusione in Italia (in Mais)	Nord
Importanza economica (negativa)	Media

Specie: **CYPERUS ESCULENTUS L.**

Nomenclatura	
Sinonimi latini	-
Nomi comuni italiani	Zigolo dolce, Dolcichini, Bagigi
Famiglia botanica	<i>Cyperaceae</i>
Biologia	
Gruppo biologico	Geofita con rizomi (G rh), elofita (He)
Gruppo ecofisiologico	Primaverile prolungata
Tipo di dormienza	Fisiologica, necessario un periodo di stratificazione
Produzione di semi/pianta (n°):	--
Disseminazione	Barocora, idrocora
Morfologia	
Radice	Con rizomi e tuberetti annessi
Fusto	Eretto, robusto, trigono
Foglie	Lanceolate, lucide, lisce e rigide
Fiori	Poco evidenti, raccolti su infiorescenze dorate o rossastre, a pannocchia (antèla)
Frutto	Achenio trigono, beige, rugoso,
Seme	Mai visibile, compreso nel frutto
Altezza pianta adulta	60-70 cm
Plasticità fenotipica	Elevata, altezza variabile in funzione dell'ambiente di crescita, pianta comunale
Approfondimento apparato radicale	Modesto
Fenologia	
Periodo emergenze	Fine inverno-primavera
Periodo fioritura	Da luglio a ottobre
Periodo disseminazione	Autunno
Ecologia	
Longevità dei tuberi	3-5 anni
Tipo di seed bank	Poco persistente
Scalarità di emergenza	Bassa
Profondità massima di emergenza	3 cm
Contesto agronomico	
Principali colture interessate	Mais, riso, soia, orticole
Capacità competitiva con il mais	Media
Pratiche agronomiche favorevoli	Monocoltura, lavorazioni superficiali
Casi di resistenza a livello mondiale	Si
Casi di resistenza in Italia	NO
Diffusione in Italia (in Mais)	Emilia-Romagna., Lombardia e Piemonte
Importanza economica (negativa)	Media

Specie: **DATURA STRAMONIUM L.**

Nomenclatura	
Sinonimi latini	-
Nomi comuni italiani	Stramonio comune, Indormia
Famiglia botanica	<i>Solanaceae</i>
Biologia	
Gruppo biologico	Terofita (T) scap, annuale
Gruppo ecofisiologico	Estive
Tipo di dormienza	Inibizione tegumentaria, semi duri
Produzione di semi/pianta (n°):	10000-30000
Disseminazione	Barocora e antropocora
Morfologia	
Radice	Fittonante
Fusto	Prostrato o ascendente, ramificato in biforcazioni, robusto, semilegnoso da adulto
Foglie	Ovate, con grossi denti sul margine
Fiori	Imbutiformi, con petali bianchi acuti alla sommità
Frutto	Capsula deiscente, rivestita di aculei tenaci, legnosa a maturità
Seme	Reniforme, rugoso, bruno, 3 – 3,5 mm
Altezza pianta adulta	Circa 1,5 m
Plasticità fenotipica	Molto accentuata
Approfondimento apparato radicale	Elevato
Fenologia	
Periodo emergenze (picco massimo)	Da aprile a settembre (aprile)
Periodo fioritura	Da giugno a ottobre
Periodo disseminazione	Agosto e settembre
Ecologia	
Longevità dei semi	> 5 anni
Tipo di seed bank	Persistente
Scalarità di emergenza	Poco accentuata
Profondità massima di emergenza	8-10 cm
Contesto agronomico	
Principali colture interessate	Soia, mais, orticole
Capacità competitiva con il mais	Media
Pratiche agronomiche favorevoli	Minime lavorazioni
Casi di resistenza a livello mondiale	SI, inibitori PSII (atrazina) negli USA
Casi di resistenza in Italia	NO
Diffusione in Italia (in Mais)	Centro-nord
Importanza economica (negativa)	Modesta

Specie: **GALINSOGA CILIATA (Rafin) Blake**

Nomenclatura	
Sinonimi latini	<i>G. quadriradiata</i> Ruiz et Pavon; <i>G. aristulata</i> Auct.
Nomi comuni italiani	Galinsoga ispida
Famiglia botanica	<i>Compositae</i> (=Asteraceae)
Biologia	
Gruppo biologico	Terofita (T) scap, annuale
Gruppo ecofisiologico	Indifferenti
Tipo di dormienza	Fisiologica, molto ridotta
Produzione di semi/pianta (n°):	fino a 330 capolini e 10000 semi
Disseminazione	Barocora, anemocora, antropocora
Morfologia	
Radice	Fascicolata
Fusto	Eretto, striato, molto ramoso
Foglie	Intere, ovoidali, dentate sul bordo
Fiori	Piccoli, su capolini con ligule bianche e tubuli gialli
Frutto	Achenio, conico, bruno, con pappo piumoso
Seme	Mai visibile, compreso nell'achenio
Altezza pianta adulta	Fino a 80-100 cm
Plasticità fenotipica	Bassa
Approfondimento apparato radicale	Modesto
Fenologia	
Periodo emergenze (picco massimo)	Dalla prima metà di aprile, fino a tutta l'estate (più generazioni all'anno)
Periodo fioritura	Da giugno in avanti
Periodo disseminazione	Da fine giugno a novembre
Ecologia	
Longevità dei semi	3-4 anni
Tipo di seed bank	Mediamente persistente
Scalarità di emergenza	Accentuata
Profondità massima di emergenza	2-3 cm
Contesto agronomico	
Principali colture interessate	Orticole, vite, mais
Capacità competitiva con il mais	Bassa
Pratiche agronomiche favorevoli	Minime lavorazioni
Casi di resistenza a livello mondiale	Sì, agli inibitori PSII (s-triazine) nei Paesi Bassi, Germania e Svizzera
Casi di resistenza in Italia	No
Diffusione in Italia (in Mais)	Lombardia, Piemonte e Veneto
Importanza economica (negativa)	Modesta

Specie: **HELIANTHUS TUBEROSUS L.**

Nomenclatura	
Sinonimi latini	-
Nomi comuni italiani	Topinambur, Girasole del Canada
Famiglia botanica	<i>Compositae</i> (=Asteraceae)
Biologia	
Gruppo biologico	Geofita con tuberi (Gt)
Gruppo ecofisiologico	Primaverile prolungato
Tipo di dormienza	Fisiologica, necessario un periodo di stratificazione
Produzione di semi/pianta (n°):	40-150, molti però sono sterili
Disseminazione	Barocora, la diffusione avviene però soprattutto attraverso i tuberi e rizomi
Morfologia	
Radice	Rizomatosa, ingrossata
Fusto	Eretto, robusto, alto anche 2 m
Foglie	Intera, ovato-lanceolata, dentellata sul bordo
Fiori	Su capolini, tipo girasole, con ligule gialle
Frutto	Achenio piumoso
Seme	Mai visibile, perchè racchiuso sempre nel frutto
Altezza pianta adulta	Fino a 2 m
Plasticità fenotipica	Media, riduce la ramosità in funzione della densità
Approfondimento apparato radicale	Elevato
Fenologia	
Periodo emergenze	Maggio e Giugno
Periodo fioritura	Da agosto a ottobre
Periodo disseminazione	autunno
Ecologia	
Longevità dei semi	--
Tipo di seed bank	--
Scalarità di emergenza	Poco accentuata
Profondità massima di emergenza	--
Contesto agronomico	
Principali colture interessate	Mais
Capacità competitiva con il mais	Media
Pratiche agronomiche favorevoli	Minime lavorazioni, mancata pulizia dei fossi
Casi di resistenza a livello mondiale	NO
Casi di resistenza in Italia	No
Diffusione in Italia (in mais)	Lombardia, Piemonte
Importanza economica (negativa)	Modesta

Specie: **HUMULUS LUPULUS L.**

Nomenclatura	
Sinonimi latini	-
Nomi comuni italiani	Luppolo comune
Famiglia botanica	<i>Cannabaceae</i>
Biologia	
Gruppo biologico	Fanerofita (Ph) lianosa
Gruppo ecofisiologico	Primaverile stretta
Tipo di dormienza	Fisiologica, il seme necessita di un periodo di stratificazione
Produzione di semi/pianta (n°):	Quasi sterile
Disseminazione	-
Morfologia	
Radice	Orizzontali e verticali, profonde
Fusto	Volubile, spinuloso
Foglie	Opposte, palmate, spinulose, divise in 3 lobi acuti
Fiori	Maschili e femminili, su piante diverse: i primi bianco-giallastri, in pannocchie; i femminili non visibili, nascosti in pigne squamose. Spesso sterili
Frutto	Acheni
Seme	Strettamente contenuto nei frutti
Altezza pianta adulta	Fino a 10 m
Plasticità fenotipica	Elevata
Approfondimento apparato radicale	Elevato
Fenologia	
Periodo emergenze (picco massimo)	Fine marzo-giugno
Periodo fioritura	Da fine giugno a agosto
Periodo disseminazione	Settembre-ottobre
Ecologia	
Longevità dei semi	--
Tipo di seed bank	Transitorio
Scalarità di emergenza	Poco accentuata
Profondità massima di emergenza	--
Contesto agronomico	
Principali colture interessate	Mais
Capacità competitiva con il mais	Medio-bassa
Pratiche agronomiche favorevoli	Mancata pulitura dei fossi di scolo, sbancamenti
Casi di resistenza a livello mondiale	NO
Casi di resistenza in Italia	NO
Diffusione in Italia	Lombardia e Piemonte
Importanza economica (negativa)	Modesta

Specie: **NICANDRA PHYSALODES (L.) Gaertner**

Nomenclatura	
Sinonimi latini	-
Nomi comuni italiani	Nicandra
Famiglia botanica	<i>Solanaceae</i>
Biologia	
Gruppo biologico	Terofita (T) scap, annuale
Gruppo ecofisiologico	Estiva
Tipo di dormienza	
Produzione di semi/pianta (n°):	1000-2000
Disseminazione	Barocora, antropocora (es. semente inquinata)
Morfologia	
Radice	
Fusto	Ramoso, zigzagante, alto fino a 1,5 m
Foglie	Lamina ovale-lanceolata, con grossi denti sul bordo
Fiori	Corolla a campanula, azzurra con fondo chiaro. Calice avvolgente il frutto.
Frutto	Bacca, 10-15 mm
Seme	
Altezza pianta adulta	Fino a 1,5 m
Plasticità fenotipica	Elevata
Approfondimento apparato radicale	Modesto
Fenologia	
Periodo emergenze (picco massimo)	Primavera-estate
Periodo fioritura	Da luglio a ottobre
Periodo disseminazione	Settembre-ottobre
Ecologia	
Longevità dei semi	>5 anni
Tipo di seed bank	Persistente
Scalarità di emergenza	Accentuata
Profondità massima di emergenza	Meno di 5 cm (opt. a 0 cm)
Contesto agronomico	
Principali colture interessate	Orticole (carota, cipolla, ecc.), sorgo, (cotone?)
Capacità competitiva con il mais	Elevata
Pratiche agronomiche favorevoli	Lavorazioni ripetute
Casi di resistenza a livello mondiale	NO
Casi di resistenza in Italia	NO
Diffusione in Italia	Veneto e Friuli
Importanza economica (negativa)	Modesta

Specie: **PHYSALIS ALKEKENGII L.**

Nomenclatura	
Sinonimi latini	<i>Ph. franchetii</i> (Mast.)
Nomi comuni italiani	Alchechengi comune, Palloncini
Famiglia botanica	<i>Solanaceae</i>
Biologia	
Gruppo biologico	Emicriptofita (H) scap, perenne
Gruppo ecofisiologico	Primaverile
Tipo di dormienza	--
Produzione di semi/pianta (n°):	<500
Disseminazione	Barocora, zoocora
Morfologia	
Radice	Rizomatosa
Fusto	Eretto, angoloso
Foglie	Lanceolate, intere
Fiori	Petali bianchi o giallastri, saldati alla base. Calice accrescente
Frutto	Bacca racchiusa in un involucro piriforme, cartilagineo rosso- aranciato, formato dal calice accrescente
Seme	Reniforme, compresso, chiaro
Altezza pianta adulta	Fino a 70 cm
Plasticità fenotipica	Poco accentuata
Approfondimento apparato radicale	Elevato
Fenologia	
Periodo emergenze (picco massimo)	Metà marzo-maggio
Periodo fioritura	Giugno-Agosto
Periodo disseminazione	Autunno
Ecologia	
Longevità dei semi	--
Tipo di seed bank	--
Scalarità di emergenza	--
Profondità massima di emergenza	--
Contesto agronomico	
Principali colture interessate	mais
Capacità competitiva con il mais	limitata
Pratiche agronomiche favorevoli	Sbancamenti, semine precoci
Casi di resistenza a livello mondiale	NO
Casi di resistenza in Italia	NO
Diffusione in Italia	Veneto, Lombardia, Piemonte
Importanza economica (negativa)	Modesta

Specie: **PHYTOLACCA AMERICANA L.**

Nomenclatura	
Sinonimi latini	<i>Ph. decandra</i> L.
Nomi comuni italiani	Cremesina, Uva turca
Famiglia botanica	<i>Phytolaccaceae</i>
Biologia	
Gruppo biologico	Emicriptofita tuberosa (Hr t)
Gruppo ecofisiologico	Estiva
Tipo di dormienza	Inibizione tegumentaria
Produzione di semi/pianta (n°):	3000
Disseminazione	Zoocora (ornitocora) e barocora
Morfologia	
Radice	Fittonante, ingrossata
Fusto	Eretto, levigato, arrossato, robusto, con biforcazioni di rami arrossati
Foglie	Intere, ovato-lanceolate
Fiori	Con 5 petali bianchi, su peduncoli arrossati
Frutto	Bacca a forma di ciambella, neara, lucida
Seme	Nero, lucido, lenticolare
Altezza pianta adulta	Fino a 3 m
Plasticità fenotipica	Modesta, non adatta a vivere in popolamenti densi
Approfondimento apparato radicale	Elevato
Fenologia	
Periodo emergenze (picco massimo)	Aprile-maggio (fine aprile)
Periodo fioritura	Dall'inizio di luglio all'inizio di settembre
Periodo disseminazione	Autunno inoltrato
Ecologia	
Longevità dei semi	> 5 anni
Tipo di seed bank	persistente
Scalarità di emergenza	Poco accentuata
Profondità massima di emergenza	3-4 cm
Contesto agronomico	
Principali colture interessate	Mais, soia, vigneti
Capacità competitiva con il mais	Media
Pratiche agronomiche favorevoli	Lavorazioni superficiali, scarsa pulitura dei fossi
Casi di resistenza a livello mondiale	NO
Casi di resistenza in Italia	NO
Diffusione in Italia	Lombardia, Piemonte, Veneto
Importanza economica (negativa)	Modesta

Specie: **SICYOS ANGULATUS L.**

Nomenclatura	
Sinonimi latini	-
Nomi comuni italiani	Sicios
Famiglia botanica	<i>Cucurbitaceae</i>
Biologia	
Gruppo biologico	Terofita (Th)
Gruppo ecofisiologico	Primaverile prolungata
Tipo di dormienza	--
Produzione di semi/pianta (n°):	250
Disseminazione	barocora
Morfologia	
Radice	--
Fusto	Rampicante, viscoso, con cirri
Foglie	Palmate, con 5 lobi acuti
Fiori	Maschili e femminili separati: I primi con 5 petali giallo-verdastri striati ,in racemi, I femminili poco evidenti in glomeruli
Frutto	Ovoide, ricoperto di spinule dritte
Seme	Vedi frutto
Altezza pianta adulta	Lunga fino a 5 m
Plasticità fenotipica	Accentuata, adatto a vivere anche in popolamenti densi
Approfondimento apparato radicale	Limitato
Fenologia	
Periodo emergenze (picco massimo)	In primavera (aprile)
Periodo fioritura	Luglio-settembre
Periodo disseminazione	Ottobre-novembre
Ecologia	
Longevità dei semi	--
Tipo di seed bank	--
Scalarità di emergenza	Poco accentuata
Profondità massima di emergenza	10 cm (opt. 1-5 cm)
Contesto agronomico	
Principali colture interessate	Mais, soia
Pratiche agronomiche favorevoli	Lavorazioni superficiali, scarsa pulitura dei fossi
Casi di resistenza a livello mondiale	NO
Casi di resistenza in Italia	NO
Diffusione in Italia	Piemonte e Lombardia
Importanza economica (negativa)	Modesta

Specie: **SIEGESBECKIA ORIENTALIS L.**

Nomenclatura	
Sinonimi latini	-
Nomi comuni italiani	Siegesbeckia
Famiglia botanica	<i>Compositae (=Asteraceae)</i>
Biologia	
Gruppo biologico	Terofita (Th), annuale
Gruppo ecofisiologico	Primaverile prolungata
Tipo di dormienza	--
Produzione di semi/pianta (n°):	>10000
Disseminazione	Barocora, zoocora, antropocora
Morfologia	
Radice	Fascicolata
Fusto	Eretto, ramoso
Foglie	Intere, opposte, ovato-lanceolate, ricoperte di lanugine biancastra
Fiori	Poco evidenti, gialli, su capolini
Frutto	Achenio vischioso, conico
Seme	Mai visibile, racchiuso nel frutto
Altezza pianta adulta	Fino a 2 m
Plasticità fenotipica	Taglia e ramosità variabili a seconda del contesto vegetazionale
Approfondimento apparato radicale	Medio
Fenologia	
Periodo emergenze (picco massimo)	In primavera e in estate(seconda metà di aprile-prima metà di maggio)
Periodo fioritura	Da luglio a settembre
Periodo disseminazione	Da agosto a ottobre
Ecologia	
Longevità dei semi	--
Tipo di seed bank	--
Scalarità di emergenza	Poco accentuata
Profondità massima di emergenza	2,5 cm
Contesto agronomico	
Principali colture interessate	Mais, orticole, soia
Capacità competitiva con il mais	Modesta
Pratiche agronomiche favorenti	Lavorazioni superficiali
Casi di resistenza a livello mondiale	NO
Casi di resistenza in Italia	NO
Diffusione in Italia	Nord-est
Importanza economica (negativa)	Elevata

Specie: **XANTHIUM ITALICUM Moretti**

Nomenclatura	
Sinonimi latini	<i>X. echinatum</i> Auct. Fl. Ital. non Murray
Nomi comuni italiani	Nappola
Famiglia botanica	<i>Compositae</i> (=Asteraceae)
Biologia	
Gruppo biologico	Terofita (Th), annuale
Gruppo ecofisiologico	Estiva
Tipo di dormienza	Inibizione tegumentaria nel seme superiore e fisiologica, in quello inferiore del diachenio
Produzione di semi/pianta (n°):	1000-2000
Disseminazione	Zoocora, antropocora
Morfologia	
Radice	Fittonante
Fusto	Eretto, robusto, semilegnoso a maturità
Foglie	Lamina palmata e dentate sul bordo
Fiori	Non visibili, su capolini biflori e aculeati quelli femminili
Frutto	2 acheni racchiusi in ogni capolino
Seme	Mai visibili, racchiusi negli acheni
Altezza pianta adulta	Fino a 2 m
Plasticità fenotipica	Taglia, portamento e ramosità molto variabili, in funzione del contesto colturale e della densità
Approfondimento apparato radicale	Elevato
Fenologia	
Periodo emergenze (picco massimo)	Dalla seconda metà di aprile a tutta l'estate
Periodo fioritura	Tra l'ultima settimana di luglio e la prima quindicina di agosto
Periodo disseminazione	Dalla fine dell'autunno a tutto l'inverno
Ecologia	
Longevità dei semi	< 5 anni
Tipo di seed bank	Mediamente persistente
Scalareità di emergenza	Poco accentuata
Profondità massima di emergenza	10 cm
Contesto agronomico	
Principali colture interessate	Mais, orticole, soia
Capacità competitiva con il mais	alta
Pratiche agronomiche favorevoli	Minime lavorazioni
Casi di resistenza a livello mondiale	NO
Casi di resistenza in Italia	NO
Diffusione in Italia	Emilia-Romagna, Lombardia, Piemonte
Importanza economica (negativa)	Elevata

Conclusioni

Le selezione proposta evidenzia innanzitutto come le dinamiche evolutive siano molto veloci ed in grado di cambiare sostanzialmente il panorama floristico.

L'elenco coinvolge 10 diverse famiglie, la più rappresentata con 6 specie è quella delle composite (37,5%) seguita da quella delle solanacee (2 specie, 12,5%). Non sono presenti specie appartenenti alla famiglia delle graminacee.

Il 62,5 % delle specie considerate appartiene al gruppo delle esotiche invasive dei campi coltivati, il 18 % alle specie native pre-adattate, ed il 18,5% alle specie esotiche non invasive per un lungo periodo ma che ultimamente hanno acquisito la capacità di infestare i campi coltivati (Tabella 1).

Quattro specie (*Abutilon theophrasti*, *Bidens frondosa*, *Datura stramonium*, *Xanthium italicum*) presentano una diffusione generalizzata nei diversi areali maidicoli, pur con variazioni di frequenza che la mancanza di un monitoraggio recente non ci permette di quantificare. Queste 4 specie fanno parte ormai stabilmente della flora infestante del mais (Tabella 2) .

La *Acalypha virginica* e la *Galinsoga ciliata* sono in forte espansione, partendo dalle zone pedemontane dell'alta pianura lombardo-veneta, verso sud. La elevata scalarità di emergenza e la relativamente alta prolificità rendono queste due specie particolarmente invadenti. Da tenerle sotto controllo per il futuro.

In sensibile espansione sono da considerare invece il *Cyperus esculentus* ed il *Sicyos angulatus*: di queste due specie è forse la seconda quella che sembra presentare le caratteristiche di maggiore invasività.

Helianthus tuberosus, *Humulus lupulus*, *Phytolacca americana*, *Siegesbeckia orientalis* e *Physalis alkekengi* destano decisamente meno preoccupazioni per il momento, manifestando una dinamica espansiva più lenta: sono presenti solo in certe aree e non in altre. Meriterebbe approfondire gli studi per capire le condizioni ambientali ed agronomiche che favoriscono l'entrata nei campi di dette specie.

Nicandra physalodes e *Amaranthus rudis* sono due esotiche di recentissima naturalizzazione ma che dimostrano una elevata potenzialità invasiva. Al contrario di queste specie l'*Apios americana* dimostra una dinamica invasiva molto più contenuta.

Tabella 1: Origine e dinamica di diffusione e codifiche delle specie selezionate.

SPECIE	Origine e dinamica	Codice
Abutilon theophrasti	Esotica, naturalizzata da tempo, diffusione a partire dagli anni '70, presenza generalizzata nei campi coltivati	3
Acalypha virginica	Esotica, naturalizzata da tempo, diffusione a partire dagli anni '90 recente, presenza importante nei campi coltivati dell'alta pianura padano-veneta	3
Amaranthus rudis	Esotica, di recente naturalizzazione, diffusione a partire dai primi anni del 2000, presenza ancora limitata nei campi coltivati	3
Apios americana	Esotica, di recente naturalizzazione, diffusione a partire dai primi anni del 2000, presenza ancora limitata nei campi coltivati	3
Bidens frondosa	Esotica, naturalizzata da tempo, diffusione a partire dagli anni '70, presenza importante nei campi coltivati	3
Cyperus esculentus	Esotica, naturalizzata da tempo, di recente diffusione, presenza ancora limitata nei campi coltivati,	3
Datura stramonium	Esotica, naturalizzata da tempo, largamente diffusa da tempo nei campi coltivati	3
Galinsoga ciliata	Esotica, naturalizzata da tempo (ca. 100 anni), in rapida espansione nei campi coltivati	3
Helianthus tuberosus	Esotica, naturalizzata da alcuni decenni, si comporta come pre-adattata	32
Humulus lupulus	Pre-adattata	1
Nicandra physalodes	Esotica, di recentissima naturalizzazione, diffusione a partire dai primi anni del 2000, presenza ancora limitata nei campi coltivati	3
Pysalis alkekengi	Pre-adattata, sembra che sia stata introdotta nel medioevo	1
Phytolacca americana	Esotica, naturalizzata da tempo, di recente diffusione nei campi coltivati, espansione ancora limitata, si comporta da pre-adattata	32
Sicyos angulatus	Esotica, naturalizzata da tempo, in diffusione a partire da metà degli anni '90 nei campi coltivati, presenza importante in certe aree (Brescia, Rovigo, Novara...), si comporta da pre-adattata	32
Siegesbeckia orientalis	Esotica, naturalizzata da tempo, di recente diffusione nei campi coltivati	3
Xanthium italicum	Pre-adattata. In realtà appartiene ad un complesso di forme che deriva dal Nord-America. Si è diffusa solo negli ultimi 100-130 anni, soppiantando l'originario <i>X. Strumarium</i> .	1

1= specie native pre-adattate; 3= specie esotiche, naturalizzate, invasive, infestanti le colture
32= esotiche naturalizzate non invasive, pre-adattate.

Risulta evidente dalla lettura delle schede presentate che mancano ancora importanti conoscenze sulle diverse specie, in particolare per quanto riguarda il comportamento dei semi nel terreno, la capacità competitiva, l'effetto delle pratiche agronomiche etc... Compito insostituibile della SIRFI dovrebbe essere quello di organizzare sia dei monitoraggi floristici con cadenza regolare sia lo

studio della biologia ed ecologia di queste nuove specie in modo tale da avere tutte le conoscenze del caso per contrastare efficacemente le diverse specie all'inizio della loro parabola espansiva all'interno delle colture.

Tabella 2. Classificazione delle specie sulla base della loro attuale dinamica espansiva

Dinamica espansiva	Specie
Generalizzata	ABUTH, BIDFR, DATST, XANIT
Forte espansione	ACAVI, GALCI,
Sensibile espansione	CYPES, SICAN
Limitata espansione	HELTU, HUMLU, PHIAM , SIGOR, PHYAL
Inizio espansione con forte potenzialità invasiva	NICPH, AMARU
Inizio espansione	APIAM

Per concludere merita ricordare come nel futuro le infestanti del mais vedranno aumentare sempre di più la componente delle esotiche e delle piante pre-adattate che come indicazione di larga massima, in termini di frequenza sul numero di specie, rappresentano circa un terzo del corredo floristico delle attuali comunità di malerbe.

Avere questa consapevolezza rafforza anche l'interesse verso una gestione più globale della flora infestante che coinvolge non solo il campo coltivato ma tutto il biotopo agricolo ed in particolare i margini dei campi coltivati che diventano così la vera zona da "proteggere" per evitare che esotiche e pre-adattate entrino dentro i campi stessi.

Bibliografia consultata

- BASKIN C.C., BASKIN J. (1998). *Seeds. Ecology, Biogeography and Evolution of dormancy and Germination*. Academic Press.
- BOOTH B.D., MURPHY S.D., SWANTON C.J. (2003). *Weed ecology in natural and agricultural systems*. CABI Publishing.
- CANTELE A., ZANIN G., ZUIN M.C. (1987). *Abutilon theophrasti* Medicus.I. Dinamica e persistenza dei semi nel terreno. *Rivista di Agronomia*, **1**, 54-58.
- CANTELE A., ZANIN G., ZUIN M.C. (1987). *Abutilon theophrasti* Medicus:II. Scalarità di emergenza dei semi nel terreno. *Rivista di Agronomia*, **3**, 224-228.
- CRONK Q.C.B. (1995). Changing worlds and changing weeds. In: *"Weeds in a changing world"*, *Symposium Proc. N° 64* , British Crop Protection Council, 3-13.
- COUSENS R. E MORTIMER M. (1995). *Dynamics of weed populations*. Cambridge University Press.

- DARMENCY H., GASQUEZ J. (1990). Résistance aux herbicides chez les mauvaises herbes. *Agronomie*, **6**, 457-472.
- FERRERO A., MAGGIORE T. (2000). P iante erbacee allergeniche. INVET/Franco Angeli.
- FROST H. M., TERRY P.J., BACON P. (1995). A feasibility study into the creation of a database on weeds and invasive plant species. In: “*Weeds in a changing world*”, *Symposium Proc. N° 64*, British Crop Protection Council, 35-49.
- HARTZLER R.G. BATTLES B.A., NORDBY D. (2004). Effect of common waterhemp (*Amaranthus rudis*) emergence date on growth and fecundity in soybean. *Weed Sci.*, **52**, 242-245.
- HOLM L., DOLL J., HOLM E., PANCHO J., HERBERGER J. (1997). World weeds. Natural histories and distribution. John Wiley & Sons, Inc.
- LUCCHIN M, ZANIN G., CATIZONE P. (2000). Malerbe componente e dinamica degli agroecosistemi. In: “*Malerbologia*”, Catizone P. e Zanin G. (eds), 147-170. Patron-Bologna
- MULLIGAN G.A., JUNKINS B.E. (1976). The biology of canadian weeds.17. *Cyperus esculentus*. *Can J. Plant Sci.*, **56**, 339-350.
- NORDBY D.E., HARTZLER R.G. (2004). Influence of corn on common waterhemp (*Amaranthus rudis*) growth and fecundity. *Weed Sci.*, **52**, 255-259.
- PIGNATTI S. (1987). Flora Italica. Edagricole Bologna.
- RICHARDSON D.M., PYSEK P, REJMANEK M., BARBOUR M.G., PANETTA F.D., WEST C.J. (2000). Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and Distributions*, **6**, 93-107.
- SARTORATO I, ZUIN M.C. E ZANIN G. (2001). I reflui zootecnici come veicoli d’infestazione dei campi coltivati. *L’Informatore Agrario*, **7**, 31-36.
- SATTIN M., ZANIN G., BERTI A. (1992). Case history for weed competition/population ecology: velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) in corn (*Zea mays*). *Weed Technology*, **6**, 213-219
- TRIPATHI R.S. (1985). Population Dynamics of a few exotic weeds in north-east India: Studies on plant demography: a festschrift for John L. Harper. Academic Press Inc.London, 157-170.
- SWANTON C.J., CAVERS P.B., CLEMENTS D.R., MOORE M.J., (1992). The biology of canadian weeds. 101. *Helianthus tuberosus* L. *Can J.Plant Sci.*, **72**, 13671382.
- THOMPSON K., BAKKER J., BEKKER R. (1997). The soil seed banks of North West Europe: methodology, density and longevity. Cambridge University Press.
- VIGGIANI P. (1988). Le “nuove” malerbe del mais. *Informatore Fitopatologico*, **4**, 25-31.
- VIGGIANI P. (1990). *Phytolacca americana* L. (=Ph. *Decandra* L.) primi risultati sull’accrescimento e la germinazione. In: *Proc. “Giornate Fitopatologiche”* **3**, 349-358.

- VIGGIANI, P. (1995). Caratteristiche fenologiche di alcune piante infestanti di recente diffusione in Italia. *Informatore Fitopatologico*, **4**, 18-23.
- VIGGIANI P., BALDONI G., PARADISI U., CATIZONE P. (1996). Influence of time of ripening on seed germination and plant emergence of weeds of late spread in Italy. In: *Atti Second International Weed Control Congress*, Copenhagen 1996, **I**, 113-117.
- VIGGIANI P., BALDONI G., PARADISI U., CATIZONE P. (1996) Environmental factors on seed germination of some weeds of recent spread in Italy. In: *Proc. Annales Xe Colloque international sur la biologie des mauvaises herbes*, Dijon, 11-13 Septembre 1996, **II**, 431-434.
- WARWICK S.I., SWEET R.D. (1983). The biology of canadian weeds.58. *Galinsoga parviflora* and *G. quadriradiata* (= *G. ciliata*). *Can J. Plant Sci.*, **63**, 695-709.
- WARWICK S.I., BLACK L.D. (1988). The biology of canadian weeds.90. *Abutilon theophrasti*. *Can J. Plant Sci.*, **68**, 1069-1085.
- WEAVER S. E., LECHOWICZ M.J. (1983). The biology of canadian weeds. 56. *Xanthium strumarium* L.. *Can J.Plant Sci.*, **63**, 211-225.
- WEAVER S. E., WARWICK S.I. (1984). The biology of canadian weeds. 64. *Datura stramonium* L. *Can J.Plant Sci.*, **64**, 979-991.
- WEBER E., 2003. Invasive plant species of the world. A reference guide to environmental weeds. CABI Publishing.
- WEIHER E., KEDDY P.A. (1999). Assembly rules as general constraints on community composition. In: Weiher E., e Keddy P.A. (eds) "*Ecological Assembly Rules: Perspectives, Advances, Retreats.*" Cambridge University Press, Cambridge, 251-271.
- ZANIN G. (2000). Caratteristiche ed evoluzione della flora infestante del mais. *L'Informatore Agrario*, **23**, 79-82.
- ZANIN G., ZUIN M.C., CATIZONE P. (2001). Definizione e classificazione delle malerbe. In "Malerbologia", P. Catizone e G. Zanin (eds), 23-52. Patron-Bologna
- ZUIN M.C., ZANIN G. (1989). *Abutilon theophrasti* Medicus. accrescimento, fenologia della riproduzione e possibili ipotesi sulla sua strategia biologica. *Rivista di Agronomia*, **3**, 241-248.

La gestione integrata delle infestanti nel mais: l'impiego delle colture di copertura

P. BÀRBERI & A.C. MOONEN

Land Lab, Scuola Superiore Sant'Anna, Piazza Martiri della Libertà 33, 56127 Pisa

Riassunto

Tra i benefici agronomici legati all'inserimento delle colture di copertura nei sistemi colturali eco-compatibili è senz'altro da annoverare una migliore gestione della vegetazione infestante. Dopo aver illustrato i meccanismi attraverso cui le colture di copertura possono portare ad una maggiore soppressione delle infestanti, si riporta una sintesi dei principali risultati rilevati in una ricerca di lungo periodo iniziata nel 1993 presso il CIRAA E. Avanzi dell'Università di Pisa allo scopo di studiare vari effetti di diverse colture di copertura e metodi di gestione agronomica in sistemi colturali incentrati sulla coltura del mais. L'effetto sopprimente diretto delle colture di copertura, cioè quello esercitato durante il loro ciclo vegetativo, è apparso chiaro, essendo state evidenziate numerose correlazioni negative statisticamente significative ($0,56 < r < 0,84$) tra la biomassa prodotta dalle colture di copertura e dalle infestanti. Invece, l'effetto residuo (riduzione della densità delle infestanti nella successiva coltura di mais) è apparso più variabile. In generale, l'influenza del metodo di gestione delle colture di copertura (lavorazione convenzionale vs. non lavorazione) sia sulla vegetazione infestante reale e potenziale sia sulla composizione delle comunità di malerbe è apparsa molto più marcata rispetto a quella della specie da copertura utilizzata e della dose di azoto. Nel corso del biennio 2001-2003 è stata osservata una forte riduzione della banca semi in tutti i sistemi colturali basati sulla non lavorazione, mentre in quelli basati sulla lavorazione convenzionale (e quindi sul sovescio delle colture di copertura) non sono state riscontrate variazioni sostanziali. E' apparso infine evidente come una gestione ottimale delle colture di copertura debba essere inquadrata a livello di sistema colturale: l'effetto sopprimente a lungo termine sulle infestanti, infatti, può essere parzialmente vanificato se si lasciano disseminare liberamente le malerbe nei periodi in cui il terreno rimane nudo.

Parole chiave: lavorazione del terreno, fertilizzazione azotata, segale, trifoglio sotterraneo, trifoglio incarnato, residui colturali di mais, dinamica della comunità di malerbe, analisi multivariata.

Summary

Integrated Weed Management in maize: the use of cover crops

Improved weed management is one of the agronomic benefits related to the introduction of cover crops in environmentally-benign cropping systems. In this paper, we first illustrate the mechanisms by which cover crops can contribute to enhanced weed suppression and then report a synthesis of the results obtained in a long-term experiment started in 1993 at CIRAA E. Avanzi of the University of Pisa. This experiment aims to study various effects of different cover crops and management strategies in maize-based cropping systems. The direct weed suppression effect (i.e. that measured during cover crop cycle) was clear, since several statistically significant correlations ($0.56 < r < 0.84$) between cover crop biomass and total weed biomass were observed. In contrast, the residual weed suppression effect (i.e. that measured during the cycle of the subsequent maize crop) was somewhat variable. In general, the influence of cover crop management (green manuring vs. surface mulching on non-tilled soil) on actual and potential weed vegetation as well as on weed community composition prevailed over that of cover crop species and nitrogen rate. In the 2001-2003 period, a considerable reduction in total weed seedbank was observed in all non-tilled cropping systems, whereas cropping systems based on conventional tillage (and hence on cover crop green manuring) did not show substantial variations. It was also evident that optimum cover crop management for enhanced weed suppression must be framed in a cropping system (rotational) context, since the long-term weed suppression effect due to cover crops can partially be counteracted by uncontrolled weed seed rain occurring during the rotation phases in which the soil is bare.

Key words: Tillage system, nitrogen fertilisation, subterranean clover, crimson clover, rye, maize stubble, weed community dynamics, multivariate analysis.

Introduzione

Tra i vari benefici agronomici legati all'introduzione delle colture di copertura in sistemi colturali eco-compatibili (ad es. l'aumento della percentuale di sostanza organica e della fertilità del terreno, la protezione dello stesso dall'erosione, la riduzione della lisciviazione dei nitrati, il miglioramento del bilancio evapotraspirativo) è senz'altro da annoverare il loro contributo alla gestione delle infestanti.

Nei nostri ambienti, sembra essere più adatta la coltivazione delle specie da copertura come colture intercalari piuttosto che come *living mulch*, ovvero inserite in un sistema di policoltura con

la specie principale da reddito. I meccanismi attraverso cui le colture di copertura intercalari possono determinare una maggiore soppressione della vegetazione infestante sono diversi (Fig. 1). Durante il loro ciclo vegetativo, le colture di copertura possono sopprimere le infestanti soprattutto attraverso la competizione per le risorse ambientali (effetto *diretto*). Dopo la distruzione delle colture di copertura, i residui lasciati sulla superficie del terreno (*mulch*) o in esso incorporati con il sovescio determinano un cambiamento delle condizioni fisiche del suolo, ad esempio delle sue condizioni di temperatura ed umidità negli strati più superficiali (Teasdale & Mohler, 1993). Oltre a ciò, la decomposizione dei residui può causare il rilascio sul o nel terreno di metaboliti secondari a funzione allelopatica, quali fenoli, acido benzoico e cinnamico, cumarine, tannini, flavonoidi, terpenoidi, alcaloidi, steroidi e chinoni, che - al pari degli effetti fisici sopra detti - è in grado di inibire o rallentare (effetto *residuo*) la germinazione, l'emergenza e lo sviluppo precoce delle malerbe (Einhellig & Leather, 1988). L'effetto inibitorio di tali composti dipende, oltre che dalla loro presenza nel terreno, dalla temperatura, pH, umidità e stato nutrizionale di quest'ultimo (Stowe & Osborn, 1980; Mwaja *et al.*, 1995) e dalla sensibilità delle diverse specie infestanti (Weston *et al.*, 1989; Burgos & Talbert, 2000). Un terzo tipo di effetto ascrivibile alle colture di copertura (effetto *a lungo termine*) è legato alla progressiva riduzione nel tempo del potenziale di infestazione del terreno (*pool* di semi e gemme) dovuta alla minore disseminazione delle infestanti che si sviluppano durante il ciclo delle colture di copertura (Moonen & Bàrberi, 2002). E' evidente che più facilmente questo effetto si osserverà - in termini di flora reale - in quelle colture il cui ciclo stagionale (tutto o in parte) coincide con quello delle colture di copertura e quindi ad esempio nei cereali a paglia nel caso di colture di copertura intercalari a sviluppo autunno-vernino (Mazzoncini *et al.*, 1997).

In questo lavoro si riportano parte dei risultati di un'indagine pluriennale, realizzata nell'ambito di una ricerca di lungo periodo iniziata nel 1993, volta a studiare il contributo dei tre meccanismi sopra esposti all'effetto di soppressione delle infestanti in sistemi colturali imperniati sulla coltura del mais da granella (*Zea mays* L.) e sull'introduzione delle colture di copertura sottoposti a diverse opzioni di gestione agronomica. In particolare, è stato studiato l'effetto dei diversi trattamenti sulla biomassa, la densità e la composizione delle comunità delle malerbe, per questi ultimi due aspetti con riferimento sia alla vegetazione emersa in campo sia alla banca semi.

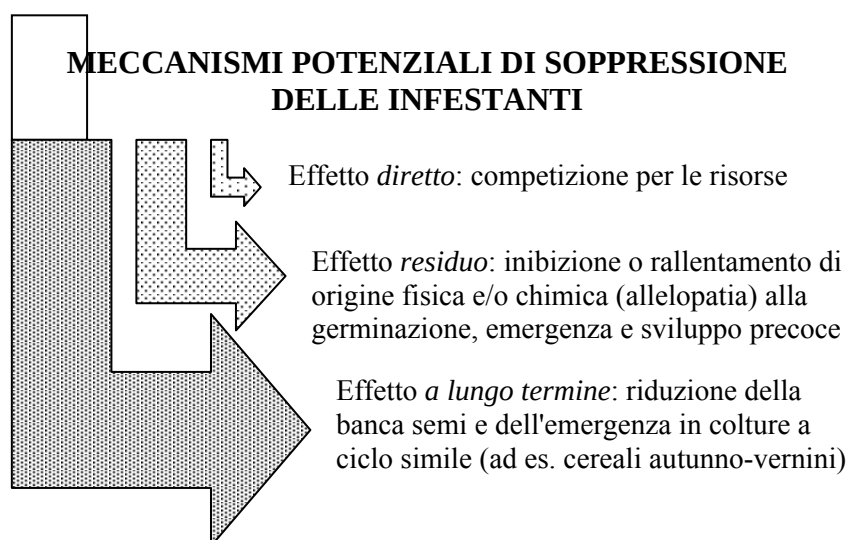


Fig. 1. Schematizzazione dei tre diversi meccanismi potenziali di soppressione delle infestanti imputabili a colture di copertura intercalari a ciclo autunno-vernino (da Moonen & Bàrberi, 2002; modificata).

Materiali e metodi

Descrizione della ricerca di lungo periodo

Lo studio è stato realizzato in una ricerca di lungo periodo iniziata nel 1993 presso il Centro Interdipartimentale di Ricerche Agro-Ambientali (CIRAA) E. Avanzi dell'Università di Pisa (Lat. 43°40' N; Long. 10°19' E) su un terreno tendenzialmente limoso (44,3% sabbia, 40,2% limo e 15,5% argilla). Dal 1993 al 1998 l'esperimento è consistito in una monosuccessione di mais. Nel 1998 la ricerca è stata trasformata in una rotazione biennale mais-frumento duro (*Triticum durum* Desf.), in cui una sola coltura è presente in un determinato anno. Prima del 1993 l'appezzamento oggetto della ricerca era coltivato secondo una sequenza colturale in cui si alternavano la barbabietola da zucchero, il girasole e il frumento tenero. Le precipitazioni medie annuali nell'area oggetto della ricerca ammontano a 864 ± 185 mm (periodo 1980-2001).

Nel periodo a cui si riferisce questa nota (sino al 2003) la ricerca prevedeva una combinazione lineare tra due sistemi di gestione del terreno [lavorazione convenzionale (*Conventional System*, CS) con sovescio delle colture di copertura a 30 cm di profondità, e non lavorazione (*Low-input System*, LIS) con pacciamatura superficiale con i residui delle colture di copertura], quattro dosi di concime azotato (0, 100, 200 e 300 kg N ha⁻¹ per il mais e 0, 60, 120 e 180 kg N ha⁻¹ per il frumento) e quattro tipi di copertura vegetale del terreno [residui della coltura di frumento (controllo) e tre colture di copertura intercalari a ciclo autunno-vernino: segale (*Secale cereale* L.), trifoglio sotterraneo (*Trifolium subterraneum* L.) e trifoglio incarnato (*Trifolium incarnatum* L.)]. Il disegno sperimentale è a parcella suddivisa (*split-split-plot*) con quattro replicazioni, con i sistemi

di gestione del terreno nelle parcelle principali, le dosi di concime azotato in quelle secondarie e le coperture vegetali in quelle terziarie, per un totale di 128 sub-sub-parcelle delle dimensioni di 21 m (lunghezza) x 11 m (larghezza).

La segale (cv. Dominator), il trifoglio incarnato (cv. Tombolo) e quello sotterraneo (cv. Clare) sono stati seminati a spaglio nel mese di settembre-ottobre impiegando rispettivamente 180, 25 e 30 kg ha⁻¹ di seme dopo trinciatura delle paglie del grano (o, negli anni antecedenti al 1998, degli stocchi del mais); successivamente, il seme è stato incorporato nel terreno mediante un passaggio di erpice strigliatore. Le colture di copertura sono state trinciate in primavera (normalmente nel mese di aprile) e in seguito, nel sistema LIS dopo un trattamento con glyphosate effettuato con dosi proporzionali alla quantità di biomassa prodotta dalle colture di copertura (in media sono stati impiegati 1090 g p.a. ha⁻¹), sovesciate (nel sistema CS) o lasciate in superficie (nel sistema LIS).

Il mais (ibrido Raffaello sino al 1996 e Cecilia successivamente) è stato seminato impiegando 8,3 semi m⁻² e una distanza interfilare di 50 cm mediante una normale seminatrice di precisione nel sistema CS o una seminatrice da sodo nel sistema LIS. Tutte le parcelle sono state fertilizzate in pre-semina con 120 kg ha⁻¹ di P₂O₅ e K₂O. A partire dal 1997, tutta la dose di azoto è stata anch'essa fornita in pre-semina (come 29.0.0). Il controllo diretto delle infestanti è normalmente consistito in un diserbo in post-emergenza in entrambi i sistemi (con miscele di p.a. e dosi stabilite in base ai risultati di rilievi floristici *ad hoc*), seguito da una sarchiatura (solamente nel sistema CS).

Determinazioni sperimentali e analisi statistica

Nel periodo 2001-2003, oltre a campionamenti per determinare la produzione delle colture e diversi parametri del terreno (dati non riportati), sono stati effettuati i seguenti rilievi sulle infestanti: (a) flora reale (al momento della distruzione delle colture di copertura, subito prima del diserbo in post-emergenza, all'incirca 1 mese dopo l'ultimo intervento di controllo diretto delle malerbe e alla raccolta di mais e frumento) e (b) flora potenziale (nel febbraio 2001 e 2003). La vegetazione emersa in campo è stata rilevata con diversi metodi (stima visiva della copertura, Braun-Blanquet, densità o biomassa) a seconda del momento del rilievo, mentre la banca semi è stata analizzata col metodo delle emergenze in serra (durata: 12 mesi) dopo aver prelevato, in ciascun rilievo, un totale di 2592 carote di 3,5 cm di diametro e a 15 cm di profondità. Sia nel caso della flora reale che in quello della flora potenziale i risultati sono stati determinati a livello di specie. Inoltre, al momento della distruzione delle colture di copertura è stata determinata la biomassa secca di queste e delle infestanti in esse presenti.

I dati di densità e biomassa relativi al totale delle infestanti e alle specie maggiormente presenti sono stati sottoposti all'analisi della varianza, dopo opportuna trasformazione (per radice quadrata, radice quarta o logaritmica), quando necessario. Le medie tra i trattamenti sono state confrontate

con un test LSD per $P \leq 0,05$ (Gomez & Gomez, 1984). Diversi parametri sono stati inoltre sottoposti all'analisi della correlazione al fine di evidenziarne le inter-relazioni. Infine, la composizione delle comunità di malerbe è stata analizzata con procedure statistiche multivariate, specificatamente la *Principal Components Analysis* (PCA) e la *Redundancy Analysis* (RDA) (ter Braak & Smilauer, 1998), utilizzando l'indice di abbondanza relativa (Relative abundance Index, $RAI = \text{densità relativa} + \text{frequenza relativa}/2$; Derksen *et al.*, 1993) come descrittore delle singole specie.

Risultati e discussione

Effetto diretto

Nel corso degli anni, pur riscontrando notevoli variazioni nella quantità di biomassa prodotta dalle colture di copertura in relazione all'andamento stagionale e soprattutto alla possibilità di seminare le coperture vegetali entro settembre-ottobre (dati non riportati; per una trattazione dettagliata si rimanda a Bàrberi & Mazzoncini, 2001 e Moonen, 2004), è stata sempre comunque rilevata, rispetto al controllo (residui colturali di mais o frumento), una significativa riduzione della biomassa totale delle infestanti nelle tesi con colture di copertura, segno evidente che queste sono apparse sempre in grado di esercitare un effetto diretto di soppressione delle malerbe. Nel 2002, in particolare, è stata osservata una correlazione negativa altamente significativa tra la biomassa delle colture di copertura e quella delle infestanti per tutti i trattamenti sperimentali ad eccezione della segale (Tab. 1). In quest'ultimo caso, è ipotizzabile che fenomeni allelopatici (Putnam, 1988; Yenish *et al.*, 1995), in abbinamento alla ben nota capacità di sottrazione delle risorse ambientali (*in primis* l'azoto) da parte della specie graminacea (Ditsch *et al.*, 1993) possano aver contribuito alla realizzazione di un considerevole effetto di controllo anche con quantità di biomassa della coltura di copertura relativamente ridotte (Bàrberi & Mazzoncini, 2001).

Effetto residuo

L'analisi della densità totale delle infestanti sviluppatesi durante il ciclo della coltura di mais che nell'anno 2002 seguiva le colture di copertura ha evidenziato un andamento opposto tra i due sistemi di gestione del terreno (Tab. 2). Infatti, mentre nel sistema CS si è osservata una diminuzione in tutte le coperture vegetali, nel sistema LIS si è registrato un aumento. Per quanto riguarda la biomassa totale alla raccolta, la fertilizzazione azotata non ha evidenziato alcun effetto significativo; nel sistema CS non sono state rilevate differenze significative di densità o biomassa delle infestanti tra coperture vegetali, mentre nel sistema LIS la tesi con trifoglio sotterraneo ha fatto registrare i più elevati valori di densità e biomassa, superiori anche al controllo. Il mais che

seguiva il trifoglio incarnato ha presentato una densità di malerbe superiore alla segale nel rilievo effettuato dopo il diserbo e le tesi controllo hanno evidenziato una biomassa di malerbe alla raccolta superiore a quella di trifoglio incarnato e segale (Tab. 2). E' da notare anche come la biomassa di malerbe alla raccolta nel trifoglio incarnato non differisca significativamente tra i due sistemi di gestione del terreno.

Tab. 1. Correlazioni (r) tra la biomassa delle colture di copertura e la biomassa totale delle infestanti nel 2002, totale e per i singoli livelli dei diversi fattori sperimentali (da Moonen, 2004; modificata)

Trattamenti	$B_i = a + b(B_c)$		r	Gradi di libertà
	a	b		
Totale	599,38	-0,695	-0,720***	94
CS	537,18	-0,583	-0,557***	46
LIS	618,55	-0,764	-0,759***	46
N0	531,11	-0,829	-0,738***	22
N1	510,83	-0,697	-0,829***	22
N2	693,56	-0,764	-0,841***	22
N3	795,95	-0,808	-0,773***	22
Trifoglio sotterraneo	620,90	-0,698	-0,760***	30
Trifoglio incarnato	680,32	-0,741	-0,637***	30
Segale	54,63	-0,001	-0,003	30

B_i = biomassa delle infestanti (g m^{-2}); B_c = biomassa delle colture di copertura (g m^{-2}); a = intercetta; b = pendenza; CS = lavorazione convenzionale; LIS = non lavorazione; N0, N1, N2, N3 = dosi di azoto (rispettivamente 0, 100, 200 e 300 kg N ha^{-1} per il mais e 0, 60, 120 e 180 kg N ha^{-1} per il frumento duro); *** = significativo per $P \leq 0,001$.

L'analisi della composizione delle comunità di malerbe condotta alla quarta foglia del mais (cioè subito prima del diserbo in post-emergenza) nel 2002 mediante *Principal Components Analysis* (PCA) e *Redundancy Analysis* (RDA) mostra che il fattore principalmente responsabile delle differenze nelle comunità di malerbe è il sistema di gestione del terreno, in misura decisamente superiore rispetto alla dose di azoto e al tipo di copertura vegetale (Fig. 2). I due primi assi dell'ordinamento RDA (rispettivamente $\lambda = 0.26$ e 0.02) sono risultati statisticamente significativi ($P \leq 0,05$). Le replicazioni, inserite nell'analisi come variabile nominale, sono responsabili del 5,2% della varianza nella composizione specifica, mentre i trattamenti ne spiegano il 31,4%. Il sistema di gestione del terreno, il trifoglio sotterraneo e la dose di azoto spiegano rispettivamente il 26%, il 2% e il 2%. Il *triplot* evidenzia inoltre che *Cynodon dactylon*, *Digitaria sanguinalis*, *Senecio vulgaris* e *Veronica persica* (oltre al trifoglio sotterraneo emerso in seguito all'autorisemina) emergono come specie caratteristiche della non lavorazione, mentre *Amaranthus graecizans*, *Amaranthus* spp., *Chenopodium album*, *Datura stramonium* e *Xanthium strumarium* sono apparse caratteristicamente associate con la lavorazione convenzionale.

Tab. 2. Mais (anno 2002). Densità totale delle infestanti (piante m⁻²) prima e dopo i trattamenti di controllo diretto in post-emergenza e biomassa totale delle infestanti (g m⁻²) alla raccolta. Interazione sistema di gestione del terreno X copertura vegetale

Sistema di gestione del terreno	Copertura vegetale											
	Trifoglio sotterraneo			Trifoglio incarnato			Segale			Residui di frumento (controllo)		
	Prima	Dopo	Raccolta	Prima	Dopo	Raccolta	Prima	Dopo	Raccolta	Prima	Dopo	Raccolta
CS	85,0	39,8	20,9	68,2	36,3	18,9	84,7	19,7	6,1	67,4	41,3	13,1
LIS	240,3	468,6	137,2	62,8	275,3	19,4	37,6	91,1	34,7	160,3	280,3	86,4

CS = lavorazione convenzionale; LIS = non lavorazione.

gdl = 3, LSD_(5%) = 132,037 per il confronto tra CS e LIS per la stessa copertura vegetale dopo il diserbo.

gdl = 72, LSD_(5%) = 90,976 per il confronto tra coperture vegetali per la stessa gestione del terreno dopo il diserbo.

gdl = 3, LSD_(5%) = 59,378 per il confronto tra CS e LIS per la stessa copertura vegetale alla raccolta.

gdl = 72, LSD_(5%) = 29,577 per il confronto tra coperture vegetali per la stessa gestione del terreno alla raccolta.

I risultati dell'analisi multivariata devono essere incrociati con quelli dell'analisi univariata al fine di individuare tendenze potenzialmente preoccupanti legate alla presenza (e alla relativa abbondanza) delle specie caratteristiche. A questo riguardo, l'ANOVA per il rilievo condotto prima del diserbo in post-emergenza ha evidenziato che la densità di *Amaranthus* spp. e *X. strumarium* era significativamente più elevata in CS che in LIS (dati non riportati). La densità di *C. album* è apparsa anch'essa generalmente più elevata in CS che in LIS, ad eccezione delle parcelle controllo al livello più elevato di azoto (N 300), che hanno mostrato un andamento opposto (dati non riportati). La densità di *C. dactylon* non differiva significativamente tra CS e LIS per le tesi con segale e trifoglio incarnato a tutte le dosi di azoto, ma era più elevata per la LIS che per la CS per il trifoglio sotterraneo e il controllo a tutte le dosi di azoto (dati non riportati). Infine, *S. vulgaris* era più abbondante nelle parcelle di mais non lavorate alle dosi di azoto N0 ed N1 che provenivano da trifoglio sotterraneo (dati non riportati). La preponderante importanza del sistema di gestione del terreno nell'influenzare la composizione delle comunità di malerbe evidenziata in questo lavoro conferma precedenti evidenze sperimentali relative ad altri sistemi colturali eco-compatibili realizzati nello stesso ambiente (Bàrberi *et al.*, 1998). Al fine di illustrare le specie maggiormente rappresentative della vegetazione infestante del mais nei due sistemi di lavorazione del terreno, in Tab. 3 si riportano i valori medi di densità relativa e di frequenza delle specie principali relativi ai rilievi condotti prima e dopo gli interventi diretti di controllo in post-emergenza.

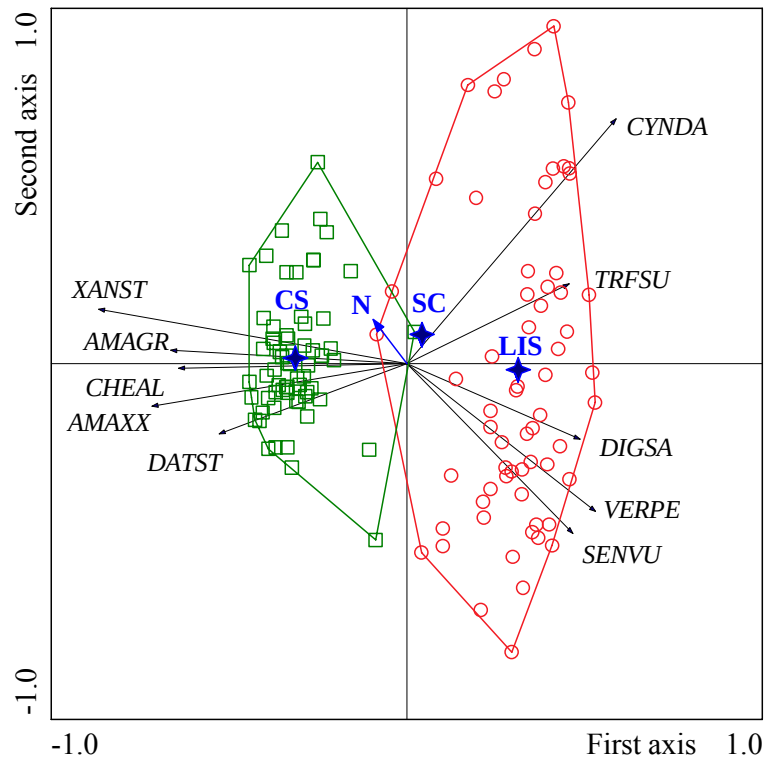


Fig. 2. *Triplot* relativo all'Analisi delle Componenti Principali (PCA) per il rilievo condotto alla quarta foglia del mais nel 2002. Sono evidenziate le parcelle dei sistemi di gestione CS (simboli quadrati) e LIS (simboli tondi) e le 10 più importanti specie o generi di malerbe e i trattamenti che spiegano in maniera significativa la variabilità nella composizione delle comunità vegetali. CS = lavorazione convenzionale, LIS = non lavorazione, N = dose di azoto, SC = trifoglio sotterraneo, AMAGR = *Amaranthus graecizans*, AMAXX = *Amaranthus* spp., CHEAL = *Chenopodium album*, CYNDA = *Cynodon dactylon*, DATST = *Datura stramonium*, DIGSA = *Digitaria sanguinalis*, SENVU = *Senecio vulgaris*, TRFSU = *Trifolium subterraneum*, VERPE = *Veronica persica*, XANST = *Xanthium strumarium*.

Tab. 3. Densità relativa (DR) e frequenza (F) delle specie emerse come principali infestanti del mais (anno 2002) per i due sistemi di gestione del terreno nei rilievi condotti prima e dopo il diserbo in post-emergenza

Specie	Lavorazione convenzionale				Non lavorazione			
	DR (%)		F (%)		DR (%)		F (%)	
	Prima	Dopo	Prima	Dopo	Prima	Dopo	Prima	Dopo
<i>Amaranthus graecizans</i>	11,88	2,61	73,44	31,25	0,12	3,99	4,69	6,25
<i>Amaranthus retroflexus</i>	1,26	0,30	9,38	6,25	0,02	0,06	1,56	9,38
<i>Amaranthus</i> spp.	21,51	1,70	89,06	23,44	1,28	0,00	40,63	0,00
<i>Calystegia sepium</i>	0,82	0,55	18,75	12,50	0,03	0,00	1,56	0,00
<i>Chenopodium album</i>	15,21	3,40	87,50	29,69	4,09	0,05	37,50	4,69
<i>Cynodon dactylon</i>	0,46	1,58	18,75	18,75	22,11	18,25	64,06	64,06
<i>Digitaria sanguinalis</i>	0,66	0,24	12,50	3,13	3,71	3,38	57,81	62,50
<i>Equisetum arvense</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	10,48	6,49	31,25	32,81
<i>Hordeum murinum</i>	0,00	1,09	0,00	15,63	5,69	25,58	15,63	64,06
<i>Hordeum vulgare</i>	0,00	0,06	0,00	1,56	5,01	1,62	7,81	4,69
<i>Lolium</i> spp.	0,14	0,00	4,69	0,00	6,70	0,01	29,69	3,13
<i>Picris echinoides</i>	0,05	0,00	3,13	0,00	2,98	0,97	23,44	20,31
<i>Senecio vulgaris</i>	0,76	0,91	9,38	3,13	17,17	0,67	48,44	26,56
<i>Solanum nigrum</i>	3,77	2,19	78,13	40,63	1,10	0,07	46,88	10,94
<i>Sonchus</i> spp.	6,14	30,26	62,50	78,13	4,87	1,38	59,38	37,50
<i>Trifolium subterraneum</i>	0,00	1,03	0,00	18,75	4,31	6,61	26,56	28,13
<i>Veronica persica</i>	0,16	46,48	7,81	81,25	5,12	28,48	54,69	85,94
<i>Xanthium strumarium</i>	30,69	0,73	96,88	6,25	0,08	0,00	4,69	0,00

Effetto a lungo termine

Il primo rilievo sulla banca semi, effettuato oltre sette anni dopo l'inizio della ricerca, ha evidenziato che l'introduzione delle colture di copertura, pur con differenze legate alla specie e al sistema di gestione del terreno, è stata in grado di ridurre significativamente la densità totale delle malerbe, sino al 25% circa rispetto al controllo (Moonen & Bàrberi, 2004). Tuttavia, una volta di più, l'effetto più marcato è apparso imputabile al sistema di gestione del terreno: in media, le tesi non lavorate presentavano una densità totale della banca semi di circa 5 volte superiore a quella delle tesi con sovescio delle colture di copertura.

I dati delle diverse tipologie di rilievo condotti sulle infestanti nel corso del triennio 2001-2003 sono stati analizzati al fine di identificare le fasi della rotazione in cui i sistemi colturali LIS appaiono particolarmente vulnerabili, cioè quelle in cui si può ipotizzare che avvenga la "ricarica" della banca semi. La densità della banca semi era più elevata nei sistemi LIS che in quelli CS ancor prima del passaggio dalla monosuccessione di mais alla rotazione biennale mais-frumento duro; pertanto, il "punto debole" del sistema non è verosimilmente l'introduzione del cereale autunno-vernino.

Nonostante la correlazione negativa evidenziata tra la biomassa delle colture di copertura e quella delle infestanti (Tab. 1), i dati sulla densità totale della banca semi mostrano che tutte le tesi CS non hanno presentato variazioni di rilievo tra il 2001 e il 2003. Al contrario, l'entità della banca semi è diminuita in tutte le tesi LIS, addirittura di circa il 35% nel caso della segale e del trifoglio incarnato e ancor di più nelle parcelle controllo (Tab. 4). Dall'esame della stessa tabella si evince altresì la mancanza di correlazione tra la produzione di biomassa delle infestanti alla raccolta delle colture e l'andamento della densità della banca semi; è pertanto logico pensare che questo effetto possa essere dovuto alla dinamica delle emergenze, dello sviluppo e della disseminazione delle infestanti occorso nei periodi di intercoltura. Questo aspetto è stato già riconosciuto come un importante fattore della dinamica della banca semi, talora – a torto – trascurato (Kegode *et al.*, 2003).

Sostituendo la monosuccessione di mais con una rotazione biennale mais-frumento duro si è ottenuto un miglioramento nel controllo invernale delle infestanti nelle tesi con residui colturali e con i trifogli. Per le tesi con la segale, invece, non sono state evidenziate grandi differenze, probabilmente perché la biomassa totale delle infestanti sviluppatasi in essa e nel frumento è apparsa simile (Tab. 4). Al contrario, è lecito pensare che – con il cambiamento di avvicendamento colturale – durante l'estate le infestanti abbiano avuto maggiori *chances* di svilupparsi (e potenzialmente andare a seme), poiché ogni due anni il campo rimane scoperto nel periodo compreso tra la raccolta del frumento (prima metà di luglio) e la successiva semina delle colture di copertura (in ottobre), contrariamente al caso della precedente monosuccessione di mais. Gli interventi diretti di controllo delle malerbe sono stati meno efficaci nei sistemi LIS che in quelli CS (Tab. 2) e ciò ha sicuramente contribuito alla “ricarica” della banca semi nelle tesi non lavorate. Pur non avendo a disposizione dati per il periodo di intercoltura e non potendo identificare precise relazioni di causa-effetto, è comunque evidente che nel triennio 2001-2003 il tasso di decremento della banca semi dovuto complessivamente alle germinazioni fatali, alle emergenze e alla predazione nelle tesi LIS sia stato decisamente superiore alla corrispondente *seed rain* e quindi in grado di condurre ad una significativa riduzione della banca semi. Nei sistemi CS, invece, il bilancio tra apporti e sottrazioni di semi nel terreno appare, nel breve periodo, sostanzialmente in pareggio. Sarà interessante valutare, in futuro, se questo *trend* di diminuzione della banca semi nei sistemi LIS verrà confermato o meno.

Tab. 4. Variazioni nella densità totale della banca semi osservate tra il rilievo condotto nel 2001 e quello condotto nel 2003 a confronto con i valori di biomassa totale delle infestanti rilevati nelle tre fasi (frumento, coltura di copertura e mais) della rotazione

Trattamento (combinazione)	Densità (plantule m ⁻²)		Variazione %	Biomassa totale delle infestanti (g m ⁻²)		
	Febbraio 2001	Febbraio 2003		Frum. duro (2000-01)	Coltura di copertura (2001-02)	Mais (2002)
CS/controllo	7121	8305	+16,6	5	318	13
CS/segale	5206	4870	-6,5	9	48	6
CS/t. sotterraneo	5783	5601	-3,1	3	265	21
CS/t. incarnato	6438	6592	+2,4	7	329	19
LIS/controllo	40266	23790	-40,9	73	495	86
LIS/segale	41874	27322	-34,8	68	59	34
LIS/t. sotterraneo	26638	24618	-7,6	*	608	137
LIS/t. incarnato	36811	23790	-35,4	50	554	19

CS = lavorazione convenzionale, LIS = non lavorazione; * = dato non disponibile perché le parcelle erano copiosamente infestate dal trifoglio sotterraneo emerso in seguito all'autorisemina.

Il confronto tra i dati della banca semi nel 2001 e nel 2003 condotto a livello delle principali specie infestanti del mais (Tab. 5) ha evidenziato quanto segue:

- Per *Amaranthus* spp. la densità è diminuita nelle tesi CS (ad eccezione del trifoglio sotterraneo e della segale, dove è quasi raddoppiata) ed è invece aumentata nelle tesi LIS (ad eccezione del trifoglio sotterraneo).
- Per *Cerastium glomeratum*, specie soprattutto presente nel terreno non lavorato, si è osservata una netta diminuzione della banca semi (dal 66 all'81%) in tutte le tesi del sistema LIS.
- Per *Chenopodium album* non è stato osservato nessun cambiamento di rilievo nel sistema CS mentre nel sistema LIS si è avuta una leggera riduzione di densità, ad eccezione delle tesi con segale. Un analogo effetto è stato riscontrato per *Cynodon dactylon*, specie rilevata unicamente nella LIS e che è del tutto scomparsa dalla banca semi (più propriamente gemme, in questo caso) delle tesi con segale.
- Delle altre specie più numerose nel sistema LIS, la densità di *Digitaria sanguinalis* è diminuita nelle parcelle con trifoglio incarnato e segale ed aumentata in quelle con trifoglio sotterraneo e nel controllo; quella di *Picris echinoides* è diminuita sensibilmente in tutte le coperture vegetali ad eccezione del trifoglio sotterraneo e quella di *Veronica persica* è sensibilmente aumentata nelle parcelle con i trifogli e diminuita del 33% in quelle con la segale.
- Infine, la banca semi di *Solanum nigrum* è diminuita solo nelle tesi LIS con segale, mentre è rimasta uguale o è aumentata in tutte le altre 7 combinazioni tra sistema di gestione del terreno e

copertura vegetale e quella di *Sonchus* spp. è più che raddoppiata in tutte le tesi con sovescio delle colture di copertura mentre è diminuita in tutte quelle non lavorate ad eccezione del trifoglio sotterraneo.

Tab. 5. Densità media (plantule m⁻²) delle più importanti specie infestanti del mais rilevate nella banca semi nel 2001 e 2003 per tutte le combinazioni tra sistemi di gestione del terreno e colture di copertura. R = tasso di riduzione o crescita della banca semi (densità nel 2003/densità nel 2001)

Specie	Anno	Lavorazione convenzionale				Non lavorazione			
		TI	C	S	TS	TI	C	S	TS
<i>Amaranthus</i> spp.	2001	722	914	385	500	77	38	106	67
	2003	654	462	760	549	125	106	250	58
	R	0,91	0,51	1,98	1,10	1,63	2,75	2,36	0,86
<i>Cerastium glomeratum</i>	2001	183	87	10	77	6563	6573	4552	3022
	2003	183	250	87	154	1309	1280	1174	1030
	R	1,00	2,89	9,00	2,00	0,20	0,19	0,26	0,34
<i>Chenopodium album</i>	2001	125	164	308	221	144	221	38	87
	2003	135	154	375	212	115	87	67	77
	R	1,08	0,94	1,22	0,96	0,80	0,39	1,75	0,89
<i>Cynodon dactylon</i>	2001	0	0	10	19	135	135	462	212
	2003	0	0	0	0	19	29	0	29
	R	-	-	0,00	0,00	0,14	0,21	0,00	0,14
<i>Digitaria sanguinalis</i>	2001	0	10	10	19	1251	3936	2781	1819
	2003	10	19	29	0	606	4745	1068	2829
	R	-	2,00	3,00	0,00	0,48	1,21	0,38	1,56
<i>Picris echioides</i>	2001	19	10	0	10	260	770	693	549
	2003	19	10	77	10	183	115	279	568
	R	1,00	1,00	-	1,00	0,70	0,15	0,40	1,04
<i>Solanum nigrum</i>	2001	106	77	115	38	154	250	356	212
	2003	106	106	125	48	250	337	269	337
	R	1,00	1,38	1,08	1,25	1,63	1,35	0,76	1,59
<i>Sonchus</i> spp.	2001	395	298	135	327	125	154	96	96
	2003	837	808	385	789	96	58	67	115
	R	2,12	2,71	2,86	2,41	0,77	0,38	0,70	1,20
<i>Veronica persica</i>	2001	1376	1829	375	991	5216	3176	2868	3994
	2003	1174	1992	192	847	7555	2897	1925	8142
	R	0,85	1,09	0,51	0,85	1,45	0,91	0,67	2,04

TI = trifoglio incarnato, C = controllo (residui colturali di frumento), S = segale, TS = trifoglio sotterraneo.

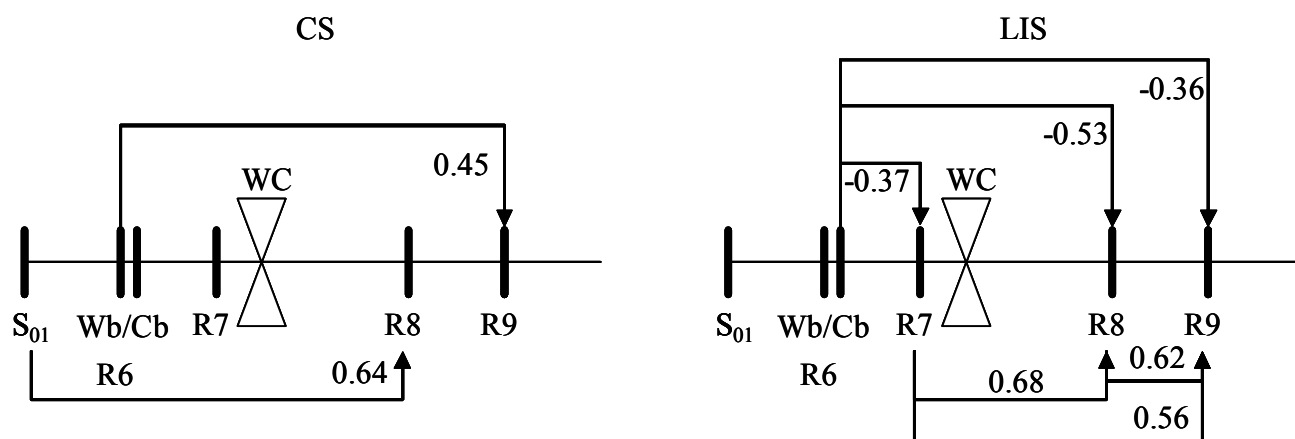


Fig. 3. Correlazioni statisticamente significative (per $P \leq 0.05$) rilevate tra i diversi parametri utilizzati per stimare la flora reale (densità o biomassa) e potenziale (densità) del mais nel 2002 nei due sistemi di gestione del terreno (CS = lavorazione convenzionale, LIS = non lavorazione). S₀₁ = densità della seedbank nel 2001; R6-Wb = biomassa totale delle infestanti alla distruzione delle colture di copertura; R6-Cb = biomassa delle colture di copertura al momento della loro distruzione; R7 e R8 = densità totale delle infestanti rispettivamente prima e dopo gli interventi di controllo in post-emergenza; R9 = biomassa totale delle infestanti alla raccolta.

Nella Fig. 3 è sintetizzato il quadro delle correlazioni significative evidenziate tra tutti i parametri impiegati per la stima delle comunità di infestanti (vegetazione reale e potenziale) del mais nel 2002. Il grafico indica che nelle tesi con sovescio (CS) la densità e biomassa delle infestanti non appare correlata né alla vegetazione “potenziale”, qui considerata sia come entità della banca semi sia come biomassa totale rilevata al momento della distruzione della precedente coltura di copertura, né alla biomassa prodotta dalle coperture vegetali. Nelle tesi con sovescio, la densità delle infestanti prima e dopo il controllo in post-emergenza e la loro biomassa alla raccolta erano generalmente ridotte, indipendenti dalla dose di azoto applicata o dal tipo di copertura. Al contrario, nelle tesi non lavorate la densità e biomassa delle infestanti in ogni fase del ciclo del mais non sono apparse correlate alla vegetazione potenziale ma sono risultate negativamente correlate alla biomassa delle colture di copertura; inoltre, tutti i parametri stimatori della presenza delle infestanti durante il ciclo del mais hanno presentato una correlazione positiva tra loro. Si può quindi concludere che la pacciamatura (*mulch*) lasciata in superficie nelle tesi LIS ha effettivamente esercitato un effetto residuo di soppressione delle infestanti che, seppur diminuendo col tempo, rimane apprezzabile durante tutto il ciclo del cereale estivo. L’analisi della correlazione indica anche chiaramente come il diserbo in post-emergenza effettuato nelle tesi LIS non abbia avuto una grande efficacia. Considerando che le fasi iniziali del ciclo del mais sono quelle in cui la competizione con le malerbe è più severa e che la stagione 2002 è stata caratterizzata da una piovosità decisamente superiore alla media, si può sostenere che – in quelle determinate condizioni – la pacciamatura superficiale del mais con residui delle colture di copertura abbia favorito buone

condizioni di sviluppo e produttive della coltura, nonostante il graduale aumento della presenza delle infestanti durante il ciclo.

Conclusioni

L'analisi delle dinamiche a cui soggiacciono le comunità di malerbe e del potenziale effetto di controllo imputabile a sistemi alternativi (eco-compatibili) di gestione è inevitabilmente piuttosto complessa e i risultati presentati in questo lavoro non sfuggono alla regola. Infatti, è lecito pensare che in sistemi colturali "alternativi", caratterizzati sia dalla riduzione degli input sia da un grado più elevato di diversificazione, le interazioni tra le diverse componenti dell'agroecosistema (ivi comprese le piante infestanti) divengano più complesse (e quindi più difficili da spiegare) poiché diminuisce l'effetto "maschera" rappresentato da pratiche colturali o itinerari tecnici semplificati e ad elevata pressione di selezione (ad es. quelli basati su un massiccio impiego di diserbanti) sulla vegetazione spontanea (Bàrberi, 2002). Tuttavia, dai risultati della ricerca di lungo periodo presentati in questo lavoro emergono alcune considerazioni generalizzabili: (1) tutte le colture di copertura sembrano essere in grado di esercitare un buon effetto diretto di soppressione delle infestanti; (2) l'effetto residuo di controllo delle malerbe dipende largamente dal sistema di gestione del terreno, in misura maggiore rispetto alla coltura di copertura impiegata; (3) l'effetto di controllo a lungo termine e la dinamica delle comunità di malerbe, anch'essi fortemente influenzati dal sistema di gestione del terreno, sembrano dipendere anche da ciò che accade nel periodo di intercoltura e dalla relativa influenza sul bilancio tra apporti e sottrazioni alla banca semi. Una valutazione appropriata delle potenzialità delle colture di copertura come strategia alternativa di controllo delle infestanti per la coltura del mais deve essere quindi necessariamente fatta a livello delle diverse fasi (anche quelle non coltivate) dell'avvicendamento. A questo riguardo, l'esistenza di ricerche di lungo periodo quali quella descritta in questo lavoro è molto importante per evidenziare i pro e i contro legati all'inserimento delle colture di copertura nei sistemi colturali maidicoli nonché la dinamica delle popolazioni e comunità di malerbe.

Ringraziamenti

Gli autori desiderano ringraziare sinceramente tutto lo staff del CIRAA E. Avanzi dell'Università di Pisa e in particolare i Dott. Paola Belloni e Marco Ginanni, il Prof. Marco Mazzoncini e i Sig. Giovanni Melai e Alessandro Pannocchia per il loro preziosissimo contributo alla pianificazione, realizzazione, mantenimento e cura di questa ricerca di lungo periodo.

Bibliografia

- BÀRBERI P (2002) Weed management in organic agriculture: are we addressing the right issues? *Weed Research* **42**, 177-193.
- BÀRBERI P & MAZZONCINI M (2001) Changes in weed community composition as influenced by cover crop and management system in continuous corn. *Weed Science* **49**, 491-499.
- BÀRBERI P, COZZANI A, MACCHIA M & BONARI E (1998) Size and composition of the weed seedbank under different management systems for continuous maize cropping. *Weed Research* **38**, 319-334.
- BURGOS NR & TALBERT RE (2000) Differential activity of allelochemicals from *Secale cereale* in seedling bioassays. *Weed Science* **48**, 302-310.
- DERKSEN DA, LAFOND GP, THOMAS AG, LOEPPKY HA & SWANTON CJ (1993) Impact of agronomic practices on weed communities: tillage systems. *Weed Science* **41**, 409-417.
- DITSCH DC, ALLEY MM, KELLEY KR & LEI YZ (1993) Effectiveness of winter rye for accumulating residual fertilizer N following corn. *Journal of Soil and Water Conservation* **48**, 125-132.
- EINHELLIG FA & LEATHER GR (1988) Potentials for exploiting allelopathy to enhance crop production. *Journal of Chemical Ecology* **14**, 1829-1844.
- GOMEZ K & GOMEZ A (1984) *Statistical procedures for agricultural research*. John Wiley & Sons, New York, USA.
- KEGODE GO, FORCELLA F & DURGAN BR (2003) Effects of common wheat (*Triticum aestivum*) management alternatives on weed seed production. *Weed Technology* **17**, 764-769.
- MOONEN AC (2004) A system-approach to study the weed suppression capacity of autumn-sown cover crops in a biennial rotation of maize and durum wheat. *Tesi di Dottorato di Ricerca*, Scuola Superiore Sant'Anna-Università di Pisa, 184 pp.
- MOONEN AC. & BÀRBERI P (2002) A system-oriented approach to the study of weed suppression by cover crops and their residues. *Proceedings 5th Workshop of the EWRS Working Group on Physical and Cultural Weed Control*, Pisa, 11-13 marzo, 184-191.
- MOONEN AC & BÀRBERI P (2004) Size and composition of the weed seedbank after 7 years of different cover crop-maize management systems. *Weed Research* **44**, 163-177.
- MWAJA VN, MASIUNAS JB & WESTON LA (1995) Effects of fertility on biomass, phytotoxicity, and allelochemical content of cereal rye. *Journal of Chemical Ecology* **21**, 81-96.
- PUTNAM AR (1988) Allelochemicals from plants as herbicides. *Weed Technology* **2**, 510-518.
- STOWE LG & OSBORN A (1980) The influence of nitrogen and phosphorus levels on the phytotoxicity of phenolic compounds. *Canadian Journal of Botany* **58**, 1149-1153.

- TEASDALE JR & MOHLER CL (1993) Light transmittance, soil temperature and soil moisture under residue of hairy vetch and rye. *Agronomy Journal* **85**, 673-680.
- TER BRAAK CJF & SMILAUER P (1998) *CANOCO Reference Manual and User's Guide to Canoco for Windows: Software for Canonical Community Ordination (version 4)*. Microcomputer Power, Ithaca, NY, USA.
- WESTON LA, HARMON R & MUELLER S (1989) Allelopathic potential of Sorghum-sudangrass hybrid (sudex). *Journal of Chemical Ecology* **15**, 1855-1865.
- YENISH JP, WORSHAM ad & CHILTON WS (1995) Disappearance of DIBOA-glucoside, DIBOA, and BOA from rye (*Secale cereale* L.) cover crop residue. *Weed Science* **43**, 18-20.

Possibilità di controllo meccanico delle piante infestanti nel mais

E. PANNACCI

Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali

Università degli Studi di Perugia

Borgo XX Giugno, 74 – 06121 PERUGIA

Riassunto

In questo lavoro vengono illustrati i principali mezzi di controllo meccanico delle piante infestanti utilizzabili nella coltura del mais. Questi sono stati suddivisi, in funzione della diversa localizzazione dell'azione di controllo, in tre diversi gruppi: 1) mezzi meccanici a prevalente azione di controllo nell'interfila della coltura; 2) mezzi meccanici a prevalente azione di controllo nella fila della coltura; 3) mezzi meccanici a duplice azione di controllo (fila ed interfila). Si riportano, inoltre, i risultati di un triennio di sperimentazione (2002-2004), svolta in Italia centrale, su mais in pieno campo, per la valutazione dell'efficacia erbicida di alcuni mezzi meccanici tradizionali (sarchiatrice, rincalzatrice, erpice strigliatore) ed innovativi (sarchia-separatrice "split-hoe" e sarchiatrice a dita rotanti o diserbatore a dita "finger-weeder"), impiegati da soli e in aggiunta al diserbo chimico. Dai risultati è possibile evidenziare come il diserbo chimico (metolachlor 1449 g ha⁻¹ + terbuthylazine 725 g ha⁻¹, in pre-emergenza) ha fornito sempre un'efficacia erbicida del 100%, sia quando distribuito a pieno campo che quando localizzato sulla fila (50% della superficie totale) e seguito dalla sarchiatura dell'interfila. La sarchiatura abbinata alla rincalzatura ha fornito un'efficacia erbicida media del 92%, che è migliorata quando i due interventi anzidetti sono stati preceduti da un passaggio con l'erpice strigliatore. Quest'ultimo impiegato da solo ha fornito una scarsa efficacia erbicida e pari in media al 42%. La sarchia-separatrice e la sarchiatrice a dita rotanti hanno mostrato valori di efficacia compresi tra 71%-90% e 49%-84%, rispettivamente; impiegando queste due macchine insieme non sempre si è ottenuto un miglioramento significativo dell'efficacia rispetto alla sola sarchia-separatrice. Tutti i trattamenti hanno mostrato una buona selettività nei confronti della coltura, la cui produzione è risultata correlata negativamente con il peso secco delle infestanti non controllate.

Parole chiave: controllo meccanico infestanti, sarchiatrice, rincalzatrice, erpice strigliatore, sarchia-separatrice, sarchiatrice a dita rotanti, spazzolatrice, diserbatore elastico, mais.

Summary

Opportunity of mechanical weed control in maize

This paper illustrates main means for mechanical weed control in maize. These have been subdivided, in function of various localisation of the weed control action, in three various groups: 1) mechanical means for inter-row weed control; 2) mechanical means for intra-row weed control; 3) mechanical means for inter-row and intra-row weed control. Three field experimental trials were carried out during the three-years period 2002-2004 in central Italy, in order to assess the efficacy of some mechanical weed control means (hoe, ridger, spring-tine harrow, split-hoe and finger-weeder) in maize. The above means were used alone or combined with herbicides. Chemical weed control (metolachlor 1449 g a.i. ha⁻¹ + terbuthylazine 725 g a.i. ha⁻¹, in pre-emergence) both applied in broadcast and applied along the row (50% of total surface) plus inter-row hoeing gave an efficacy of 100%. Mechanical weed control showed, on average, the following percentage of weed control: 1) 92% by hoeing + ridging; 2) 42% by spring-tine harrowing alone; 3) from 71% to 90% by split-hoeing; 4) from 49% to 84% by finger-weeding; 5) from 69% to 94% by split-hoeing + finger-weeding. All weed control treatments showed a good selectivity to the crop. Grain yield was negatively correlated with dry matter of weeds that escaped weed control.

Key words: mechanical weed control, hoe, ridger, spring-tine harrow, split-hoe, finger-weeder, brush harrow, torsion-weeder, maize.

Introduzione

Negli sistemi agricoli una corretta gestione delle piante infestanti dovrebbe prevedere un approccio di tipo integrato tra tutti i diversi mezzi di lotta ammissibili (agronomici, colturali, fisici, meccanici e/o chimici) (Zanin e Berti, 1989; Bàrberi, 2000; Paolini, 2001; Buhler, 2002; Tei e Pannacci, 2005); ciò allo scopo di attuare con successo un controllo delle malerbe basato su un ricorso limitato e consapevole al mezzo chimico (Berti *et al.*, 2001).

In quest'ottica, i mezzi meccanici rappresentano un valido ed attuale strumento di controllo delle piante infestanti, in quanto consentono una buona efficacia, rapidità d'azione e non residualità, nonché assenza di inquinamento delle produzioni agricole (Ferrero e Casini, 2001); non a caso, il controllo meccanico costituisce lo strumento fondamentale di lotta diretta alle piante infestanti nei sistemi colturali a basso input e biologici (Raffaelli e Peruzzi, 1998; Bond e Grundy, 2001; Bàrberi, 2002). Tuttavia, anche nei sistemi agricoli convenzionali, il ricorso al controllo meccanico, integrato con gli altri mezzi di controllo, può costituire un'importante elemento di gestione delle malerbe, consentendo di ridurre l'impiego del diserbo chimico, controllare eventuali specie

resistenti agli erbicidi riducendone l'incidenza, e in definitiva, contribuire a ridurre la pressione di selezione e quindi il tasso di evoluzione delle comunità di malerbe, al fine di limitare i fenomeni di comparsa di flore di sostituzione (Berti *et al.*, 2001; Tei e Pannacci, 2005).

Se il discorso si sposta dai sistemi colturali alle singole colture che li occupano, tra le più importanti, il mais (*Zea mays* L.) rappresenta sicuramente una delle specie agrarie maggiormente interessate dalle considerazioni anzidette. Infatti, nei sistemi convenzionali la produzione di mais è spesso basata su monosuccessioni con impiego di erbicidi e consistenti apporti di fertilizzanti azotati (Raffaelli *et al.*, 2005); ciò può contribuire alla comparsa di specie infestanti resistenti agli erbicidi e alla selezione di flore di sostituzione, oltre ad incrementare i possibili rischi di natura ambientale.

Per i vantaggi già ricordati, quindi, l'impiego nel mais, di mezzi meccanici per il controllo delle malerbe, rappresenta, in aggiunta al diserbo chimico (localizzato o a dosi ridotte), un valido strumento di lotta alle malerbe nei sistemi di produzione integrata, e indispensabile da solo o in aggiunta agli altri mezzi non chimici di lotta alle malerbe nei sistemi di produzione biologica.

Non va, tuttavia, dimenticato che il controllo meccanico presenta alcuni inconvenienti che devono essere ancora migliorati, quali un maggior impiego di tempo e risorse che possono interferire con le altre pratiche colturali, una forte dipendenza dalle condizioni pedoclimatiche che possono influenzare sia la tempestività degli interventi che la loro efficacia che, comunque, risulta sempre difficile sulla fila della coltura, ed in ultimo, i costi elevati per l'acquisto dei mezzi meccanici.

I metodi meccanici possono essere impiegati nei programmi di lotta alle malerbe sia a scopo indiretto o preventivo, per il contenimento della carica dei semi delle infestanti nel terreno (flora potenziale), sia con funzione diretta o curativa, per l'eliminazione della flora infestante presente (flora reale) (Frondoni, 1994; Ferrero e Casini, 2001). Nel primo caso, gli interventi si realizzano in assenza della coltura e comprendono oltre alle lavorazioni preparatorie del terreno altre importanti tecniche di gestione delle malerbe, quali le rotazioni, l'impiego delle cover crops, la falsa semina e la solarizzazione. Nel secondo caso, la lotta diretta si realizza in presenza della coltura e i mezzi meccanici possono essere suddivisi, in funzione della diversa localizzazione dell'azione di controllo, in tre diversi gruppi:

1. Mezzi meccanici a prevalente azione di controllo nell'interfila della coltura;
2. Mezzi meccanici a prevalente azione di controllo nella fila della coltura;
3. Mezzi meccanici a duplice azione di controllo (fila ed interfila).

Di questi tre gruppi, con riferimento alle possibili applicazioni nella coltura del mais, si riferirà nella presente relazione.

Mezzi meccanici a prevalente azione di controllo nell'interfila della coltura

Nelle colture a file distanziate, come il mais, il controllo meccanico delle infestanti può essere realizzato in modo selettivo con attrezzature in grado di lavorare nell'interfila. Normalmente l'azione di controllo è piuttosto energica e la devitalizzazione delle malerbe avviene per sradicamento, taglio, trinciatura e ricoprimento; ciò rende l'efficacia di questi mezzi meccanici poco dipendente dallo stadio di sviluppo delle malerbe, riuscendo a garantire un buon controllo anche su infestanti relativamente sviluppate o particolarmente difficili, come le specie graminacee e parzialmente quelle perennanti, oltre a consentire una buona flessibilità dell'intervento potendo intervenire in un arco di tempo relativamente lungo.

Sarchiatrici

È oggi presente una considerevole tipologia di sarchiatrici che, in funzione degli organi operativi che utilizzano per il controllo delle infestanti, possono essere distinte in: sarchiatrici ad organi fissi e sarchiatrici ad organi rotanti.

Le sarchiatrici ad organi fissi presentano utensili lavoranti di varia forma (lame orizzontali, vangheggie, zappette a doppio tagliente, ecc.) montati su elementi rigidi o flessibili e necessitano di essere trainate dalla trattrice per poter svolgere la propria azione di controllo. In genere, gli elementi rigidi sono da preferire in terreni argillosi e tenaci che tendono a formare crosta superficiale, in quanto riescono meglio a penetrare nel terreno devitalizzando le infestanti; in terreni di medio impasto o sabbiosi ricchi di scheletro sono da preferire gli elementi flessibili (Frondoni, 1994). Il controllo si realizza soprattutto mediante azione di taglio, estirpamento e ricoprimento delle infestanti; ciò dipende naturalmente dal tipo di organo lavorante utilizzato e dalla specie e stadio di sviluppo dell'infestante.

Le sarchiatrici ad organi rotanti, generalmente più complesse delle precedenti, presentano organi lavoranti che determinano il rimescolamento parziale dello strato superficiale del suolo, consentendo il controllo delle malerbe soprattutto grazie all'azione di trinciatura e ricoprimento. Gli utensili lavoranti possono essere di vario tipo: dischi scanalati, dischi con lame uncinate, stelle, zappette rotative, ecc, generalmente riuniti in gruppi, ciascuno operante su ogni interfila. La rotazione degli organi lavoranti può essere generata dal semplice traino della sarchiatrice (organi folli sullo stesso asse) come nel caso della sarchiatrice stellare e del rompicrosta o mediante la presa di potenza della trattrice come nel caso delle zappatrici e fresatrici interfilari.

Entrambe le tipologie di sarchiatrici descritte consentono di poter intervenire fino in fase avanzata di sviluppo del mais (40-50 cm di altezza e comunque in pre-chiusura dell'interfila) e grazie alla buona velocità di lavoro (variabile dai 4 fino ai 8 km h⁻¹, in funzione del tipo di sarchiatrice) consentono una buona tempestività d'intervento e buone capacità operative (variabili

in funzione della larghezza della sarchiatrice).

L'efficacia della sarchiatura nel controllo delle piante infestanti è molto legata a fattori sito-specifici, quali caratteristiche del terreno (tessitura, umidità), condizioni climatiche dopo gli interventi, oltre naturalmente agli aspetti relativi alle caratteristiche tecniche degli organi lavoranti (dimensione, forma, profondità d'intervento). Le piogge che intervengono dopo la sarchiatura, ad esempio, riducono in media del 15% l'efficacia dell'intervento (Ferrero e Casini, 2001).

Il limite principale della sarchiatura, tuttavia, consiste nella ridotta capacità di contenere l'infestazione presente sulla fila (Ascard e Bellinder, 1996; Ascard e Fogelberg, 2002; Balsari *et al.*, 2002). Pur con tale limitazione, prove sperimentali realizzate nel nord e nel centro Italia hanno posto in evidenza che le produzioni di mais relative al controllo delle infestanti con la sola sarchiatura non differiscono in maniera significativa da quelle ottenute con il diserbo chimico a pieno campo (Pannacci e Covarelli, 2004; Ferrero e Casini, 2001). Tuttavia, la sarchiatura migliora la sua efficacia quando viene abbinata alla rincalzatura che ne aumenta il controllo delle infestanti lungo la fila con risultati nel mais ed in altre colture come girasole e soia paragonabili a quelli del diserbo chimico (Dal Re e Donati, 2000; Pannacci e Covarelli, 2003, 2004; Balsari *et al.*, 1993).

Nel mais, inoltre, la sarchiatura dell'interfila trova un'ottima integrazione con il diserbo chimico della fila (Shaw, 1982; Balsari *et al.*, 1989; Covarelli, 1989). Grazie a questa tecnica è possibile ridurre fino al 65% l'impiego di prodotto chimico (Pleasant *et al.*, 1996). La combinazione del diserbo chimico sulla fila con quello meccanico nell'interfila presenta, però, limitazioni applicative nei terreni pesanti, nei quali periodi prolungati di piogge possono compromettere la necessaria tempestività delle operazioni di sarchiatura (Ferrero e Vidotto, 1998).

Spazzolatrice ad asse orizzontale

Le spazzolatrici rotative sono attrezzature per il controllo meccanico delle piante infestanti introdotte soltanto in tempi recenti. Due risultano i modelli base: spazzolatrici ad asse orizzontale e spazzolatrici ad asse verticale. Le prime determinano il controllo delle infestanti sull'interfila, le seconde prevalentemente vicino alla fila della coltura. L'azione sulle infestanti è di lacerazione ed estirpazione. Nei modelli ad asse orizzontale la posizione delle spazzole sull'albero orizzontale può essere variata a seconda delle dimensioni dell'interfila e la coltura viene protetta con apposite schermature (Raffaelli e Peruzzi, 1998) (Fig. 1).

Le spazzolatrici trovano applicazione soprattutto nelle colture orticole (Bàrberi 2000; Tei *et al.*, 2003) e su infestanti nei primi stadi di sviluppo (Fogelberg e Dock Gustavsson, 1999). La scarsa efficacia nei confronti delle infestanti in stadi fenologici avanzati, la scarsa capacità operativa (0,3-0,5 ha h⁻¹) oltre ad una rapida usura delle spazzole ed una forte dipendenza dell'intervento dalle condizioni di umidità del terreno, rendono questo mezzo meccanico poco indicato nel mais e in

genere nelle colture erbacee impiantate a file distanziate, dove altri interventi meccanici risultano più rispondenti.

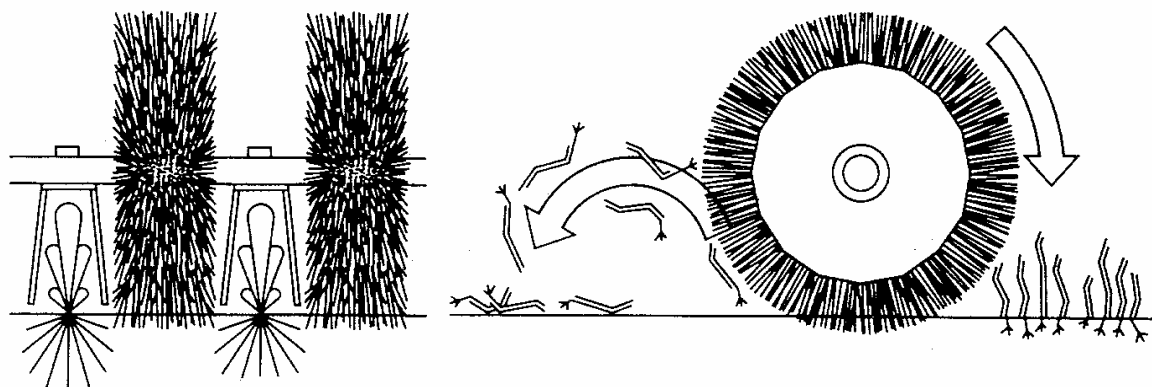


Figura 1. Spazzolatrice ad asse orizzontale: (a sinistra) vista frontale; (a destra) vista laterale

Sarchia-separatrice (split-hoe)

Apparsa recentemente sul mercato, la sarchia-separatrice, è stata progettata e brevettata in Germania per il controllo delle infestanti nell'interfila di colture erbacee, in particolare orticole.

Questa macchina riunisce in sé i vantaggi della sarchiatrice, della fresatrice interfilare e della spazzolatrice senza ereditarne gli svantaggi. Infatti, mentre ognuna di queste tre attrezzature ha alcuni limiti d'impiego (legati al tipo di infestante, alla tessitura ed umidità del terreno), la sarchia-separatrice risulta meno dipendente dai fattori indicati e quindi in grado di operare con un margine di applicazione più ampio rispetto alle altre tre, presentando, inoltre, un'azione meccanica energica e non selettiva tra infestanti giovani o adulte e annuali o perenni (Bàrberi e Frondoni, 1999).

Questa macchina determina il controllo delle infestanti nell'interfila della coltura, lasciando una sottile striscia (circa 8-10 cm) di terreno non lavorato a cavallo della fila, in corrispondenza di particolari protezioni per la coltura. L'azione di controllo delle infestanti è svolta da zappette rigide larghe e piane con vomeri orizzontali simmetrici e da robusti fili di acciaio montati su flange rotanti a mo' di spazzola. Le zappette tagliano e sollevano le infestanti assieme alla terra, mentre i fili di acciaio le estirpano e separano dal terreno facendole ricadere sulla superficie in modo tale che possano disseccare facilmente (Pannacci e Covarelli, 2003; Tugnoli, 2002; Frondoni e Bàrberi, 2000).

Anche se particolarmente adatta all'impiego in orticoltura, la sarchia-separatrice ha fornito buoni risultati anche quando impiegata su altre colture erbacee di pieno campo. In particolare, buoni livelli di efficacia sono stati ottenuti su barbabietola da zucchero in prove condotte in Emilia Romagna (Bartolozzi, 2001).

Nel centro Italia, in prove sperimentali su girasole infestato da *Amaranthus retroflexus* L.,

Solanum nigrum L., *Chenopodium album* L. ed *Echinochloa crus-galli* L., la sarchi-separatrice ha fornito valori di efficacia variabili dal 70% al 90% rispetto al controllo non trattato (Pannacci e Covarelli, 2005). Negli stessi ambienti, risultati analoghi sono stati ottenuti anche su mais, dove tuttavia, le infestanti non controllate sulla fila della coltura, hanno determinato riduzioni significative della produzione, rispetto al miglior controllo, variabili dal 17% al 22% (Pannacci e Covarelli, 2004).

Mezzi meccanici a prevalente azione di controllo nella fila della coltura

Nel controllo meccanico delle piante infestanti le colture agrarie, diverse sperimentazioni hanno mostrato come il problema maggiore sia rappresentato dal controllo delle infestanti sulla fila delle colture (Ascard e Bellinder, 1996; Melander e Rasmussen, 2001; Ascard e Fogelberg, 2002; Balsari *et al.*, 2002; Pannacci e Covarelli, 2003). Ciò ha portato allo sviluppo, soprattutto negli ultimi anni, di mezzi meccanici in grado di migliorare il controllo delle infestanti sulla fila, garantendo al contempo una buona selettività per la coltura, così che impiegate in abbinamento alle sarchiatrici possano consentire un aumento dell'efficacia totale degli interventi.

Diserbatore rotante a dita (sarchiatrice a dita rotanti o finger-weeder)

Tra i mezzi meccanici sviluppati recentemente per il controllo delle infestanti sulla fila,

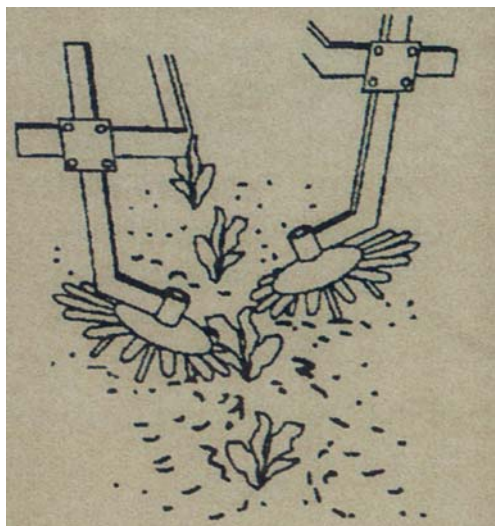


Figura 2. Schema del diserbatore rotante a dita o “finger-weeder”.

interessante risulta essere il diserbatore rotante a dita o “finger-weeder” (Fig. 2).

Questa macchina dispone di zappette rigide operanti nell'interfila, ad esse è affiancata una coppia di piattelli folli leggermente inclinati rispetto all'orizzontale, che lavorano uno di fronte all'altro sulla fila e dotati radialmente di dita gommate la cui funzione è quella di penetrare lungo la fila della coltura per il controllo delle piante infestanti. La profondità di lavoro varia generalmente da 1 a 3 cm. Questa macchina, per la precisione che richiede durante l'intervento, viene utilizzata con larghezza di lavoro e velocità di

avanzamento che sono limitate dalle possibilità di guida e che perciò non superano le 6 file ed i 4-5 km h⁻¹ (Raffaelli e Peruzzi, 1998).

Esperienze sperimentali condotte su colture orticole hanno mostrato un'efficacia erbicida non sempre soddisfacente, soprattutto su infestanti oltre le 2-4 foglie vere e in terreni compatti, ed una scarsa selettività verso le colture (Ascard e Bellinder, 1996; Kurstjens e Bleeker, 2000; Tei *et al.*,

2002). Su cipolla sono state riscontrate perdite produttive pari al 50% rispetto al diserbo chimico (Bàrberi, 2000).

In sperimentazioni su barbabietola da zucchero, finger-weeder ha mostrato una scarsa selettività che ne sconsiglia l'impiego prima delle 4-6 foglie della coltura, oltre ad una modesta efficacia (Ascard e Bellinder, 1996; Bàrberi, 1997; Kurstjens e Bleeker, 2000; Tugnoli, 2002). Su mais e girasole in presenza di elevate infestazioni di *A. retroflexus* L., *Portulaca oleracea* L., *C. album* L. ed *E. crus-galli* L., l'impiego della finger-weeder pur garantendo una buona selettività, ha mostrato un'efficacia erbicida sempre inferiore al 60%, svolgendo un'azione poco energica e condizionata sia dalle caratteristiche del terreno (umidità, tessitura) che dallo stadio di sviluppo delle infestanti; ciò soprattutto lungo la fila dove la sola azione delle dita rotanti permette di controllare solo le infestanti più piccole (Pannacci e Covarelli, 2004; 2005).

Diserbatore elastico (torsion-weeder)

Questo attrezzo, molto semplice, è costituito da denti elastici di acciaio (diametro di circa 9 mm). Questi formano una spira in corrispondenza dell'attacco al telaio (per conferirgli elasticità) e presentano una prima parte rettilinea verticale di circa 30-40 cm che raggiunge il terreno, a livello del quale hanno una torsione verso la fila della coltura con una seconda parte orizzontale, più corta della precedente, che arriva ad operare in prossimità della pianta coltivata (Raffaelli e Peruzzi, 1998) (Fig. 3). Normalmente, tale utensile viene inserito in attrezzature più complesse che ne

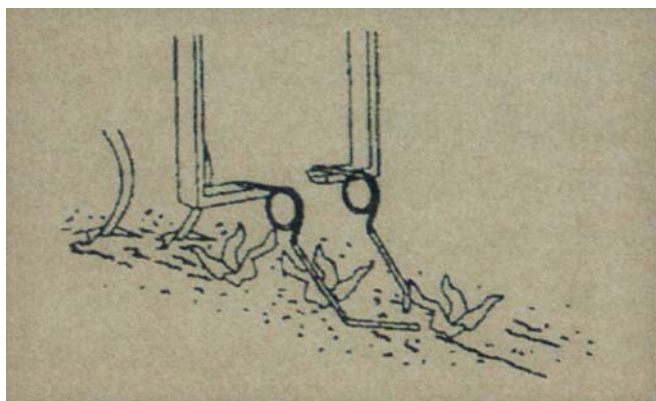


Figura 3. Schema del diserbatore elastico o “torsion-weeder”.

consentono un miglior adattamento al terreno e con altri utensili (lame orizzontali, zappette a doppio tagliente) che ne completano il controllo tra le file.

Il diserbatore elastico trova applicazione soprattutto su colture orticole, dove ha mostrato buoni risultati di efficacia uniti ad una buona selettività. Su cipolla si sono ottenute produzioni paragonabili a quelle del controllo chimico (Ascard e Bellinder, 1996; Bàrberi, 2000); su porro il torsion

weeder ha fornito un controllo delle infestanti pari all'80% (Kurstjens e Bleeker, 2000).

Esperienze condotte su mais e barbabietola da zucchero hanno mostrato una buona efficacia soprattutto su infestanti nei primi stadi di sviluppo e la possibilità di essere abbinato favorevolmente alle sarchiatrici di precisione (precision hoe); la selettività è spesso condizionata dallo stadio della coltura e da una corretta regolazione dell'attrezzo (Raffaelli *et al.*, 2005; Kurstjens e Bleeker, 2000).

Spazzolatrice ad asse verticale

In generale, per queste spazzolatrici vale quanto già detto per quelle ad asse orizzontale; tuttavia, nella versione ad asse verticale la spazzolatrice presenta una coppia di spazzole per ogni fila lavorata (Fig. 4). Le spazzole lavorano, in senso controrotante, a ridosso della fila, determinando il



Figura 4. Schema di una spazzolatrice ad asse verticale.

controllo delle infestanti molto vicino al colletto della coltura, grazie all'azione di eradicazione e distacco completo del terreno dalle radici che ne favorisce la devitalizzazione (Frondoni e Bàrberi, 2000).

Per l'elevato costo e le basse capacità operative anche le spazzolatrici ad asse verticale vengono impiegate solitamente in colture orticole ad alto reddito in combinazione con altri interventi tra le file per aumentare l'efficacia totale.

Mezzi meccanici a duplice azione di controllo (fila ed interfila)

Alcuni mezzi meccanici possono svolgere la loro azione di controllo sulle piante infestanti su tutta la superficie interessata dall'intervento indistintamente sia sulla fila sia sull'interfila della coltura. Si tratta di strumenti con elevate capacità operative in quanto risultano in grado di operare con buone velocità (da 6 fino a 15 km h⁻¹) e con larghezze di lavoro elevate (fino a 24 m).

Erpice strigliatore

L'erpice strigliatore è un attrezzo costituito da un telaio modulare su cui sono inseriti denti elastici di diametro variabile da 6 a 8 mm conformati a "J" e disposti su più file in modo da operare

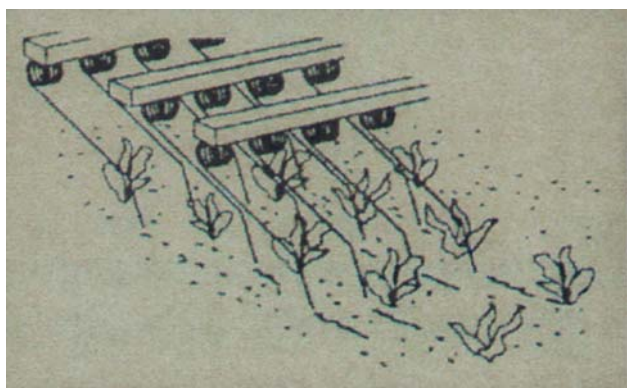


Figura 5. Schema dei denti elastici di un erpice strigliatore.

anche su strisce di terreno molto vicine tra loro, fino ad una distanza minima di 2,5 cm (Fig 5).

La profondità di lavoro dei denti può essere regolata variando sia la quota di appoggio di appositi ruotini, sia l'inclinazione dei denti, cioè l'angolo che questi formano con la perpendicolare alla superficie del terreno (Frondoni, 1994).

Per questi ed altri motivi, l'erpice strigliatore può essere considerato un mezzo meccanico dotato di una buona flessibilità d'impiego nel controllo

meccanico delle infestanti. Infatti, oltre all'impiego sui cereali autunno-vernini, dove costituisce il mezzo meccanico più utilizzato nelle aziende biologiche, negli ultimi anni diverse sperimentazioni hanno mostrato la possibilità di utilizzare favorevolmente l'erpice strigliatore anche su colture a file spaziate come mais, girasole, soia, fagiolino, carota, cipolla, ecc. (Ascard e Bellinder, 1996; Pleasant *et al.*, 1996; Dal Re e Donati, 2000; Raffaelli *et al.*, 2002a, 2002b). Oltre all'impiego in presenza della coltura, l'erpice strigliatore può essere utilizzato anche in assenza della coltura: per l'eliminazione delle infestanti prima della semina, quando venga realizzata la preparazione anticipata del letto di semina o in trattamenti in pre-emergenza della coltura nel caso di colture a lenta emergenza o quando la falsa semina non sia stata eseguita.

In prove sperimentali su mais, realizzate nel centro Italia, un intervento alle 3 foglie della coltura con erpice strigliatore, fatto seguire da una sarchiatura e rincalzatura, ha permesso di raggiungere livelli di efficacia pari al 97%, mostrando un'ottima selettività (Pannacci e Covarelli, 2004). Altre sperimentazioni su mais hanno fornito importanti informazioni sull'influenza della diversa regolazione dei denti sia in termini di efficacia sulle infestanti sia di selettività verso la coltura (Raffaelli *et al.*, 2005).

Un triennio di sperimentazione sul controllo meccanico delle infestanti nel mais

Materiali e metodi

La ricerca è stata condotta nel triennio 2002-2004 presso il Laboratorio Didattico Sperimentale di Papiano (PG), su terreno pianeggiante con tessitura argilloso-limosa (25% sabbia, 45% limo, 30% argilla). Sono state realizzate tre prove sperimentali, una per ogni anno. Il mais (cv. DK 440) è stato seminato il 29.04.2002, il 24.04.2003 e il 28.04.2004 a file distanti 0.5 m; l'emergenza si è avuta rispettivamente, 9, 7 e 11 giorni dopo la semina. Dopo l'emergenza le piante sono state diradate manualmente per ottenere un investimento di circa 7 piante m⁻².

In tutte le prove la precessione colturale è stata il frumento tenero, mentre per quanto riguarda la concimazione, al mais sono stati forniti 70 kg ha⁻¹ di P₂O₅ all'aratura e 150 kg ha⁻¹ di N alla semina. In tutti e tre gli anni, sono state eseguite due irrigazioni di circa 30 mm, una nel mese di giugno e una nel mese di luglio.

In un disegno sperimentale a blocchi randomizzati con 3 ripetizioni, su parcelle di 40 m², sono state poste a confronto le tesi sperimentali riportate in tabella 1, più un testimone non trattato (TNT).

I trattamenti chimici in pre-emergenza, sia a pieno campo (DP) che localizzati sulla fila (DL) per una larghezza di circa 0.25 m, sono stati eseguiti impiegando il formulato commerciale Primagram TZ[®] (metolachlor 322 g l⁻¹ + terbuthylazine 161 g l⁻¹, Syngenta) alla dose di 4.5 l ha⁻¹ di superficie trattata, distribuito in 300 l ha⁻¹ di soluzione erbicida.

Tabella 1. Tesi sperimentali a confronto nel triennio di sperimentazione 2002-2004.

Trattamenti	2002	2003	2004
Diserbo chimico in pre-emergenza a pieno campo (DP)	X	X	X
Dis. chimico in pre-em. localizzato sulla fila (DL) + sarchiatura (S)	X	X	X
Strigliatura (ST)	-	-	X
(Sarchiatura + rincalzatura) (SR)	X	X	X
Strigliatura (ST) + (sarchiatura + rincalzatura) (SR)	X	X	X
Sarchia-separatrice (SS)	X	X	X
Sarchiatrice a dita rotanti (SD)	X	X	X
Sarchia-separatrice (SS) + sarchiatrice a dita rotanti (SD)	X	X	X
Strigliatura (ST) + Sarchia-separatrice (SS) + sarchiatrice a dita rotanti (SD)	-	-	X

La sarchiatura dell'interfila (S) è stata effettuata mediante sarchiatrice tradizionale multifresa munita di utensili a zappette rotanti, azionati dalla presa di potenza della trattrice. La macchina ha operato con una velocità di avanzamento di 3 km h⁻¹, ad una profondità di lavoro di 5-7 cm, interessando l'85% della superficie del terreno, lasciando cioè una striscia di terreno non lavorato di circa 8 cm, in corrispondenza della fila. La sarchiatrice, inoltre è stata predisposta per poter eseguire, unitamente alla sarchiatura, anche l'operazione di rincalzatura (sarchiatura + rincalzatura, SR) mediante un rincalzatore ad alette fisse regolato in maniera tale da poter ricoprire le infestanti presenti sulla fila della coltura.

La strigliatura (ST) è stata eseguita utilizzando un erpice strigliatore (modello SF-30, Faza Macchine Agricole, Perugia) caratterizzato da denti flessibili del diametro di 7 mm regolati con un'inclinazione di -15° rispetto alla perpendicolare al suolo ed impiegato con una velocità di avanzamento di 6 km h⁻¹.

La sarchia-separatrice (SS) (*split-hoe*, Asperg, Germania) è stata utilizzata alla profondità di lavoro di 5-7 cm, con una velocità di avanzamento di 3 km h⁻¹. Questa macchina, come già visto, determina il controllo delle infestanti nell'interfila della coltura, lasciando una striscia, larga circa 10 cm, di terreno non lavorato a cavallo della fila, in corrispondenza di particolari tunnel in lamiera necessari alla protezione della coltura. L'azione di controllo delle infestanti è svolta da zappette rigide ad ali orizzontali e da robusti fili di acciaio montati su flange rotanti a mo' di spazzola. Le zappette sollevano e tagliano le infestanti, mentre i fili di acciaio le estirpano e separano dal terreno facendole ricadere sulla superficie in modo tale che possano disseccare facilmente.

La sarchiatrice a dita rotanti (SD) (*finger-weeder*, Kress & Co, Germania) è stata utilizzata alla profondità di lavoro di 3 cm, con una velocità di avanzamento di 3 km h⁻¹. Questa macchina

dispone di zappette rigide operanti nell'interfila, ad esse è affiancata una coppia di piattelli folli inclinati, che lavorano uno di fronte all'altro e dotati radialmente di dita gommate la cui funzione è quella di penetrare lungo la fila della coltura per il controllo delle piante infestanti. In ragione di quest'ultima caratteristica si è scelto di impiegare la sarchiatrice a dita rotanti (SD) anche in aggiunta all'intervento con la sarchia-separatrice (SS) allo scopo di riuscire a controllare anche le infestanti presenti lungo la fila della coltura. Nel 2004, inoltre, a questo doppio intervento si è pensato anche di far precedere un passaggio con erpice strigliatore (ST + SS + SD) per migliorare l'efficacia del controllo meccanico; l'erpice strigliatore è stato anche impiegato da solo.

Le epoche di intervento e lo stadio della coltura e delle piante infestanti al momento dei trattamenti sono riportati in tabella 2.

Tabella 2. Date dei trattamenti e relativi stadi fenologici della coltura e delle piante infestanti

Tesi sperimentali	Date interventi			Stadio coltura	Stadio infest. dicotiledoni	Stadio infest. monocotiled.
	2002	2003	2004			
DP	2/5	29/4	3/5	pre-emerg.	pre-emerg.	pre-emerg.
DL + S	2/5 + 31/5	29/4 + 26/5	3/5 + 9/6	pre-em. + 4-5 fg.	pre-em. + 4 fg.	pre-em. + 2-3 fg.
ST	-	-	1/6	3 fg.	2 fg.	1-2 fg.
SR	31/5	26/5	9/6	4-5 fg.	4 fg.	2-3 fg.
ST + SR	21/5 + 31/5	12/5 + 26/5	1/6 + 9/6	3 fg. + 4-5 fg.	2 fg. + 4 fg.	1-2 fg. + 2-3 fg.
SS	24/5	16/5	4/6	3-4 fg.	2-4 fg.	2 fg.
SD	24/5	16/5	4/6	3-4 fg.	2-4 fg.	2 fg.
SS + SD	24/5	16/5	4/6	3-4 fg.	2-4 fg.	2 fg.
ST + SS + SD	-	-	1/6 + 4/6	3 fg. + 3-4 fg.	2 fg. + 2-4 fg.	1-2 fg. + 2 fg.

L'efficacia erbicida delle diverse tecniche di controllo è stata valutata mediante: rilievo visivo sul ricoprimento percentuale delle diverse specie infestanti; conta e determinazione del peso secco (su tre quadrati, di 0.25 m² ciascuno, per parcella) delle diverse specie infestanti. I dati così rilevati sono stati espressi come riduzione percentuale rispetto al testimone non trattato. I parametri indicati sono stati rilevati il 09.07, il 01.07 ed il 08.07, rispettivamente per la prova del 2002, del 2003 e del 2004, dopo circa 4-5 settimane dagli ultimi trattamenti meccanici.

Alla raccolta del mais, eseguita il 07.10 nel 2002, il 12.09 nel 2003 ed il 24.09 nel 2004, in ciascuna parcella sperimentale, sono stati rilevati: numero di piante, altezza (determinata all'inserzione dell'ultima foglia), numero delle piante sterili (esprese in percentuale sulle piante totali), produzione in granella.

I dati ottenuti sono stati sottoposti ad analisi della varianza per valutare l'errore sperimentale per ciascuna delle variabili rilevate; i dati sulla riduzione percentuale delle piante infestanti sono stati preventivamente trasformati in arcseno (Gomez e Gomez, 1984). Le medie delle diverse tesi sono state separate mediante MDS protetta per $p=0.05$.

Risultati e discussione

Composizione della flora infestante

La composizione della flora infestante rilevata nei testimoni non trattati nei tre anni di sperimentazione è riportata in tabella 3.

Tabella 3. Ricoprimento (%), densità (n. piante m^{-2}) e peso secco (g m^{-2}) delle specie infestanti presenti nelle prove sperimentali (tra parentesi gli errori standard).

Specie infestanti*	2002			2003			2004		
	Ricopr.	Densità	P. secco	Ricopr.	Densità	P. secco	Ricopr.	Densità	P. secco
AMARE	24 (6,7)	6 (2,3)	73 (60,1)	31 (6,7)	5 (1,6)	40 (16,0)	75 (0)	18 (3,9)	97 (24,5)
AMIMA	8 (2,9)	7 (4,1)	7 (4,6)	--	--	--	--	--	--
CHEAL	28 (5,8)	5 (1,8)	28 (13,4)	88 (0)	27 (8,7)	231 (19,7)	63 (7,2)	24 (8,9)	128 (39,9)
ECHCG	54 (4,2)	15 (3,7)	121 (63,9)	7 (2,1)	5 (2,4)	15 (13,1)	--	--	--
FALCO	--	--	--	7 (2,1)	2 (0,9)	6 (2,9)	--	--	--
POLAV	7 (2,1)	4 (2,0)	23 (12,7)	--	--	--	--	--	--
POLPE	33 (11,4)	6 (2,0)	52 (19,9)	--	--	--	--	--	--
POROL	38 (6,5)	10 (3,1)	10 (4,3)	11 (3,6)	21 (11,5)	8 (2,4)	11 (0)	7 (2,4)	8 (2,0)
Altre	30 (9,2)	16 (4,0)	20 (6,2)	15 (8,4)	6 (0,9)	18 (9,9)	34 (3,3)	10 (1,2)	32 (3,8)
TOTALE	223 (14,2)	69 (1,8)	334 (49,4)	158 (13,9)	65 (11,3)	306 (18,9)	183 (4,6)	59 (2,2)	265 (62,6)

*Specie infestanti: AMARE: *Amaranthus retroflexus* L.; AMIMA: *Ammi majus* L.; CHEAL: *Chenopodium album* L.; ECHCG: *Echinochloa crus-galli* L. (Beauv.); FALCO: *Fallopia convolvulus* (L.) Holub.; POLAV: *Polygonum aviculare* L.; POLPE: *Polygonum persicaria* L.; POROL: *Portulaca oleracea* L.

In particolare, nel 2002 la flora infestante era composta in prevalenza da specie dicotiledoni quali: *Portulaca oleracea* L. (POROL), *Polygonum persicaria* L. (POLPE), *Chenopodium album* L. (CHEAL), *Amaranthus retroflexus* L. (AMARE), *Ammi majus* L. (AMIMA) e *Polygonum aviculare* L. (POLAV), con una consistente presenza, tuttavia, di *Echinochloa crus-galli* L. (Beauv.) (ECHCG) tra le specie graminacee. Le infestanti sporadiche (denominate in tabella con "altre") erano costituite da: *Lolium multiflorum* Lam., *Fallopia convolvulus* (L.) Holub., *Picris echinoides* L., *Solanum nigrum* L., *Heliotropium europaeum* L., *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop., *Kichxia spuria* (L.) Dumort e *Stachys annua* (L.) L.

Nel 2003, l'infestazione era costituita quasi esclusivamente da specie dicotiledoni con un'elevata presenza di *C. album* ed in misura minore *A. retroflexus*, *P. oleracea*, *F. convolvulus* (FALCO).

Scarsa la presenza delle infestanti graminacee (esclusivamente *E. crus-galli*) e di altre infestanti sporadiche quali *L. multiflorum*, *P. echiodes*, *S. nigrum*, *P. aviculare*, *Polygonum lapathifolium* L., *Rumex obtusifolius* L., *Convolvulus arvensis* L.

Anche nel 2004, infine, l'infestazione era costituita per lo più da specie dicotiledoni, in particolare *C. album* e *A. retroflexus* con scarsa presenza di *P. oleracea*. Le graminacee, presenti in maniera sporadica, erano *E. crus-galli*, *Setaria verticillata* L., *D. sanguinalis*, insieme ad altre dicotiledoni sporadiche quali *S. nigrum*, *P. aviculare*, *F. convolvulus*, *P. lapathifolium*, *A. majus* e *P. echiodes*.

Nel complesso l'entità delle infestazioni è risultata sempre elevata con ricoprimenti variabili dal 158% al 223% e densità comprese tra 59 e 69 piante m⁻².

Efficacia dei trattamenti

Il diserbo chimico, sia a pieno campo (DP) che localizzato sulla fila e fatto seguire dalla sarchiatura dell'interfila (DL + S), ha sempre mostrato la miglior efficacia erbicida con riduzioni del ricoprimento, della densità e del peso delle piante infestanti praticamente pari al 100% rispetto al testimone non trattato (Tab. 4); ciò evidenzia come sia possibile ridurre anche del 50% l'impiego degli erbicidi, senza riduzioni di efficacia, abbinando la sarchiatura nell'interfila al diserbo chimico localizzato lungo la fila.

Tra gli interventi di controllo meccanico, la sarchiatura abbinata alla rincalzatura e fatta precedere da un intervento di strigliatura (ST + SR) ha sempre fornito i migliori risultati, mostrando un'efficacia elevata sia nei confronti delle infestanti monocotiledoni (costituite quasi esclusivamente da *E. crus-galli*) sia di quelle dicotiledoni (soprattutto *C. album*, *A. retroflexus*, *P. oleracea* e *Polygonum persicaria*); di poco inferiori, ma non in maniera significativa, i risultati forniti dalla sola sarchiatura abbinata alla rincalzatura (SR).

In particolare, nel triennio la riduzione del ricoprimento totale delle infestanti (rispetto al TNT), è risultata compresa tra il 95% e il 97% per la strigliatura seguita da sarchiatura + rincalzatura (ST + SR) e tra il 91% e il 94% per sarchiatura + rincalzatura (SR), mentre la riduzione della densità totale (sempre rispetto al TNT) è risultata compresa tra l'89% e il 95% per ST + SR e tra l'89% e il 92% per SR. Tali valori di efficacia, seppur in media inferiori a quelli del controllo chimico, in alcuni casi (nel 2002 e 2003 ST + SR), sono risultati statisticamente paragonabili ad esso.

La sarchia-separatrice (SS) e la sarchiatrice a dita rotanti (SD), quando impiegate da sole hanno mostrato un'efficacia erbicida, sempre inferiore rispetto agli interventi meccanici basati sulla sarchiatura + rincalzatura (cioè, SR e ST + SR) con differenze, quasi sempre (se si esclude il 2004), statisticamente significative.

Tabella 4. Efficacia dei trattamenti sulla riduzione del ricoprimento, della densità e del peso secco del totale delle piante infestanti

Trattamenti	Riduzione percentuale delle piante infestanti								
	Ricoprimento			Densità			Peso secco		
	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004
DP	99 ab	99 a	100 a	100 a	99 ab	100 a	100 a	100 a	100 a
DL + S	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
ST	- -	- -	52 d	- -	- -	44 e	- -	- -	30 c
SR	94 cd	91 bc	92 bc	89 b	92 bc	92 b	92 bc	95 a	88 b
ST + SR	97 bc	95 b	95 b	92 b	95 bc	89 bc	94 ab	96 a	88 b
SS	87 d	71 d	86 bc	76 c	90 cd	86 bcd	80 cd	71 bc	77 b
SD	66 e	57 e	84 c	56 d	82 d	77 d	49 e	54 c	68 b
SS + SD	86 d	87 c	82 c	86 b	94 bcd	81 cd	69 de	80 b	79 b
ST + SS + SD	- -	- -	89 bc	- -	- -	84 bcd	- -	- -	82 b
Testimone non trattato	223	158 (%)	183	69	65 (n. piante m ⁻²)	59	334	306 (g m ⁻²)	265

In ogni colonna le medie aventi lettere in comune non sono significativamente diverse tra loro (p<0.05).

In particolare, nel 2002 la sarchia-separatrice (SS) ha permesso una riduzione del ricoprimento pari all'87% (rispetto al testimone non trattato) ed una riduzione di densità pari al 76%, mostrando un ottimo controllo nell'interfila, ma lasciando indisturbate le infestanti lungo la fila in corrispondenza della striscia di terreno non interessata dall'azione meccanica. Nel 2003, invece, la sarchia-separatrice (SS) ha fornito un controllo del 90% della densità totale delle infestanti, ma solo del 71% in termini di ricoprimento totale e peso secco totale; ciò è stato determinato in particolare dall'elevato sviluppo che hanno raggiunto le piante di *C. album* non controllate lungo la fila (38% di ricoprimento).

La sarchiatrice a dita rotanti (SD) ha fornito, nel 2002, un'efficacia erbicida significativamente più bassa della sarchia-separatrice (SS) sia nei confronti delle infestanti dicotiledoni (soprattutto verso *P. persicaria*, *C. album* e *A. retroflexus*) sia e soprattutto verso le monocotiledoni (*E. crus-galli* in particolare), come testimoniano i dati sulla riduzione percentuale del ricoprimento, della densità e del peso secco; mostrando uno scarso controllo sia sulla fila che nell'interfila. Nel 2003, la sarchiatrice a dita rotanti (SD) ha mostrato, rispetto al 2002, una maggiore efficacia erbicida in termini di riduzione della densità delle infestanti, ciò dovuto alla scarsa presenza di infestanti monocotiledoni verso le quali questa macchina ha mostrato un'efficacia limitata. Ciononostante, le infestanti non controllate (soprattutto *C. album* e *A. retroflexus*) hanno determinato un ricoprimento

totale pari al 43% di quello presente nel testimone non trattato (TNT), con analoghi valori di peso secco (46% rispetto a quello del testimone non trattato), confermando un'insufficiente capacità di controllo della sarchiatrice a dita rotanti anche nei confronti delle infestanti dicotiledoni.

L'intervento con sarchia-separatrice + sarchiatrice a dita rotanti (SS + SD) ha determinato livelli di ricoprimento quasi sempre paragonabili a quelli del trattamento con la sola sarchia-separatrice (SS); tuttavia, rispetto a quest'ultima, nel 2002, l'aggiunta della sarchiatrice a dita rotanti (SD) ha permesso un controllo sufficiente anche lungo la fila della coltura, con un significativo incremento di efficacia in termini di riduzione della densità delle infestanti totali dal 76% all'86%; questa riduzione ha tuttavia riguardato solo le infestanti dicotiledoni (da 12 a 6 piante m⁻²) e non le monocotiledoni (da 5 a 4 piante m⁻²), meno sensibili, come già visto, all'azione della sarchiatrice a dita rotanti (SD). Bisogna inoltre osservare che all'aumento di efficacia in termini di riduzione della densità si è comunque accompagnato un decremento di efficacia, seppur non significativo, in termini di riduzione del peso secco dall'80% al 69%; ciò per il maggior sviluppo in dimensioni delle erbe infestanti sopravvissute (incremento del peso secco da 67,5 g m⁻² nel caso della sarchia-separatrice a 102 g m⁻² nel caso della sarchia-separatrice + sarchiatrice a dita rotanti) che potrebbe, verosimilmente, essere derivato da una minor competizione, soprattutto lungo la fila, tra le infestanti sfuggite al controllo. Nel 2003, l'aggiunta della sarchiatrice a dita rotanti alla sarchia-separatrice ha permesso un significativo incremento di efficacia sulla riduzione del ricoprimento rispetto a quest'ultima impiegata da sola. Nel 2004, invece, non si sono avute differenze significative in termini di efficacia tra la sarchiatrice a dita rotanti e la sarchia-separatrice sia da sole che quando impiegate in abbinamento; ciò probabilmente va ricercato nella presenza di una flora infestante meno difficile come testimoniato da i più bassi valori di densità e peso secco (Tab. 3).

In generale, tuttavia, l'impiego di entrambe le macchine (SS + SD) ha fornito buoni risultati con valori di efficacia variabili dal 69% fino al 94% sia in termini di riduzione del ricoprimento, che della densità delle infestanti, rispetto al TNT.

Nel 2004, l'erpice strigliatore impiegato da solo ha mostrato la più bassa efficacia erbicida con valori variabili dal 30% al 52%; il suo impiego prima della SS + SD non ne ha aumentato significativamente l'efficacia.

Con riferimento ai trattamenti di sarchiatura + rincalzatura (SR) e sarchia-separatrice + sarchiatrice a dita rotanti (SS + SD) risulta evidente come questi, abbiano mostrato (soprattutto nel 2002 e 2003) delle differenze significative tra i dati di efficacia in termini di riduzione del peso secco del totale delle infestanti, pur risultando di lieve entità le differenze in termini di riduzione della densità delle piante infestanti. Ciò sta a significare che la sarchiatura abbinata alla rincalzatura ha permesso di diminuire in maniera considerevole il peso delle piante infestanti non controllate, rispetto a sarchia-separatrice + sarchiatrice a dita rotanti, che hanno invece svolto un'azione di tipo

“on/off”, cioè in grado di devitalizzare o non devitalizzare le piante, senza alcun significativo effetto sull'accrescimento di quelle non controllate, come riscontrato anche in altre colture con altri mezzi meccanici di controllo (Rasmussen, 1991, 1993; Rasmussen e Rasmussen, 1995). In particolare, la sarchia-separatrice ha mostrato un'azione energica nell'interfila devitalizzando le infestanti presenti senza risentire troppo né delle condizioni del terreno né dello stadio di sviluppo delle infestanti; tuttavia non ha controllato le infestanti lungo la fila. La sarchiatrice a dita rotanti, invece, ha svolto un'azione meno energica e più sensibile alle condizioni del terreno e allo stadio di sviluppo delle infestanti sia nell'interfila che, soprattutto, lungo la fila per la sola azione delle dita rotanti, riuscendo a controllare solo le infestanti più piccole. La sarchiatura abbinata alla rincalzatura, infine, ha consentito un ottimo controllo nell'interfila grazie all'energica azione della sarchiatrice, permettendo inoltre, tramite l'azione di seppellimento della rincalzatura, di devitalizzare e contenere, le infestanti lungo la fila dove più difficile risulta il controllo.

In questa sperimentazione la sarchiatura è stata eseguita con macchina fresatrice; tuttavia, è importante ricordare che in presenza di infestanti perenni è consigliabile impiegare sarchiatrici costituite da elementi sarchianti (denti flessibili, denti rigidi, dischi con lame uncinati, ecc.) che non determinino la frammentazione degli organi di propagazione vegetativa.

Produzione della coltura

Il numero di piante al raccolto non ha mai mostrato differenze significative tra le diverse tesi sperimentali, a dimostrazione della buona selettività dei trattamenti nei confronti della coltura (Tab. 5). Anche le altezze non sono risultate mai significativamente diverse tra i diversi trattamenti, mentre nel testimone non trattato (TNT) le piante hanno mostrato altezze sempre sensibilmente inferiori a causa della competizione esercitata dall'abbondante flora infestante presente. Ciò ha determinato inoltre una differenza, seppur non significativa, nella percentuale delle piante sterili.

La produzione di granella è risultata in generale più bassa nel 2003 rispetto agli altri due anni; ciò a causa delle più basse precipitazioni accompagnate da temperature più alte nei mesi di luglio, agosto e settembre che si sono verificate nel 2003 e che hanno determinato, inoltre, un anticipo della raccolta.

I risultati produttivi hanno sempre mostrato differenze elevate tra il TNT e le tesi trattate. In particolare le differenze tra il TNT e la tesi del diserbo chimico a pieno campo (DP), risultata praticamente sempre la più produttiva, sono state pari a 8.48 t ha⁻¹ nel 2002, 4.54 t ha⁻¹ nel 2003 e 6.00 t ha⁻¹ nel 2004, a conferma delle ingenti perdite produttive che si verificano in questa coltura senza il controllo delle infestanti.

Tabella 5. Densità delle piante, altezza, percentuale delle piante sterili e produzione in granella della coltura al raccolto

Tesi a confronto	2002				2003				2004			
	n. piante m ⁻²	altezza piante (cm)	piante sterili (%)	produzione granella (t ha ⁻¹) (U. 15.5%)	n. piante m ⁻²	altezza piante (cm)	piante sterili (%)	produzione granella (t ha ⁻¹) (U. 15.5%)	n. piante m ⁻²	altezza piante (cm)	piante sterili (%)	produzione granella (t ha ⁻¹) (U. 15.5%)
TNT	6.8	137	11.4	1.59	6.6	187	7.7	2.64	6.2	162	12.4	4.09
DP	6.8	179	0.7	10.07	6.7	221	1.0	7.18	6.6	187	1.3	10.09
DL + S	6.9	176	1.6	9.57	6.8	226	0.8	7.02	6.5	187	1.0	9.82
ST	-	-	-	-	-	-	-	-	6.4	174	2.7	6.99
SR	6.9	173	1.2	8.75	6.7	206	1.3	6.75	6.4	183	0.5	10.30
ST + SR	6.8	157	2.5	8.52	6.8	221	1.0	6.44	6.5	181	2.1	9.39
SS	6.8	164	2.2	8.00	6.7	217	3.1	5.50	6.5	186	2.4	8.51
SD	6.8	157	2.2	5.51	6.6	214	1.0	5.64	6.3	184	3.0	7.86
SS + SD	6.8	171	1.8	8.10	6.7	220	1.0	6.63	6.4	184	1.3	8.95
ST + SS + SD	-	-	-	-	-	-	-	-	6.4	193	3.2	9.51
<i>M.D.S. (P<0.05) ⁽¹⁾</i>	<i>n.s.</i>	22	<i>n.s.</i>	1.48	<i>n.s.</i>	22	<i>n.s.</i>	1.43	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	2.78
<i>M.D.S. (P<0.05) ⁽²⁾</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	1.60	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	1.13	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>

⁽¹⁾compreso il testimone non trattato; ⁽²⁾escluso il testimone non trattato; n.s.=non significativo

Considerando invece le differenze produttive tra i diversi trattamenti, le tesi con il diserbo chimico, pur risultando sempre le più produttive, non hanno mai fornito produzioni significativamente diverse da quelle delle due tesi con sarchiatura + rincalzatura (vale a dire, SR e ST + SR) e della tesi sarchia-separatrice + sarchiatrice a dita rotanti (SS + SD). Queste ultime due macchine, quando impiegate da sole, tuttavia, hanno sempre fornito i risultati produttivi più bassi, unitamente al solo intervento con erpice strigliatore nel 2004.

In ognuno degli anni di sperimentazione, è stata riscontrata una regressione lineare significativa tra i dati del peso secco (g m⁻²) del totale delle infestanti non controllate e quelli della produzione (t ha⁻¹) della coltura. In particolare, le rette di regressione tra peso secco delle infestanti (x) e produzione della coltura (y) sono risultate: $y = -0.012x + 9.64$, $R^2 = 0.97$ nel 2002; $y = -0.005x + 7.05$, $R^2 = 0.95$ nel 2003 e $y = -0.021x + 10.17$, $R^2 = 0.91$ nel 2004. Da queste relazioni è possibile rilevare come ad ogni 100 grammi m⁻² di incremento della biomassa secca delle infestanti è corrisposta una perdita produttiva pari a 1.2 t ha⁻¹ nel 2002, a 0.5 t ha⁻¹ nel 2003 e a 2.1 t ha⁻¹ nel 2004, corrispondenti rispettivamente al 12%, al 7% e al 21% delle relative produzioni massime, ottenute nelle migliori tesi erbicide in assenza di infestanti.

Quanto sopra riportato dimostra come nel mais il controllo meccanico delle piante infestanti debba cercare, oltre ad aumentare la sua efficacia nella riduzione del numero di piante infestanti vitali, anche a ridurre e contenere lo sviluppo delle infestanti non devitalizzate, allo scopo di

diminuire la competizione nei confronti della coltura. Di conseguenza, l'impiego di macchine come sarchia-separatrice e sarchiatrice a dita rotanti deve essere valutato con attenzione, in quanto queste risultano meno influenti sulla capacità competitiva delle infestanti non controllate, rispetto alla sarchiatura abbinata alla rincalzatura.

Conclusioni

L'integrazione tra controllo chimico e meccanico trova, nel diserbo localizzato sulla fila seguito dalla sarchiatura meccanica nell'interfila un'ottima tecnica per ottenere riduzioni, anche fino al 50%, nell'impiego degli erbicidi, mantenendo livelli di efficacia elevati.

Tra le tecniche di controllo meccanico, la sarchiatura abbinata alla rincalzatura rappresenta un mezzo di controllo molto efficace sia per quanto riguarda l'eliminazione delle piante infestanti che perché permette di ridurre lo sviluppo delle malerbe che, per vari motivi, possono sfuggire all'intervento. Ciò si realizza soprattutto lungo la fila della coltura, dove più difficile risulta il controllo meccanico e la possibilità quindi per le piante non controllate di accrescersi indisturbate e competere con la coltura. Far precedere di alcuni giorni sarchiatura e rincalzatura da un intervento con erpice strigliatore aumenta l'efficacia globale con risultati paragonabili a quelli del controllo chimico.

Macchine innovative come la sarchia-separatrice e la sarchiatrice a dita rotanti mostrano alcune limitazioni nel controllo delle piante infestanti. La sarchia-separatrice consente un ottimo controllo delle infestanti nell'interfila con un'azione energica che poco risente sia delle condizioni del terreno (umidità, secchezza) che dello stadio di sviluppo delle infestanti; tuttavia non permette il controllo a ridosso della fila, in corrispondenza della striscia di terreno non lavorato a protezione della coltura, proprio dove le infestanti possono competere maggiormente. Va detto, tuttavia, che tale inconveniente si verifica anche con l'impiego della sarchiatura se questa non viene abbinata alla rincalzatura. La sarchiatrice a dita rotanti permette un controllo parziale delle infestanti, soprattutto nei confronti delle monocotiledoni, svolgendo un'azione poco energica che può risentire molto sia delle condizioni di umidità del terreno che dello sviluppo delle infestanti e questo soprattutto lungo la fila, dove l'unica azione di controllo è svolta dalla rotazione delle dita gommate le quali difficilmente riescono a devitalizzare infestanti già sviluppate e in condizioni di umidità del terreno non ideali. Tuttavia, soprattutto in assenza di infestanti monocotiledoni, l'impiego combinato di sarchia-separatrice e sarchiatrice a dita rotanti aumenta l'efficacia globale raggiungendo livelli di controllo soddisfacenti, anche se queste macchine determinano uno scarso effetto sullo sviluppo e quindi sulla capacità competitiva delle infestanti non controllate.

Bibliografia

- ASCARD J, BELLINDER RM (1996) Mechanical in-row cultivation in row crop. In: *Proceeding Second International Weed Control Congress*, Copenhagen, Denmark, 1121-1126.
- ASCARD J, FOGELBERG F (2002) Mechanical intra-row weed control in organic onion production. In: *Proceedings 5th EWRS Workshop on Physical Weed Control*, Pisa, Italy, 125.
- BALSARI P, AIROLDI G, FERRERO A (1993) Evaluation of the mechanical weed control in maize and soybean. In: *Proceedings 8th EWRS Symposium "Quantitative approaches in weed and herbicides research and their practical application"* Braunschweig, 1993, 341-348.
- BALSARI P, AIROLDI G, FERRERO A (2002) Mechanical and physical weed control in maize. In: *Proceedings 5th EWRS Workshop on Physical Weed Control*, Pisa, Italy, 18-31.
- BALSARI P, AIROLDI G, FERRERO A e MAGGIORE T (1989) Lotta integrata alle malerbe del mais. *L'Informatore Agrario* 45 (30), 61-73.
- BÀRBERI P (1997) Il controllo delle infestanti con mezzi non chimici. *L'Informatore Agrario*, 11, 25-32.
- BÀRBERI P (2000) Il controllo integrato delle infestanti nelle colture orticole. *L'Informatore Agrario* 21: 91-97.
- BÀRBERI P (2002) Weed management in organic agriculture: are we addressing the right issues? *Weed Research* 42: 177-193.
- BÀRBERI P, FRONDONI U (1999) Innovazioni dalla ricerca sul controllo delle flora infestante. *L'Informatore Agrario*, 42, 123-127.
- BARTOLOZZI F (2001) Il diserbo integrato nella bietola funziona. *Terra e Vita*, 29, 74-76.
- BERTI A, ZANIN G, ONOFRI A, SATTIN M (2001) Sistema integrato di gestione delle malerbe (IWMS). In: *Malerbologia* (Catizone P. e Zanin G., coord.) Pàtron Editore, Bologna: 659-711.
- BOND W, GRUNDY AC (2001) Non-chemical weed management in organic farming systems. *Weed Research*, **41**, 383-405.
- BUHLER DD (2002) Challenges and opportunities for integrated weed management. *Weed Science* 50: 273-280.
- COVARELLI G (1989) Possibilità e limiti del controllo agronomico delle erbe infestanti. In: *Atti del Convegno SILM "Il diserbo delle colture agrarie: attualità e prospettive"*. Torino, 85-118.
- DAL RE L, DONATI C (2000) Girasole biologico, rese in linea. *Il Contoterzista, supplemento Macchine Ecologiche*, **5**, 11-12.
- FERRERO A, CASINI P (2001) Mezzi meccanici. In: *Malerbologia* (Catizone P. e Zanin G., coordinatori), Pàtron Editore, Bologna: 251- 262.
- FERRERO A, VIDOTTO F (1998) Mezzi alternativi al diserbo chimico. In: *Atti XI Convegno Biennale S.I.R.F.I. "Il controllo della flora infestante nelle colture orticole"*, Bari, 12-13

novembre 1998, 63-110.

- FOGELBERG F, DOCK GUSTAVSSON AM (1999) Mechanical damage to annual weeds and carrots by in-row brush weeding. *Weed Research* 39: 469-479.
- FRONDONI U (1994) Tecniche ed attrezzature per la gestione sostenibile delle erbe infestanti. In: *Atti dell'incontro tecnico "Il controllo delle erbe infestanti con mezzi non chimici"*, Gemona del Friuli, Italia, 18-31.
- FRONDONI U, BÀRBERI P (2000) Attrezzature per le colture erbacee. *Il Contoterzista, supplemento Macchine Ecologiche*, 5, 19-25.
- GOMEZ KA, GOMEZ AA (1984) Test for homogeneity of variances. In: *Statistical procedures for agricultural research*, 2nd edn., J. Wiley & Sons, New York, USA, pp. 467-471.
- KURSTJENS D, BLEEKER P (2000) Optimising torsion weeders and finger weeders. In: *Proceedings 4th EWRS Workshop on Physical Weed Control*, Elspeet, The Netherlands, 30-32.
- MELANDER B, RASMUSSEN G (2001) Effect of cultural methods and physical weed control on intrarow weed numbers, manual weeding and marketable yield in direct-sown leek and bulb onion. *Weed Research*, 41, 491-508.
- PANNACCI E, COVARELLI G (2003) Valutazione dell'efficacia di mezzi meccanici tradizionali e innovativi nel controllo delle piante infestanti il girasole. In: *Atti XXXV Convegno della Società Italiana di Agronomia*, Portici, 235-236.
- PANNACCI E, COVARELLI G (2004) Il controllo meccanico delle piante infestanti il mais. In: *Atti XIV Convegno S.I.R.F.I. "Le attuali problematiche delle erbe infestanti: il ruolo del contoterzismo"*, Cremona 30 gennaio 2004: 181-192.
- PANNACCI E, COVARELLI G (2005) Mechanical weed control in sunflower. In: *Proceedings 13th EWRS Symposium*, 19-23 June 2005, Bari, Italy.
- PAOLINI R (2001) Il controllo integrato delle infestanti: nuove idee e maggiore concretezza. *L'Informatore Agrario* 26: 67-72.
- PLEASANT JMt, FRISCH JC, MOHLER C, BURT R (1996) Cultivation basics for weed control in corn. *Information Bulletin* 241, Cornell University.
- RAFFAELLI M, PERUZZI A (1998) Controllo delle infestanti, le attrezzature "ecologiche". *Terra e Vita*, 4, 33-41.
- RAFFAELLI M, BÀRBERI P, PERUZZI A, GINANNI M (2002a) Options for mechanical weed control in grain maize – effects on weeds. In: *Proceedings 5th EWRS Workshop on Physical Weed Control*, Pisa, Italy, 147-152.
- RAFFAELLI M, PERUZZI A, GINANNI M, DI CIOLO S (2002b) Mechanical weed control in sunflower and soyabean crops using spring-tine harrow: results of two-year trials. *Agricoltura Mediterranea*, 132, 112-121.

- RAFFAELLI M, BÀRBERI P, PERUZZI A, GINANNI M (2005) Mechanical weed control in maize: evaluation of weed harrowing and hoeing systems. *Agricoltura Mediterranea*, 135, 33-43.
- 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 "Quantitative approaches in weed and herbicide research and their practical application"*, Braunschweig, 153-158
- RASMUSSEN J, RASMUSSEN K (1995) A strategy for mechanical weed control in spring barley. In: *Proceedings 9th EWRS Symposium "Challenges for Weed Science in a Changing Europe"*, Budapest, 557-564.
- SHAW WC (1982) Integrated weed management systems technology for pest management. *Weed Science* 30 (suppl. 1), 2-12.
- TEI F, PANNACCI E (2005) La gestione integrata della flora infestante nelle colture orticole. Review n. 2 – *Italus Hortus*, 12, (4), 45-62.
- TEI F, STAGNARI F, GRANIER A (2002) Preliminary results on physical weed control in processing spinach. In: *Proceedings 5th EWRS Workshop on Physical and cultural weed control*, Pisa, Italy, 11-13 March 2002: 164-170.
- TEI F, MONTEMURRO P, BAUMANN DT, DOBRZANSKI A, GIOVINAZZO R, KLEIFELD Y, ROCHA F, RZOZI RS, SANSEOVIC T, ZARAGOZA C (2003) Weeds and weed management in processing tomato. *Acta Horticulturae* 613: 111-121.
- TUGNOLI V (2002) Sarchiatura o fresatura per una bietola di qualità. *L'informatore Agrario*, **16**, 47-48.
- ZANIN G, BERTI A (1989) Per una sempre migliore razionalizzazione degli interventi chimici. In: *Atti VII Convegno biennale S.I.L.M. "Il diserbo delle colture agrarie: attualità e prospettive"*, Torino 9-10 novembre 1989: 119-145.

I prodotti per il diserbo del mais

G. COVARELLI¹ e D. BARTOLINI²

¹Università di Perugia

²Agronomica R&S Terremerse Coop.

Introduzione

Tra le colture cerealicole a semina primaverile il mais è quella che nel nostro Paese interessa le maggiori superfici, raggiungendo nel 2004 circa 1.200.000 ettari, ma in diminuzione nel 2005 (presumibilmente circa 1.000.000 di ettari).

Le regioni italiane dove maggiormente si concentrano le coltivazioni di mais sono Veneto, Lombardia, Emilia-Romagna, Friuli Venezia Giulia e Piemonte, caratterizzate da terreni di natura estremamente variabile, ma tutte accomunate da medi od elevati gradi di infestazione delle più comuni specie sia graminacee che dicotiledoni.

Il diserbo chimico assume, assieme ad altre importanti pratiche agronomiche, un ruolo fondamentale per ottenere la massimizzazione delle rese e quindi una sufficiente redditività degli agricoltori.

La messa al bando dell'atrazina agli inizi degli anni '90, che per efficacia, flessibilità d'impiego ed economicità rappresentava l'erbicida base per il controllo delle infestanti del mais, ed in seguito l'introduzione di principi attivi di post-emergenza ad azione graminicida selettivi per la coltura hanno determinato profonde modifiche nelle strategie di lotta alle infestanti, facilitando la coltivazione del cereale primaverile anche in aree dove prima era difficilmente praticabile, con particolare riferimento alle crescenti infestazioni di *Sorghum halepense* da rizoma. Con la recente introduzione anche di altri nuovi principi attivi efficaci nei confronti di alcune infestanti di sostituzione (*Abutilon theophrasti*), quale l'isossafutolo, sono stati risolti altri problemi, semplificando considerevolmente la gestione delle erbe infestanti nell'ambito dell'intera strategia di intervento.

E' bene ricordare tuttavia che nella gestione delle malerbe nel mais occorre affiancare alla lotta chimica anche tutte quelle pratiche agronomiche in grado di limitare lo sviluppo delle infestanti. Occorre valorizzare sempre più una razionale preparazione dei terreni prima della semina, la possibilità di adottare spazi interfilari di 45 cm, con maggiore azione competitiva della coltura sulle malerbe rispetto ai tradizionali 70-75 cm, completando il programma degli interventi chimici con le sempre utili sarchiature o fresature meccaniche delle interfila e, dove possibile, con la rincalzatura delle piante di mais che soffocano le infestanti eventualmente sviluppate sulla fila.

Erbe infestanti

Fra le specie graminacee sono presenti in tutti gli areali di coltivazione le infestazioni di *Echinochloa crus-galli* e *Setaria* spp., mentre più raramente si riscontrano le varie specie di *Panicum*. Più frequente nei terreni sciolti risulta *Digitaria sanguinalis*, mentre appaiono stazionarie le presenze di *Sorghum halepense* sia da seme che da rizoma, anche grazie alla disponibilità delle solfoniluree graminicide di post-emergenza che ne hanno limitato l'espansione.

Per quanto concerne le infestanti dicotiledoni, generalizzate appaiono le infestazioni di *Amaranthus* spp., *Chenopodium* spp., *Solanum nigrum*, *Polygonum persicaria* e *lapathifolium* e, causa la tendenza all'anticipo delle semine anche all'inizio del mese di marzo, anche quelle delle più precoci emergenze di *Fallopia convolvulus* e *Polygonum aviculare*. In costante diffusione risultano le dicotiledoni di sostituzione, come *Abutilon theophrasti*, *Datura stramonium*, *Acalypha virginica*, *Galinsoga parviflora*, *Bidens* spp., *Ambrosia artemisiifolia*, *Sicyos angulatus*, *Humulus* spp., *Helianthus tuberosum*, *Siegesbeckia orientalis*, *Commelina* spp., *Hibiscus trionum*, *Silybum marianum* ed altre minori, unitamente alle ormai endemiche presenze di *Ammi majus* in particolare nelle zone più orientali dell'Emilia-Romagna e dell'Italia centrale. In molte zone di bonifica e nelle coltivazioni di mais in rotazione al riso si riscontrano ormai frequentemente anche presenze di specie ciperacee, di difficile se non impossibile eliminazione solo con mezzi chimici. Mentre non determinano particolari problemi le presenze delle specie perenni *Convolvulus arvensis*, *Calystegia sepium* e *Cirsium arvense*, sensibili all'azione di numerosi erbicidi, ancora in diffusione risultano le diverse specie di *Equisetum*.

Strategie applicative

Trattamenti di pre-semina

Al pari delle altre colture sarchiate, anche nel mais si sta sempre più valorizzando la tecnica della falsa semina, con preparazione anticipata del terreno per favorire la geminazione e l'emergenza delle infestanti ed eliminazione delle stesse mediante le ultime operazioni di affinamento del suolo o più frequentemente con l'esecuzione di trattamenti erbicidi con principi attivi ad azione fogliare.

In caso di prolungata siccità e con previsione di lunghi periodi siccitosi, numerosi principi attivi ad azione residuale possono essere utilizzati anche prima della semina del mais praticando in seguito un leggero interrimento, con, inoltre, la possibilità di miscele estemporanee con gli erbicidi ad azione fogliare. In tale situazione, anche se raramente, si possono verificare fenomeni di incompatibilità fisica tra i differenti formulati con conseguenti difficoltà di irrorazione (intasamento ugelli e filtri) o, nei casi più gravi, riduzione dell'efficacia erbicida del preparato ad azione fogliare.

Trattamenti di pre-emergenza

I trattamenti di pre-emergenza, che interessano superfici variabili dall'80% al 90% dei seminativi a mais in relazione agli andamenti stagionali che si verificano subito dopo le operazioni di semina, mantengono la loro fondamentale importanza grazie all'ampia disponibilità di principi attivi efficaci nei confronti delle più comuni infestanti graminacee e dicotiledoni annuali, con inoltre la possibilità, dopo l'introduzione di isossafutolo e mesotrione, di prevenire per buona parte della stagione anche le emergenze del pericoloso *Abutilon theophrasti*.

S-metolalcor, alaclor, acetoclor, dimetenamide e flufenacet presentano una specifica attività nei confronti delle infestanti graminacee annuali e garantiscono un'ottimale persistenza d'azione con sufficiente piovosità dopo i trattamenti. In presenza di ridotte infestazioni di graminacee, in alternativa ai suddetti preparati è di possibile impiego anche il pendimetalin, che però non assicura sempre risultati agronomicamente soddisfacenti.

Per quanto riguarda le infestazioni di dicotiledoni annuali, l'erbicida fondamentale rimane la terbutilazina, meno condizionato dall'andamento stagionale ed in grado di esercitare una costante e prolungata efficacia erbicida. Utilizzando questo derivato triazinico in miscela già formulata od estemporanea con uno dei graminicidi ad azione residuale sopra elencati, in molti comprensori maidicoli si conseguono risultati più che soddisfacenti, dovendo intervenire in post-emergenza solo in caso di elevate infestazioni di specie perenni (*Convolvulus arvensis*, *Calystegia sepium*, *Equisetum* spp.) impiegando gli economici composti ad azione ormonica od ormono-simile.

Negli areali dove preoccupano le infestazioni di *Abutilon theophrasti* diventa poi fondamentale l'ulteriore addizione di isossafutolo o l'impiego di mesotrione, quest'ultimo disponibile solo nella miscela già formulata con S-metolalcor + terbutilazina.

E' bene ricordare anche che molti principi attivi a prevalente azione residuale sono autorizzati anche per applicazioni di post-emergenza precoce. In pratica si tratta di un intervento di pre-emergenza ritardato a dosi leggermente ridotte eseguito 2-3 settimane dopo la semina o con mais che abbia differenziato la 2ª foglia. Questo tipo di applicazione si rivela molto utile soprattutto nelle semine più precoci, quando il periodo tra la semina e l'emergenza è relativamente più lungo e nei casi in cui il maltempo abbia impedito l'esecuzione dei trattamenti di pre-emergenza in epoca tradizionale, ma in alcune situazioni è scelta anche come strategia operativa aziendale. I risultati sono infatti spesso più soddisfacenti delle applicazioni di pre-emergenza, specialmente nei terreni con elevato contenuto di sostanza organica. Terbutilazina ed isossafutolo assicurano anche una buona attività fogliare nel caso ci si trovi di fronte plantule già emerse, mentre nei casi di inerbimenti più difficili è consigliabile il ricorso a miscele estemporanee con erbicidi di post emergenza, quali rimsulfuron, nicosulfuron o foramsulfuron quando preoccupano infestanti graminacee; sulcotrione, mesotrione e dicamba con presenze di specie dicotiledoni già sviluppate.

Trattamenti di post-emergenza

I trattamenti di post-emergenza assumono un ruolo determinante in particolare nelle semine dirette su sodo dopo unici interventi di pre-semina con devitalizzanti fogliari, nei terreni fortemente organici, dove gli erbicidi ad azione residuale vengono rapidamente disattivati, ma anche in tutte quelle situazioni di non perfetta efficacia dei trattamenti preventivi ad azione residuale.

Anche la presenza di infestazioni di *Sorghum halepense* da rizoma e di alcune specie dicotiledoni annuali e perenni, quali *Xanthium* spp., *Helianthus tuberosum*, *Convolvulus arvensis*, *Calystegia sepium*, *Cirsium arvense*, ecc. , nonché di *Equisetum* spp., indirizza la scelta verso strategie che privilegiano interventi di post-emergenza.

Il controllo delle infestanti del mais può essere realizzato anche con sole applicazioni di post-emergenza, con tuttavia alcuni inconvenienti, quali l'impossibilità di non poter intervenire tempestivamente, con conseguenti danni diretti alla produzione per l'eccessiva durata del periodo critico di competizione delle infestanti, la non perfetta efficacia in seguito a sfavorevoli condizioni vegetative delle malerbe per avverse condizioni climatiche o eccessivo sviluppo delle stesse.

In relazione alle differenti strategie di intervento, al tipo dell'infestazione, alla dinamica delle emergenze ed anche al tipo di terreno si possono individuare alcuni indirizzi di base:

- un solo trattamento medio-tardivo, alla 5^a-6^a foglia del mais ad integrazione di precedenti interventi preventivi, indirizzati generalmente per il controllo di specie dicotiledoni perenni o di sostituzione, *Equisetum* o *Sorghum halepense* da rizoma;
- su terreni normali non trattati precedentemente o dopo un devitalizzante fogliare (semine su sodo), con normali, ma precoci infestazioni di specie graminacee e dicotiledoni annuali, un unico trattamento alla 3^a-4^a foglia del mais con miscele di erbicidi ad azione graminicida e dicotiledonica;
- un doppio intervento su terreni dotati di elevato contenuto di sostanza organica e in suoli normali non precedentemente trattati con elevate infestazioni anche di specie a nascita scalare, di cui il primo da effettuare alla 2^a-4^a foglia del mais, indirizzato generalmente al controllo delle infestanti dicotiledoni annuali ed il secondo 8-12 giorni dopo, in relazione all'andamento stagionale ed alle eventuali nuove emergenze, per l'eliminazione delle infestanti graminacee annuali e *Sorghum halepense* da rizoma, delle dicotiledoni perenni o di sostituzione ed anche *Equisetum* spp..

Trattamenti di pre-semina a prevalente azione fogliare

Paraquat, paraquat + diquat

Collaudati erbicidi appartenenti alla famiglia dei dipiridilici, il loro impiego è stato limitato dallo

sfavorevole profilo ecotossicologico. Vengono assorbiti per via fogliare e con limitata luminosità possono essere traslocati, anche se in maniera limitata. Agiscono molto rapidamente a livello della fotosintesi clorofilliana distruggendo le membrane cellulari. Il paraquat presenta una più specifica azione graminicida, mentre la miscela con diquat allarga lo spettro d'azione anche nei confronti delle infestanti dicotiledoni. Attivi sulla maggior parte delle specie graminacee e dicotiledoni, esercitano solo una temporanea azione dissecante su quelle perenni. Il loro impiego è ormai limitato a casi estremi quando necessita una rapidissima azione dissecante nei casi di elevati inerbimenti che ostacolano le ultime erpicature preparatorie del letto di semina o non permettano un rapido asciugamento del terreno. Il paraquat si può utilizzare in pre-semina o pre-emergenza alle dosi di 3-5 l/ha di f.c., mentre la miscela di paraquat + diquat, con le stesse modalità applicative, prevede dosaggi dell'ordine di 4-7 l/ha. Entrambi i formulati esercitano una migliore attività se addizionati di bagnante non ionico e distribuiti con elevati quantitativi di acqua (almeno 400 l/ha) e risultano compatibili con la maggior parte degli erbicidi residuali autorizzati per il diserbo preventivo del mais.

Glufosinate-ammonio

Questo composto organo fosforico, con caratteristiche intermedie fra dipiridilici e glifosate, viene assorbito nel tempo di 4-6 ore esclusivamente per via fogliare e presenta un limitato potenziale di traslocazione. La sua azione fitocida si esplica con inibizione dell'enzima glutamino-sintetasi, con un conseguente accumulo di ammoniaca tossica per la infestanti sensibili. Presenta una elevata efficacia nei confronti delle infestanti dicotiledoni annuali (escluso *Papaver rhoeas* e anche *P. aviculare*), mentre le graminacee sono sensibili in fase di crescita non eccessivamente avanzata. La sua azione è ostacolata con temperature inferiori ai 10°C, per cui è particolarmente indicato nelle semine più tardive del mese di aprile quando, con livelli termici più elevati, alle dosi d'impiego maggiori può esercitare un ottimo contenimento anche di alcune specie perenni.

Da utilizzare in pre-semina o in pre-emergenza della coltura, anche in abbinamento agli erbicidi residuali, le dosi d'impiego variano da 5 a 8 l/ha di f.c., potendo considerare anche una concentrazione media del 2% da irrorare con volumi pari a 300 l/ha di acqua.

Glifosate

Il glifosate, altro composto organo fosforico, grazie all'elevata attività erbicida, all'ampio spettro d'azione ed all'estrema economicità, è il principio attivo più utilizzato per la preparazione dei letti di semina di tutte le colture, comprese quelle su terreno sodo. Assorbito nel tempo di 4-6 ore esclusivamente per via fogliare, viene traslocato in tutti gli organi della piante dove inibisce l'enzima EPSPS (5-enolpiruvilsichimato-3-fosfato sintetasi) con il conseguente blocco della sintesi

degli aminoacidi aromatici triptofano, tirosina e fenilalanina. In seguito a queste reazioni si ha un arresto della sintesi proteica e di altri importanti composti (flavonoidi, antocianine, auxine, ecc.), con blocco della crescita e successiva morte. Autorizzato per sole applicazioni di pre-semina, si utilizza a dosaggi variabili in relazione al tipo ed allo stadio di sviluppo delle infestanti presenti. Causa la diminuzione del costo dei formulati a base di glifosate, ormai non sono più utilizzati dosaggi estremamente ridotti (500-600 g/ha di p.a.), in grado comunque di devitalizzare le infestanti graminacee non accestite e dicotiledoni annuali nelle prime fasi di crescita. Le dosi medie attualmente più utilizzate sono comprese tra i 700 e i 1.000 g/ha di p.a., in grado di eliminare tutte le infestanti graminacee anche accestite e sviluppate e le presenze di specie dicotiledoni annuali. In caso di infestazioni di specie annuali molto sviluppate, e con presenza anche di specie perenni (*Cirsium arvense*, *Rumex* spp., ecc.) è consigliabile utilizzare anche 1.400 g/ha di p.a., in grado di eliminare od almeno contenere lo sviluppo anche delle sempre più diffuse e non pienamente sensibili infestazioni di *Ammi majus*. Per quanto riguarda i volumi di irrorazione, grazie alla già ricordata elevata sistemica del principio attivo, per garantire una uniforme e sufficiente bagnatura delle infestanti sono più sufficienti 200 l/ha di acqua. Come per i precedenti prodotti, anche il glifosate è sufficientemente compatibile con la maggior parte degli erbicidi utilizzati per il diserbo preventivo del mais.

Trattamenti di pre-semina e pre-emergenza a prevalente azione residuale

S-metolaclor*, *S-metolaclor* + *terbutilazina*, *S-metolaclor* + *terbutilazina* + *mesotrione

S-metolaclor, appartenente alla famiglia chimica delle ammidi (sottofamiglia delle cloroacetanilidi), viene assorbito dalle infestanti in fase di germinazione prevalentemente attraverso ipocotile e coleoptile e in minor misura dall'apparato radicale. Nelle infestanti sensibili inibisce i processi di divisione cellulare, di sintesi dei lipidi, dell'acido gibberellico, delle proteine e dei flavonoidi.

Viene utilizzato in pre-semina e pre-emergenza alla dose di 1-1,25 l/ha di formulato commerciale, con possibilità d'impiego e anche in post-emergenza precoce del mais a dosaggi più ridotti di 0,75-1 l/ha di f.c..

Presenta una sufficiente persistenza nel terreno (3-4 mesi) ed un ampio spettro d'azione nei confronti delle specie graminacee annuali a nascita primaverile estiva, quali *Echinochloa crus-galli*, *Digitaria sanguinalis*, *Setaria* spp., *Panicum* spp. e *Sorghum halepense* da seme, mentre fra le dicotiledoni l'efficacia è limitata ad *Amaranthus* spp., *Portulaca oleracea*, *Matricaria chamomilla* e poche altre specie.

Per completare lo spettro d'azione sulle specie a foglia larga, S-metolaclor viene utilizzato in

miscela estemporanea o già formulata con terbutilazina (quest'ultima da utilizzare alla dose di 3-4,5 l/ha di f.c. riservando le dosi più basse alle applicazioni di post-emergenza precoce), rappresentando la soluzione di diserbo preventivo più utilizzata nei più importanti comprensori maidicoli italiani. In presenza di infestanti chemioresistenti alle triazine (quali *Chenopodium* spp. e *Solanum nigrum*), può risultare vantaggiosa l'ulteriore addizione di pendimetalin, mentre per il controllo di *Abutilon theophrasti* si dovrà ricorrere all'impiego di dosi medie di isossafutolo (60-80 g/ha di f.c.) o utilizzare la recente miscela già formulata di S-metolaclor + terbutilazina + mesotrione (3,5-4,5 l/ha di f.c. in pre o post-emergenza precoce), che oltre a garantire un ottimo contenimento delle emergenze dell'infestante malvacea, assicura anche una costante selettività in tutti i tipi di terreno nelle più svariate condizioni climatiche. Quest'ultima associazione non è da utilizzare su linee pure per la produzione di seme e su mais dolce, mentre nelle applicazioni di post-emergenza precoce sono da evitare miscele con insetticidi carbammati e fosfororganici e con fertilizzanti fogliari.

Alaclor, alaclor + terbutilazina

Come S-metolaclor appartiene alla sottofamiglia delle cloracetanilidi, viene assorbito prevalentemente attraverso il coleoptile dei semi in germinazione e secondariamente dalle radici e nelle infestanti sensibili interferisce con i processi di sintesi dei lipidi.

Autorizzato per applicazioni sia di pre-semina che di pre-emergenza, le dosi d'impiego variano da 4 a 5 l/ha di f.c.. L'alaclor, disponibile nella formulazione microincapsulata, presenta uno spettro d'azione graminicida simile a quello dell'S-metolaclor, con tuttavia una minore persistenza d'azione (variabile da 2 a 3 mesi), mentre fra le infestanti dicotiledoni risultano sensibili *Amaranthus* spp., *Chenopodium* spp., *Matricaria chamomilla*, *Portulaca oleracea*, *Datura stramonium*, *Solanum nigrum*, ecc., con valori di efficacia dipendenti dalla natura del terreno e dalla piovosità dopo i trattamenti.

Come in precedenza, per allargare lo spettro d'azione sulle specie a foglia larga, viene utilizzato prevalentemente in miscela estemporanea o già formulata con terbutilazina (6-7 l/ha di f.c.), con possibilità di aggiungere inoltre pendimetalin e, in caso di presenza di *Abutilon theophrasti*, anche isossafutolo.

Acetoclor, acetoclor + terbutilazina

L'acetoclor, da anni utilizzato in diverse regioni maidicole europee e di oltre oceano per il diserbo preventivo del mais, solo recentemente è stato autorizzato anche in Italia. Appartenente alla famiglia delle ammidi, viene assorbito dal coleoptile delle specie graminacee e attraverso la radichetta in quelle a foglia larga ed agisce bloccando la divisione cellulare, la sintesi delle proteine e dei lipidi. Risulta efficace anche su malerbe già emerse, ma che si trovano nei primissimi stadi di

sviluppo. Attualmente sono disponibili due differenti formulazioni, entrambe addizionate di antidoto agronomico. La prima ad essere stata commercializzata è un concentrato emulsionabile addizionato dell'antidoto furilazole, da utilizzarsi in pre-semina e pre e post-emergenza della coltura. Le dosi d'impiego variano da 2 a 2,4 l/ha di f.c. in pre-semina e pre-emergenza, mentre sono ridotte a 1-5-2 l/ha di f.c. in post-emergenza (fino alla 3°-4° foglia del mais), con tuttavia la possibilità di ridurre consistentemente i dosaggi suindicati in caso di ridotte infestazioni, quando si opera su terreni irrigui o si prevedono complementari trattamenti di post-emergenza. Il più recente formulato sottoforma di microcapsule acquose, si differenzia dal precedente per l'addizionato di un diverso antidoto, il diclormid, una minore concentrazione di principio attivo per una migliore classificazione tossicologica. Anch'esso è utilizzabile sia in pre-semina che in pre-emergenza (4-5 l/ha di f.c.) che in post-emergenza precoce (3-4 l/ha di f.c.) con mais non oltre le 3 foglie.

Acetoclor, come gli altri principi attivi della stessa famiglia, presenta una spiccata efficacia nei confronti delle emergenze delle infestanti graminacee a nascite primaverile-estiva, tra cui *Echinochloa crus-galli*, *Digitaria sanguinalis*, *Panicum* spp., *Setaria* spp. e anche *Sorghum halepense* da seme. Fra le infestanti dicotiledoni risultano sensibili *Amaranthus* spp., *Matricaria chamomilla*, *Galinsoga parviflora*, *Solanum nigrum*, *Portulaca oleracea*, con una sufficiente attività anche nei confronti di poligonacee (*Fallopia convolvulus*, *P. aviculare*, *Polygonum persicaria* e *lapathifolium*) e chenopodiacee.

Si caratterizza inoltre per esercitare, in particolare la formulazione microincapsulata, un'efficacia soddisfacente anche in condizioni di ridotta piovosità dopo i trattamenti e per essere meno influenzata dal tenore in sostanza organica del terreno, prestandosi efficacemente ad interventi di pre-emergenza anche nei suoli torbosi.

Per completare la non sempre perfetta efficacia verso le specie a foglia larga, acetoclor è comunemente utilizzato in miscela estemporanea con terbutilazina, addizionando ulteriormente isossafutolo con previsione di presenza anche di *Abutilon theophrasti*. Acetoclor, addizionato dell'antidoto furilazole, è disponibile anche in formazione già pronta con terbutilazina, di possibile impiego in pre-semina e pre-emergenza del mais (alle dosi di 2,5-4,5 l/ha di f.c.) e in post-emergenza precoce (2,5-3,5 l/ha di f.c.).

E' da evitare il suo impiego per il diserbo di linee pure per la produzione di seme e mais dolce.

Dimetenamide, dimetenamide + pendimetalin

Afferente alla sottofamiglia delle acetammidi, la dimetenamide è assorbita da ipocotile e coleoptile delle infestanti in emergenza, mentre più limitato è l'assorbimento attraverso la radici. Inibendo la sintesi dei lipidi perturba la divisione e l'allungamento cellulare e quindi la differenziazione dei tessuti, provocando il blocco della germinazione dei semi e lo sviluppo delle

malerbe sensibili.

Di media persistenza (circa 2 mesi) e di elevata solubilità risulta meno influenzata dalla natura del terreno e dalla piovosità successiva ai trattamenti, con un'azione più costante nei terreni argillosi e nelle annate più piovose. E' impiegabile in pre e post-emergenza precoce del mais (1-1,2 l/ha di f.c.) per il controllo di specie graminacee annuali (*Echinochloa crus-galli*, *Setaria* spp., *Digitaria sanguinalis*, *Sorghum halepense* da seme), possedendo nel contempo una sufficiente efficacia dicotiledonica nei confronti di *Amaranthus* spp., *Solanum nigrum*, *Chenopodium* spp., *Portulaca oleracea*, alcune composite, ecc.. Per allargare lo spettro d'azione verso le specie a foglia larga è disponibile anche in miscela con pendimetalin, impiegabile solo in pre-emergenza del mais alle dosi di 3-3,5 l/ha di f.c.. Per completare l'attività anche su crucifere, poligonacee e composite, sia dimetenamide che dimetenamide + pendimetalin possono essere addizionati di terbutilazina, mentre isossaflutolo è indispensabile per il controllo di *Abutilon theophrasti*, riservando i dosaggi inferiori quando si utilizza il formulato contenente pendimetalin.

Flufenacet, flufenacet + terbutilazina, flufenacet + isossaflutolo

Il flufenacet appartiene alla sottofamiglia delle ossiacetammidi, è assorbito prevalentemente attraverso le radici e i germogli e traslocato principalmente attraverso lo xilema. Come le ammidi, agisce a livello dei tessuti meristematici inibendo la divisione cellulare.

È autorizzato per trattamenti di pre-emergenza o post-emergenza precoce (mais a 2 foglie) alla dose di 0,8-1 kg/ha di f.c.. Di elevata persistenza e di ridotta solubilità, fra le infestanti graminacee annuali risulta attivo nei confronti di *Echinochloa crus-galli*, *Digitaria sanguinalis*, *Panicum* spp., *Setaria* spp. e in minor misura su *Sorghum halepense* da seme, mentre alcune composite (*Matricaria chamomilla*, *Anthemis* spp.), *Amaranthus* spp., *Solanum nigrum* e *Portulaca oleracea* sono le dicotiledoni più sensibili all'erbicida. Non è commercializzato da solo, ma in confezione bi-pack con terbutilazina, che garantisce una ottimale integrazione dell'attività nei confronti delle altre specie dicotiledoni, con la necessità dell'ulteriore addizione di isossaflutolo nel caso di infestazioni di *Abutilon theophrasti*. Con presenza dell'infestante malvacea e graminacee annuali, è disponibile anche una formulazione pronta di flufenacet + isossaflutolo, applicabile in pre-emergenza della coltura alle dosi di 0,5-0,75 kg/ha di f.c. in relazione al tipo di terreno. Per completare lo spettro d'azione dicotiledonica, anche questa miscela si avvantaggia dell'addizione estemporanea di terbutilazina.

Pendimetalin, pendimetalin + terbutilazina

Il pendimetalin, che fa parte della famiglia delle dinitroaniline, viene assorbito dai semi in germinazione, dai germinelli e in parte dalle radici delle plantule in emergenza. Risulta attivo anche

su malerbe già emerse e più in particolare sulle specie graminacee non oltre le 2 foglie e sulle dicotiledoni che non abbiano differenziato le 3-4 foglie vere. Dotato di media persistenza e limitata solubilità in acqua, presenta una buona efficacia nei confronti di alcune infestanti graminacee, quali *Echinochloa crus-galli*, *Setaria* spp. e *Digitaria sanguinalis*. Più specifica risulta la sua efficacia nei confronti delle dicotiledoni poligonacee (*Polygonum. aviculare*, *Polygonum persicaria* e *lapathifolium*), chenopodiacee, solanacee, *Portulaca oleracea*, con inoltre un'azione frenante le emergenze di *Abutilon theophrasti*. Si può utilizzare in pre-emergenza alle dosi di 3-4 l/ha (f.c. contenente 307 g/l di p.a.), ponendo particolare attenzione ai terreni più sciolti e ricchi di scheletro, con la possibilità di intervenire anche in post-emergenza precoce della coltura (2 foglie).

Per aumentare la sua efficacia graminicida, come già ricordato precedentemente, il pendimetalin è disponibile anche in miscela già formulata con dimetenamide, mentre per completare l'attività sulle specie a foglia larga (composite, crucifere, *Fallopia convolvulus*) è commercializzata una miscela già formulata con terbutilazina, il cui impiego, alle dosi di 5-7 l/ha di f.c., è autorizzato sia in pre-semina, ma più diffusamente in pre-emergenza del mais. Per evitare indesiderabili fenomeni di fitotossicità, il pendimetalin deve essere distribuito su seme ben ricoperto posto ad una profondità di almeno 3 cm..

Terbutilazina

Questa triazina è attualmente l'erbicida fondamentale e più utilizzato nel diserbo preventivo del mais, sostituendo, a partire dagli anni '90, la simile atrazina. Viene assorbita prevalentemente per via radicale, mentre l'assorbimento fogliare è limitato. Rapidamente traslocata, esplica la sua azione erbicida mediante interferenze nei processi della fotosintesi clorofilliana a livello della reazione di Hill. Di elevata persistenza (da 4 a 12 mesi in relazione alla natura del terreno e all'andamento stagionale) e di limitata mobilità nel terreno, presenta un'ampia finestra applicativa, che va dalle ormai limitate applicazioni di pre-semina, ai più diffusi interventi di pre-emergenza, fino ai complementari trattamenti di post-emergenza precoce. In condizioni di sufficiente piovosità dopo i trattamenti, la terbutilazina è in grado di esercitare una buona efficacia graminicida nei confronti di *Echinochloa crus-galli*, mentre più specifica è la sua attività dicotiledonica, con attività meno influenzata dalle variabili condizioni climatiche. Lo spettro d'efficacia comprende la maggior parte delle specie a foglia larga, se si escludono le specie chemioresistenti alle triazine e *Abutilon theophrasti*. Il suo impiego risulta di fondamentale importanza in particolare nelle semine più precoci del mese di marzo, possedendo una totale e costante efficacia verso le poligonacee a nascita precoce (*Fallopia convolvulus*, *Polygonum aviculare*) e più tardiva (*Polygonum persicaria* e *lapathifolium*), e di notevole importanza anche in quelle più posticipate del mese di aprile, esercitando un ottimo contenimento di amarantacee, solanacee, chenopodiacee, crucifere, *Portulaca*

oleracea e delle composite (*Bidens* spp. in particolare), queste ultime a volte non pienamente sensibili agli altri principi attivi utilizzabili. Le dosi d'impiego della terbutilazina sono state limitate a 1.000 g/ha di p.a. per ettaro tra pre e post-emergenza, onde evitare gli indesiderabili fenomeni di inquinamento che hanno determinato la revoca dell'impiego della atrazina. E' utilizzato quasi esclusivamente in miscela estemporanea o già formulata con altri principi attivi che ne completano l'efficacia graminicida (alaclor, S-metolaclo, dimetenamide, flufenacet) o che permettono il controllo anche delle dicotiledoni ruderali più invasive, quali *l'Abutilon theophrasti* (isossaflutolo e mesotrione). Le dosi d'impiego medie di terbutilazina sufficienti a garantire un ampio e prolungato spettro d'azione variano dai 700-800 g/ha di p.a. nelle semine più precoci ai 500 g/ha di p.a. nelle semine più tardive con impiego in miscela con altri erbicidi dotati di azione dicotiledonicida (pendimetalin, aclonifen, isossaflutolo) e in ottimali condizioni di piovosità dopo i trattamenti. Queste limitazioni dei dosaggi hanno praticamente annullato anche tutti i rischi potenziali di negativi effetti sulle colture in successione al mais, in tutti i tipi di terreno, ed in particolare delle semine di cereali vernini su terreno sodo anche dopo periodi non eccessivamente piovosi

Isossaflutolo, isossaflutolo + aclonifen, isossaflutolo + terbutilazina

Questo isossazolo è diventato uno degli erbicidi fondamentali nel diserbo di pre-emergenza del mais grazie alla elevata e costante efficacia nei confronti di *Abutilon theophrasti*, infestante malvacea che creava non poche difficoltà di controllo con i soli trattamenti di post-emergenza, causa l'estrema scalarità di nascita. Assorbito dalle infestanti in germinazione ed anche già emerse sia attraverso l'apparato radicale che dal coleoptile delle graminacee e ipocotile delle dicotiledoni, viene rapidamente traslocato in senso acropeto ed inibisce la sintesi dei pigmenti carotenoidi. Di limitata solubilità in acqua, presenta una buona persistenza nel terreno (fino a 2-3 mesi) in relazione al processo di degradazione per via idrolitica nel suo metabolita attivo dichenotril (DKN), che si forma a seconda delle temperature ed al grado di umidità del suolo. Ciò comporta che, a seguito di eventi piovosi anche dopo alcune settimane dall'applicazione, isossaflutolo e relativo metabolita può riattivarsi, essere assorbito dalle infestanti sensibili anche già nate ed esercitare una rilevante azione di "richiamo".

E' autorizzato per interventi di pre-emergenza a dosi estremamente variabili da 50 a 100 g/ha di f.c. in relazione alla natura dei terreni, alla persistenza che si vuole ottenere ed alle eventuali miscele con altri principi attivi ad azione complementare. Durante l'applicazione occorre porre una particolare attenzione ai raddoppi per evitare indesiderabili fenomeni di fitotossicità. Inoltre è di possibile impiego anche in post-emergenza precoce (mais non oltre le 3 foglie) alle dosi di 50-70 g/ha di f.c., escludendo, in questo caso, la sua applicazione in miscela con formulati in emulsione concentrata, con bagnanti o olio minerale.

Oltre alla specifica efficacia nei confronti di *Abutilon theophrasti*, risulta attivo anche verso *Solanum nigrum*, *Chenopodium* spp., *Amaranthus* spp., con a volte un sufficiente contenimento anche delle emergenze di crucifere, *Datura stramonium*, *Bidens* spp., *P. persicaria* e *lapathifolium*. In ottimali condizioni applicative può esercitare anche una collaterale azione verso alcune specie graminacee (*Setaria viridis* e *Sorghum halepense* da seme).

Non esercitando un sufficiente controllo di alcune specie importanti per la coltura del mais, quali le poligonacee *Fallopia convolvulus* e *Polygonum aviculare*, è frequentemente utilizzato in miscela estemporanea o già formulata con altri erbicidi ad azione residuale. Oltre al diffuso utilizzo in addizione a S-metolaclo + terbutilazina, sono disponibili numerose miscele già formulate: con terbutilazina, per interventi in pre e post-emergenza precoce alle dosi di 1,35-2 l/ha, riservando i dosaggi inferiori ai trattamenti con coltura già emersa; con flufenacet, le cui caratteristiche sono state già descritte precedentemente ed anche con aclonifen, da utilizzare solo in pre-emergenza alle dosi di 0,7-1 l/ha di f.c.. Sono inoltre possibili miscele estemporanee con la maggior parte degli altri principi attivi ad azione residuale sia ad azione graminicida che dicotiledonica.

Aclonifen

Appartenente alla famiglia dei nitrodifenileteri, aclonifen viene assorbito attraverso l'ipocotile delle dicotiledoni e il coleoptile delle graminacee, con inoltre la possibilità di penetrare anche attraverso le foglie in caso di infestanti già emerse. Di limitata traslocazione, il principio attivo sembra interferire con la sintesi dei pigmenti carotenoidi inibendo l'enzima protoforfirinogeno-ossidasi (PPO). Possiede una estremamente ridotta solubilità in acqua e persiste mediamente nel terreno per 2-3 mesi. Esercita una specifica efficacia verso le specie a foglia larga, quali amarantacee, chenopodiacee, crucifere (*Sinapis arvensis*, *Rapistrum rugosum*, *Myagrum perfoliatum*, ecc.), con inoltre buona attività anche nei confronti di *Polygonum persicaria* e *lapathifolium*. Non risulta sufficientemente attivo nei confronti di *Portulaca oleracea*, composite e soprattutto di *Solanum nigrum*. E' utilizzabile solo in pre-emergenza in dosi variabili da 1,5 a 2 l/ha di f.c.. In caso di complesse infestazioni di specie dicotiledoni, compreso *Abutilon theophrasti*, come già ricordato, è disponibile in miscela già formulata con isossafutolo, mentre per esercitare il più ampio spettro d'efficacia è di possibile impiego in miscela con terbutilazina. Quest'ultima combinazione, grazie all'azione sinergica fra i due principi attivi che a volte si viene ad esplicare, permette anche un parziale controllo delle infestazioni delle specie graminacee, ma presenta anche il rischio di vedere ridotto il margine di sicurezza per quanto concerne la selettività, soprattutto in caso di elevata piovosità in corrispondenza dell'emergenza della coltura nei terreni più sciolti. E' sconsigliato il suo impiego su mais da seme e da pop corn.

Linuron

Il linuron è rimasto l'unico derivato ureico autorizzato per il diserbo preventivo del mais. Rapidamente assorbito attraverso le foglie, le radici e rapidamente traslocato, agisce a livello della reazione di Hill nei processi di fotosintesi clorofilliana. Un tempo diffusamente utilizzato in miscela già formulata con pendimetalin, aclonifen ed estemporanea con metolaclor, alaclor ed altri principi attivi ad azione complementare, attualmente la sua importanza è ormai alquanto limitata in quanto non contemplato nei disciplinari di produzione integrata causa lo sfavorevole profilo tossicologico. Il suo impiego è autorizzato in pre-emergenza della coltura a dosaggi compresi tra 400 e 600 g/ha di p.a., prevalentemente per integrare l'attività dicotiledonica di altri erbicidi nei confronti di composite e crucifere, facendo particolare attenzione ai terreni più sciolti e ricchi di scheletro.

Trattamenti di post-emergenza

Terbutilazina

Già ampiamente descritta precedentemente, questa triazina trova una giustificazione anche nei trattamenti di post-emergenza generalmente in epoca precoce quando preoccupano incontrollate infestazioni di dicotiledoni annuali e in particolare di *Fallopia convolvulus* e *Bidens* spp.. Rispettando la dose massima consentita di 1.000 g/ha di principio attivo tra pre e post-emergenza, la terbutilazina si utilizza generalmente in miscela con altri principi attivi sia ad azione graminicida che dicotiledonica.

Bromoxinil, bromoxinil + terbutilazina

Appartenente alla famiglia degli idrossibenzonitrili, il bromoxinil viene assorbito prevalentemente per via fogliare ed agisce per contatto fogliare con inibizione della fotosintesi clorofilliana e della respirazione. Anche se non inserito nei disciplinari di produzione integrata, è ancora diffusamente impiegato per il controllo di precoci infestazioni di molte specie dicotiledoni. Caratterizzato da una spiccata azione di contatto fogliare, alle dosi di 200-400 g/ha di bromoxinil ottanoato, risulta efficace nei confronti di non sviluppate infestazioni di *Chenopodium* spp., amarantacee, poligonacee (escluso *P. aviculare*), composite, crucifere, solanacee ed altre specie. Raramente si utilizza da solo, ma più frequentemente è impiegato per integrare l'attività di numerosi altri erbicidi, quali dicamba, mesotrione, sulcotrione, tifensulfuron-metile, prosulfuron, 2,4-D + MCPA e anche fluroxipir. E' inoltre disponibile una miscela già formulata con terbutilazina, da applicarsi alle dosi di 2-2,5 l/ha di f.c.. Con presenza di infestanti graminacee è miscibile con le solfoniluree di post-emergenza. Il bromoxinil è disponibile in differenti formulazioni: quelle sottoforma di polvere bagnabile risultano maggiormente tollerate dalle piante

di mais rispetto alle liquide che, in corrispondenza di forti escursioni termiche dopo i trattamenti e forte luminosità ambientale, possono determinare la comparsa di più o meno transitorie ustioni delle lamine fogliari.

Bentazone, bentazone + dicamba

Appartenente alla famiglia delle diazine, sottofamiglia delle benzotiadiazine, è assorbito quasi esclusivamente per via fogliare con limitata traslocazione. L'attività erbicida si esplica per azione di contatto fogliare con inibizione della fotosintesi a livello della reazione di Hill. Praticamente non più utilizzato, se non per frenare lo sviluppo delle infestazioni di specie ciperacee nelle zone dove si praticano rotazioni con il riso, il bentazone si caratterizza per una elevata selettività su tutte le varietà di mais, con possibilità di impiegarlo anche su linee pure per la produzione di seme, mais da pop-corn e mais bianco. Risulta efficace verso numerose infestanti dicotiledoni allo stadio di plantula, quali composite (*Picris echinoides*, *Bidens* spp., *Matricaria chamomilla*), *P. persicaria* e *lapathifolium*, crucifere, solanacee e con buona efficacia anche sulle ruderali *Abutilon theophrasti*, *Ammi majus* e *Xanthium* spp.. Come per bromoxinil, raramente si utilizza da solo (alle dosi di 1-1,7 kg/ha di f.c.), ma in miscela con altri erbicidi. E' disponibile una formulazione già pronta con dicamba, da utilizzare alla dose di 2-2,5 l/ha di f.c.. Il bentazone, che dimostra una migliore efficacia con addizione di olio minerale, presenta una sufficiente compatibilità con le solfoniluree graminicide anche se, con avverse condizioni vegetative delle infestanti, a volte possono manifestarsi fenomeni di antagonismo sulle specie graminacee.

La miscela di bentazone + dicamba non è da utilizzare per il diserbo di mais dolce e di linee pure per la produzione di seme.

Sulcotrione

Il sulcotrione, che appartiene alla famiglia dei trichetoni, viene assorbito prevalentemente per via fogliare, ma in condizioni di prolungata umidità del terreno può penetrare anche attraverso le radici. In seguito viene rapidamente traslocato sia in senso acropeto che basipeto. Agisce inibendo la sintesi dei carotenoidi e si caratterizza per esercitare, con trattamenti su infestanti nei primi stadi di sviluppo, una specifica efficacia verso chenopodiacee (anche in stadi di sviluppo relativamente avanzati), solanacee, *Bidens* spp., con inoltre una buona attività anche su *Abutilon theophrasti*, *Xanthium* spp., *Polygonum persicaria* e *lapathifolium*, mentre meno sensibili risultano *Amaranthus* spp., *Fallopia convolvulus* e le specie perenni. Nel contempo presenta un'azione collaterale anche su alcune infestanti graminacee nei primi stadi di crescita, quali *Echinochloa crus-galli* e *Digitaria sanguinalis*, inoltre, grazie alla già ricordata capacità di essere assorbito anche dalle radici, presenta una certa azione di contenimento delle emergenze di alcune infestanti sensibili

per un periodo di 2-3 settimane. Si utilizza, con applicazioni preferibilmente precoci, alla dose di 1-1,5 l/ha di f.c., impiegando le dosi inferiori quando distribuito in miscela con altri erbicidi, quali i più complementari dicamba, fluroxipir e anche bromoxinil. Risulta perfettamente compatibile con le solfoniluree graminicide. Precipitazioni che si verificano 3-4 ore dopo l'applicazione non ne pregiudicano l'attività finale. Non è da utilizzare su linee pure per la produzione di mais da seme.

Mesotrione

Appartenente alla famiglia dei trichetoni, come il sulcotrione è prevalentemente assorbito attraverso le foglie, con traslocazione sia in senso basipeto che acropeto. Agisce inibendo l'enzima HPPD (p-idrossifenilpiruvato-diossigenasi) interferendo con la sintesi di plastochinone e tocoferolo con il conseguente blocco della sintesi dei pigmenti carotenoidi. L'assorbimento fogliare è molto rapido, per cui piogge cadute 1-2 ore dal trattamento non determinano variazioni determinanti della sua efficacia finale. In condizioni di elevata e persistente umidità del terreno si evidenzia anche una rilevante azione per assorbimento radicale ed attraverso il coleoptile delle infestanti sensibili non ancora emerse al momento dell'applicazione. Da utilizzare alle dosi di 0,75-1 l/ha di f.c., si presta per il controllo di *Chenopodium* spp., *Solanum nigrum*, *Datura stramonium*, *Bidens* spp., *Abutilon theophrasti*, *Xanthium* spp., *Polygonum persicaria* e *lapathifolium*, con una maggiore efficacia, rispetto a sulcotrione, nei confronti di *Amaranthus* spp. e *Fallopia convolvulus* (sensibili solo nei primi stadi di crescita). Limitata risulta l'attività sulle specie perenni *Convolvulus arvensis* e *Calystegia sepium*. Presenta una perfetta compatibilità con le solfoniluree graminicide e con la maggior parte degli altri erbicidi di post-emergenza del mais, privilegiando le miscele con dicamba e fluroxipir per completare l'attività sulle infestanti perenni. Il mesotrione non è da impiegare su linee pure utilizzate per la produzione di seme e su mais dolce. I geoinsetticidi a base di terbufos e forate utilizzati alla semina in precedenza a mesotrione possono influire negativamente sul normale sviluppo delle colture, così come è sconsigliata l'applicazione di insetticidi carbammati o fosfororganici.

Dicamba, dicamba + pendimetalin, dicamba + MCPA

Il dicamba, appartenente alla famiglia degli acidi benzoici, rappresenta l'erbicida base per il controllo delle infestanti in post-emergenza del mais. Rapidamente assorbito per via fogliare e in minor misura attraverso le radici, viene rapidamente traslocato sia attraverso il sistema xilematico che floematico e presenta un meccanismo d'azione di tipo auxinosimile, con alterazione dei processi metabolici a livello dei meristemi. Da utilizzare alle dosi variabili da 0,6 a 1,2 l/ha di f.c. contenente 243,8 g/l di principio attivo, presenta un'ampia finestra applicativa e un largo spettro d'azione verso numerosi infestanti dicotiledoni annuali (*Amaranthus* spp., *Chenopodium* spp.,

Fallopia convolvulus, *Polygonum persicaria* e *lapathifolium*), ruderali (*Abutilon theophrasti*, *Phytolacca americana*, *Xanthium* spp., *Acalypha virginica*, ecc.) e perenni (*Convolvulus arvensis*, *Calystegia sepium*, *Cirsium arvense*, ecc.). Fra le infestanti meno sensibili sono da segnalare le composite, *Portulaca* e a volte *Solanum nigrum* in avanzati stadi di sviluppo. E' utilizzato in miscela estemporanea con altri erbicidi, fra cui bromoxinil, ma più frequentemente si utilizza in abbinamento a mesotrione e sulcotrione, per il completamento dell'efficacia dei due trichetoni su *Amaranthus* spp., *Fallopia convolvulus* e specie perenni e a fluroxipir e fluroxipir + florasulam per migliorare la sua efficacia nei confronti di *Abutilon theophrasti*. Recentemente è stata commercializzata anche una confezione bi-pack contenente dicamba e prosulfuron in dosi sufficienti per diserbare 1,6-2 ettari, le cui caratteristiche saranno descritte in seguito. Per applicazioni di post-emergenza precoce è disponibile una formulazione pronta con pendimetalin (da impiegarsi alla dosi di 3-4 l/ha di f.c.), mentre in presenza di infestazioni miste con prevalenza di specie perenni è utilizzabile anche la miscela di dicamba + MCPA (0,8-1 l/ha di f.c.). Presenta un'ottima miscibilità con tutte le solfoniluree graminicide e a volte risulta sufficiente a completare la loro parziale efficacia dicotiledonica.

Il dicamba è da utilizzare con cautela nei terreni molto sciolti, evitando di intervenire su linee pure per la produzione di seme e mais dolce.

Fluroxipir, fluroxipir + florasulam

Afferente alla famiglia degli acidi piridin carbossilici, il fluroxipir viene rapidamente assorbito per via fogliare e rapidamente traslocato in tutte le parti della pianta, dove esplica la sua azione di tipo auxino-simile. Il fluroxipir presenta una specifica attività nei confronti di *Abutilon theophrasti*, *Xanthium* spp. e delle perenni *Convolvulus arvensis* e *Calystegia sepium*. Per queste peculiari caratteristiche, alle dosi variabili da 0,5 a 0,7 l/ha di f.c., si presta ad integrare l'attività di dicamba, mentre meno frequenti sono le miscele con bromoxinil e tifensulfuron-metile. La sua selettività è pressoché perfetta fino allo stadio di 6-7 foglie del mais, mentre se distribuito più tardivamente, in corrispondenza di forti escursioni termiche, può determinare la comparsa di malformazioni delle radici avventizie. A dosi più elevate (fino a 1 l/ha), il fluroxipir è autorizzato anche per trattamenti sottochioma.

Con lo stesso spettro d'azione, se si eccettua un leggero miglioramento dell'efficacia su ombrellifere (*Ammi majus*), il fluroxipir è disponibile anche in miscela già formulata con florasulam, da utilizzare alle dosi di 1-1,2 l/ha di f.c.. Non sono segnalati problemi di incompatibilità con le solfoniluree graminicide.

Clopiralid

Come il fluroxipir, appartiene alla famiglia degli acidi piridin carbossilici, viene rapidamente assorbito attraverso le foglie e in modo limitato anche dalle radici e rapidamente traslocato in direzione dei tessuti meristematici. Esplica la sua attività erbicida di tipo ormonosimile con una specifica attività nei confronti di specie ombrellifere (*Ammi majus*, *Daucus carota*), leguminose (*Vicia* spp., ricacci di medica, ecc.), composite (*Cirsium arvense*, *Sonchus* spp., *Bidens* spp., *Xanthium* spp., *Helianthus tuberosum*, ecc.) e *Rumex* spp.. Utilizzato molto raramente, le dosi d'impiego variano da 100 a 130 g/ha di f.c..

2,4-D + MCPA, MCPA

I derivati dell'acido fenossicarbossilico sono ancora diffusamente impiegati nel diserbo del post-emergenza del mais grazie alla loro estrema economicità ed alla loro elevata efficacia nei confronti di alcune specie perenni, tra cui *Cirsium arvense*, *Convolvulus arvensis*, *Calystegia sepium* e soprattutto per essere gli unici a contenere lo sviluppo e la diffusione delle infestazioni di *Equisetum* spp.. Sono assorbiti per via fogliare più o meno velocemente in relazione al tipo di formulazione (più velocemente gli esteri rispetto ai sali e con maggiori differenze per il 2,4-D rispetto a MCPA) e nelle piante sensibili interferiscono sulla crescita e lo sviluppo cellulare livello auxinico, sulla respirazione e sulla biosintesi delle proteine. Il loro impiego risulta particolarmente indicato a completamento di precedenti interventi di pre-emergenza per l'eliminazione delle specie perenni sensibili, ma occorre porre particolare attenzione alle temperature che si verificano al momento del trattamento. Infatti livelli termici superiori ai 22-25°C possono determinare vistosi sbandamenti della piante e malformazioni delle foglie e della radici avventizie, che predispongono la coltura a negativi fenomeni di allettamento. Nei casi più gravi possono determinarsi anche problemi di formazione delle specie, con negative ripercussioni sulle rese finali. Sono sconsigliati interventi su linee pure per la produzione di seme.

Tifensulfuron-metile

Il tifensulfuron-metile è stata la prima solfonilurea introdotta in Italia per il diserbo del post-emergenza del mais, ma attualmente è stata sostituita dagli altri principi attivi della stessa famiglia efficaci anche nei confronti delle specie graminacee o a più ampio spettro d'azione dicotiledonica. Assorbito prevalentemente attraverso le foglie e in minor misura per via radicale, provoca l'inibizione dell'enzima ALS (acetolattato sintetasi), con conseguente blocco della sintesi degli aminoacidi a catena ramificata quali valina, leucina ed isoleucina indispensabili per l'accrescimento delle piante. Viene traslocato sia in senso acropeto che basipeto andandosi ad accumulare nelle zone meristematiche. Impiegato alla dose di 10 g/ha di f.c., addizionato di bagnante non ionico, presenta

uno spettro d'efficacia che comprende amarantacee, crucifere, leguminose ed alcune poligonacee (*Polygonum persicaria* e *lapathifolium*), mentre meno sensibili risultano *Fallopia convolvulus*, chenopodiacee e solanacee. Per completare la sua attività è utilizzato in miscela estemporanea con altri principi attivi, quale il più compatibile dicamba, ma anche bromoxinil, terbutilazina ed i composti ormonici 2,4-D + MCPA.

Il suo impiego è da evitare su mais dolce, mais da pop corno, linee pure per la produzione di seme e anche su mais di secondo raccolto.

Prosulfuron + dicamba

Il prosulfuron, composto solfonilureico recentemente autorizzato per il diserbo di post-emergenza del mais, viene rapidamente e prevalentemente assorbito per via fogliare andando ad interferire con la biosintesi dell'enzima ALS. E' disponibile in confezione bi-pack con dicamba in dosaggi sufficienti per diserbare una superficie variabile da 1,6 a 2 ettari. Questa associazione estemporanea presenta un'elevata ed ampia efficacia dicotiledonica nei confronti di *Amaranthus* spp., *Chenopodium* spp., poligonacee (*Fallopia convolvulus*, *Polygonum aviculare*, *Polygonum persicaria* e *lapathifolium*), crucifere, *Abutilon theophrasti*, *Ammi majus*, *Sicyos angulata*, ecc. e delle perenni *Cirsium arvense*, *Convolvulus arvensis*, *Calystegia sepium*, *Xanthium* spp., ecc., mentre non sempre totale è il controllo delle infestazioni di *Solanum nigrum*. Per ottenere un ottimale completamento dell'efficacia sulle specie solanacee è consigliabile la miscela estemporanea con bromoxinil, sulcotrione o mesotrione. Non sono da segnalare fenomeni di incompatibilità con le solfoniluree graminicide. Data la maggiore sensibilità, è sconsigliabile l'applicazione di prosulfuron su linee parentali, mais vitreo, mais dolce e da pop-corn. E' da evitare l'impiego di prosulfuron anche quando alla semina sono stati utilizzati geoinsetticidi a base di terbufos e in miscela con insetticidi liquidi o fosfororganici, i quali devono essere inoltre distanziati di almeno 10 giorni dall'applicazione dell'erbicida.

Rimsulfuron, rimsulfuron + dicamba

L'introduzione di questa solfonilurea ha determinato un sostanziale cambiamento per quanto riguarda il controllo delle infestanti graminacee del mais. La possibilità di eliminare in post-emergenza la maggior parte delle specie annuali ed anche le sempre più diffuse presenze di *Sorghum halepense* da rizoma ha permesso la diffusione della coltivazione del mais anche in aree ove prima era improponibile. Come la maggior parte delle solfoniluree viene assorbito prevalentemente per via fogliare, ma a volte presenta una certa efficacia anche per via radicale. Traslocato in tutte le direzioni, inibisce l'enzima acetolattato sintetasi (ALS). L'efficacia graminicida di rimsulfuron comprende *Echinochloa crus-galli*, *Setaria* spp., *Panicum* spp.,

Sorghum halepense da seme e anche da rizoma, mentre *Digitaria sanguinalis* risulta sensibile entro lo stadio di 3 foglie. Fra le dicotiledoni risultano facilmente eliminabili amarantacee, crucifere, *Matricaria* spp. ed altre composite, con buona azione anche su piante non molto sviluppate di *Abutilon theophrasti*, *Xanthium* spp., ecc.. Parziale risulta il controllo delle specie poligonacee, di *Chenopodium* spp., solanacee e delle specie perenni. Può essere utilizzato in un unico trattamento, alla dose di 50-60 g/ha di f.c. addizionato di bagnante non ionico od olio vegetale per completare l'efficacia di precedenti trattamenti di pre-emergenza, ma più frequentemente è utilizzato in miscela con dicotiledonici di complemento per eliminare con unici interventi tutte le infestanti presenti. Il partner più indicato risulta dicamba (con disponibilità di una miscela già formulata da utilizzare alla dose di 400 g/ha di f.c.), con possibilità di miscelare anche bromoxinil, fluroxipir, fluroxipir + florasulam, dicamba + MCPA e anche i più recenti mesotrione, sulcotrione e prosulfuron. In caso di forti infestazioni e anche nei terreni torbosi, dove l'efficacia dei trattamenti di pre-emergenza è nulla o alquanto limitata, possono giustificarsi trattamenti frazionati, con esecuzione del primo alla dose di 40 g/ha di f.c. alle 2-4 foglie del mais, ripetendo l'applicazione alla dose di 30 g/ha di f.c. dopo 8-12 giorni.

Nicosulfuron

Seconda solfonilurea introdotta sul mercato italiano per il diserbo di post-emergenza del mais, presenta modalità di assorbimento, di traslocazione, un meccanismo d'azione ed uno spettro d'azione graminicida praticamente simile a rimsulfuron, con una lieve maggiore efficacia nei confronti di *Digitaria sanguinalis*, sensibile tuttavia solo nei primi stadi di sviluppo. Fra le specie a foglia larga la sua efficacia è ottimale su amarantacee, crucifere, composite, con inoltre una buona attività anche su *Polygonum persicaria* e *lapathifolium*. Più problematico appare il contenimento di *Chenopodium album*, *Fallopia convolvulus* e soprattutto di solanacee e delle specie perenni. In unico trattamento si utilizza alle dosi di 1-1,5 l/ha, mentre interventi frazionati prevedono una prima applicazione alla dose di 0,7-1 l/ha con ripetizione del trattamento dopo 7-10 giorni alla dose di 0,5-0,7 l/ha. Per completare la parziale efficacia nei confronti delle infestanti dicotiledoni meno sensibili, si presta ad essere miscelato con dicamba, sulcotrione, mesotrione, prosulfuron, fluroxipir e con la maggior parte degli altri erbicidi attivi verso le specie a foglia larga.

E' sconsigliato il suo impiego su mais dolce e linee pure per la produzione di seme, mentre i geoinsetticidi a base di forate e terbufos distribuiti precedentemente alle applicazioni di nicosulfuron possono influire negativamente con il normale sviluppo della coltura.

Foramsulfuron

Di recente registrazione, quest'altra solfonilurea graminicida presenta caratteristiche biologiche

ed uno spettro di efficacia simile a quello di rimsulfuron e nicosulfuron, con l'eccezione di una completa attività nei confronti delle specie solanacee.

Foramsulfuron è commercializzato con addizione dell'antidoto agronomico isoxadifen-etile, che ne migliora e rende costante la selettività nei confronti del mais. Il trattamento unico prevede dosaggi variabili da 2 a 2,7 l/ha di f.c. in relazione al tipo ed allo sviluppo delle infestanti, mentre con scalarità delle emergenze si possono effettuare due trattamenti distanziati di 8-10 giorni il primo alla dose di 1,8 l/ha di f.c. ed il secondo alla dose di 0,9 l/ha di f.c.. Per completare l'attività nei confronti delle specie a foglia larga, è da utilizzare in miscela estemporanea con bromoxinil, sulcotrione o mesotrione e con fluroxipir.

Foramsulfuron non è da utilizzare per il diserbo di mais dolce, mais vitreo, da pop corn e mais da seme e su colture trattate alla semina con i geoinsetticidi fosfororganici. Sono altresì sconsigliate miscele estemporanee con insetticidi fosfororganici.

Conclusioni

Per il diserbo selettivo del mais sono disponibili 40 principi attivi che vanno a costituire circa 120 formulati commerciali. Con il loro uso singolo o in miscela è possibile eliminare tutte le erbe infestanti questa coltura.

Tra le diverse epoche d'intervento la pre-emergenza è quella che offre le maggiori garanzie, lasciando a pochi casi la necessità di un successivo secondo intervento.

Molto importanti ai fini della redditività economica della coltura è tenere nella massima considerazione l'economicità della scelta dell'erbicida e la necessità di un eventuale doppio trattamento.

Figura 1 - Principali linee operative per il controllo delle infestanti del mais

Tecnica di semina	Stadio di sviluppo della coltura						
	Intensità e tipo di infestazione	Pre-semina		1-3 foglie 	4-5 foglie 	6-7 foglie 	8 foglie 
SU TERRENO LAVORATO	MEDIA Graminacee e dicotiledoni annuali		Pre-emergenza	Post precoce		Sarchiatura o fresatura interfilare	Sarchiatura o fresatura interfilare
	ELEVATA Graminacee e dicotiledoni "difficili"		Pre-emergenza		Post-emergenza	Sarchiatura o fresatura interfilare	
	MEDIA Graminacee e dicotiledoni annuali con <i>Sorghum halepense</i> da rizoma			Post-emerg.	Post-emerg.	Sarchiatura o fresatura interfilare	
			Pre-emergenza		Post-emergenza	Sarchiatura o fresatura interfilare	
DIRETTA SU SODO	MEDIA Infestazioni miste	Erbicida ad azione fogliare			Post-emergenza	Fresatura interfilare	
	ELEVATA Infestazioni miste	Erbicida ad azione fogliare		Post-emerg.	Post-emerg.	Fresatura interfilare	

Tabella 1 – Epocche e dosi d’impiego degli erbicidi ad azione preventiva di pre-semina, pre-emergenza e post-emergenza precoce

Principi attivi (contenuto principio attivi g/l o g/kg)	Epoca d’impiego autorizzata e relativa dose (l o kg/ha di formulato commerciale)		
	Pre-semina	Pre-emergenza	Post-emergenza precoce
S-metolaclor (960)	1,25-1,5		0,75-1
S-metolaclor (312,5) + terbutilazina (187,5)	4-4,5		3-3,5
S-metolaclor (312,5) + terbutilazina (187,5) + mesotrione (37,5)	3,5-4,5		3-4
Alaclor (480)	4-5		
Alaclor (336) + terbutilazina (144)	6-7		
Acetoclor (840) + furilazole (28)	1-2		
Acetoclor (400) + diclormid (66,7)	4-5		3-4
Acetoclor (450) + terbutilazina (214) + furilazole (15)	2,5-4,5		2,5-3,5
Dimetenamide (900)		1-1,2	
Dimetenamide (250) + pendimetalin (250)		3-3,5	
Flufenacet (600)		0,8-1	0,8-1
Flufenacet (480) + isossaflutolo (100)		0,5-0,75	
Pendimetalin (307)		3-4	3
Pendimetalin (247) + terbutilazina (137)	5-7		
Terbutilazina (diversi)	500-1.000 g/ha di principio attivo		
Isossaflutolo (750)		0,050-0,100	0,050-0,070
Isossaflutolo (75) + aclonifen (500)		0,7-1	
Isossaflutolo (37,5) + terbutilazina (375)		1,35-2	1,35
Aclonifen (600)		1,5-2	
Linuron (450)		0,8-1	

Tabella 2 – Epoche e dosi d’impiego degli erbicidi a prevalente azione dicotiledonica di post-emergenza precoce

Principi attivi (contenuto p. a. g/l o g/kg)	Stadio di sviluppo mais e relative dosi (l o kg/ha di f.c.)			
	1-2 foglie	3-4 foglie	5-6 foglie	7-8 foglie
Terbutilazina (diversi)	Max. 1.000 g/ha p.a.			
Bromoxinil (200)	1,5-2			
Bromoxinil (300/327)		0,7-1,2		
Bromoxinil (200) + terbutilazina (300)		2-2,5		
Bentazone (870)	1-1,7			
Bentazone (320) + dicamba (90)		2-2,5		
Sulcotrione (300)	1-1,5			
Mesotrione (100)	0,75-1			
Dicamba (243,8)		0,6-1,2		
Dicamba (480)		0,5-0,6		
Dicamba (50) + pendimetalin (250)	3-4			
Dicamba (27,904) + MCPA (317,19)		0,8-1		
Fluroxipir (200)		0,5-0,7		
Fluroxipir (100) + florasulam (1)		1-1,2		
Clopiralid (100)		0,8-1		
Clopiralid (750)		0,100-0,130		
2,4-D (350) + MCPA (300)		0,3-0,5		
MCPA (160)		0,5-1		
MCPA (280)		0,3-0,5		
MCPA (800)		0,2-0,6		
Tifensulfuron-metile (750)		0,010		
Prosulfuron (750) + dicamba (700)		0,020-0,025 + 0,220-0,275		

Tabella 3 – Epoke e dosi d’impiego degli erbicidi a prevalente azione graminicida di post-emergenza precoce

Principi attivi (contenuto p. a. g/l o g/kg)	Stadio di sviluppo mais e relative dosi (l o kg/ha di f.c.)			
	1-2 foglie	3-4 foglie	5-6 foglie	7-8 foglie
Trattamento unico				
Rimsulfuron (250)		0,050-0,060		
Rimsulfuron (3,26) + dicamba (60,87)		0,400		
Nicosulfuron (40)		1-1,5		
Foramsulfuron (22,5) + isoxadifen-etile (22,5)		2-2,7		
Trattamenti frazionati				
Rimsulfuron (250)	0,040-0,050		0,030	
Nicosulfuron (40)	1		0,5	
Foramsulfuron (22,5) + isoxadifen-etile (22,5)	1,8		0,9	

Tabella 4 – Diserbanti ad azione preventiva di pre-semina, pre-emergenza e post-emergenza precoce: principio attivo e sensibilità principali infestanti

Principi attivi (contenuto p.a. g/l o g/kg)	Graminacee annuali				Dicotiledoni annuali									
	DIGSA	ECHCG	SETSS	SORHA	ABUTH	AMARE	BIDTR	CHESS	FALCO	POLAV	POLPE POLLA	POROL	Crucifere	SOLNI
S-metolaclor (960)	●●●	●●●	●●●	●●●	●	●●	●	●	●	●	●	●●	●	●
S-metolaclor (312,5) + terbutilazina (187,5)	●●●	●●●	●●●	●●●	●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●
S-metolaclor (312,5) + terbutilazina (187,5) + mesotrione (37,5)	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●
Alaclor (480)	●●●	●●●	●●●	●●●	●	●●	●	●●	●	●	●	●●	●	●●
Alaclor (336) + terbutilazina (144)	●●●	●●●	●●●	●●●	●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●
Acetoclor (840) + furilazole (28)	●●●	●●●	●●●	●●	●	●●	●	●●	●●	●●	●●	●●	●	●●
Acetoclor (400) + diclormid (66,7)	●●●	●●●	●●●	●●	●	●●	●	●●	●●	●●	●●	●●	●	●●
Acetoclor (450) + terbutilazina (214) + furilazole (15)	●●●	●●●	●●●	●●	●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●
Dimetenamide (900)	●●●	●●●	●●●	●●●	●	●●	●	●●	●	●	●	●●	●	●
Dimetenamide (250) + pendimetalin (250)	●●●	●●●	●●●	●●●	●●	●●	●	●●	●●	●●	●●●	●●	●	●●●
Flufenacet (600)	●●●	●●●	●●●	●●	●	●	●	●	●	●	●	●●	●	●
Flufenacet (600) + terbutilazina (800)	●●●	●●●	●●●	●●●	●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●
Flufenacet (480) + isossafutolo (100)	●●	●●	●●	●●	●●●	●●●	●	●●●	●	●	●●	●●●	●●	●●
Pendimetalin (307)	●●	●●	●●●	●	●●	●●	●	●●●	●●	●●●	●●	●●●	●	●●●
Pendimetalin (247) + terbutilazina (137)	●●	●●	●●●	●	●●	●●●	●●●	●●●	●●	●●	●●●	●●●	●●●	●●●
Terbutilazina (diversi)	●	●●	●	●	●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●
Isossafutolo (750)	●●	●●	●	●●	●●●	●●	●	●●	●	●	●●	●●●	●●	●●
Isossafutolo (75) + aclonifen (500)	●●	●●	●	●●	●●●	●●●	●●	●●●	●●	●	●●	●●●	●●●	●●
Isossafutolo (37,5) + terbutilazina (375)	●●	●●	●	●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●	●●●
Aclonifen (600)	●	●	●	●	●	●●●	●	●●●	●●	●	●●	●	●●●	●
Linuron (450)	●	●	●●	●	●	●●	●●	●●●	●●	●●	●●	●●	●●●	●

●●● = efficacia completa e costante; ●● = efficacia completa in ottimali condizioni applicative; ● = efficacia non sufficiente

Tabella 5 – Diserbanti di post-emergenza a prevalente attività dicotiledonica: principio attivo e sensibilità principali infestanti

Principi attivi (contenuto p. a. g/l o g/kg)	(1)	Graminacee annuali				Dicotiledoni annuali											Perenni			
		DIGSA	ECHCG	SETSS	SORHA	ABUTH	AMARE	BIDTR	CHES	FALCO	POLAV	POLPE OLLA	POROL	Cruficere	SOLNI	XANST	CIRAR	CONAR CAGSE	EQUAR	SORHA
Terbutilazina (diversi)	A	•	•	•	•	•	•••	••	•••	•••	••	•••	•••	•••	•••	••	•	•	•	•
Bromoxinil (diversi)	A B	•	•	•	•	•• •	••• ••	•• •	••• ••	••• ••	•	••• ••	• •	••• ••	••• ••	••• ••	••	••	•	•
Bromoxinil (200) + terbutilazina (300)	A	•	•	•	•	•	•••	••	•••	•••	••	•••	•••	•••	•••	••	••	••	•	•
Bentazone (870)	A B	•	•	•	•	••• ••	••• ••	••• ••	••• ••	•• •	•	••• ••	••• ••	••• ••	••• ••	••• ••	•	•	•	•
Bentazone (320) + dicamba (90)	A B	•	•	•	•	••• ••	••• ••	••• ••	••• ••	••• ••	•• •	••• ••	••• ••	••• ••	••• ••	•• •	•	••	•	•
Sulcotrione (300)	A B	•• •	•• •	• •	• •	••• ••	• •	••• ••	••• ••	• •	• •	••• ••	• •	••• ••	••• ••	••• ••	••/•	•	•	•
Mesotrione (100)	A B	••• ••	••• •	•• •	• •	••• ••	•• •	••• ••	••• ••	•• •	• •	••• ••	•• •	••• ••	••• ••	••• ••	••/•	•	•	•
Dicamba (243,8)	A B	•	•	•	•	••• ••	••• ••	•• •	••• ••	••• ••	••• ••	••• ••	•• •	• •	••• ••	••• ••	••	•••	•	•
Dicamba (480)	A B	•	•	•	•	••• ••	••• ••	•• •	••• ••	••• ••	••• ••	••• ••	•• •	• •	••• ••	••• ••	••	•••	•	•
Dicamba (50) + pendimetalin (250)	A	• (2)	• (2)	• (2)	•	••	•••	•••	•••	••	••	•••	••	••	•••	•••	••	••	•	•
Dicamba (27,904) + MCPA (317,19)	A B	•	•	•	•	•• •	•• •	•• •	•• •	••• ••	•• •	•• •	•• •	••• ••	•• •	•• •	••	•••	•••	•
Fluroxipir (200)	A B	•	•	•	•	••• ••	•• •	••• ••	• •	••• ••	•• •	• •	• •	• •	••• ••	••• ••	••/•	•••	•	•
Fluroxipir (100) + florasulam (1)	A B	•	•	•	•	••• ••	•• •	••• ••	• •	••• ••	•• •	• •	• •	• •	••• ••	••• ••	••/•	•••	•	•
Clopiralid (diversi)	A	•	•	•	•	•	•	••	•	•	•	•	•	•	•	•••	•••	•	•	•
2,4-D (350) + MCPA (300)	A B	•	•	•	•	•• •	•• •	•• •	•• •	•• •	• •	•• •	• •	••• ••	•• •	••• ••	••	•••	•••	•
MCPA (diversi)	A B	•	•	•	•	•• •	•• •	•• •	•• •	•• •	• •	•• •	• •	••• ••	•• •	••• ••	••	•••	•••	•
Tifensulfuron-metile (750)	A B	•	•	•	•	••• ••	••• ••	••• ••	• •	•• •	• •	•• •	••• ••	••• ••	• •	••• ••	•	•	•	•
Prosulfuron (750) + dicamba (700)	A B	•	•	•	•	••• ••	••• ••	••• ••	••• ••	••• ••	••• ••	••• ••	••• ••	••• ••	••• ••	••• ••	••	•••	•	•

••• = efficacia completa e costante; •• = efficacia completa in ottimali condizioni applicative; • = efficacia non sufficiente

(1) A = graminacee 1-3 foglie, dicotiledoni entro le 4 foglie vere
B = graminacee in accestimento, dicotiledoni oltre le 4 foglie vere

(2) azione residuale pendimetalin

Tabella 6 – Principali miscele estemporanee di post-emergenza per il controllo delle infestanti dicotiledoni

Dicotiledonicida base		Dicotiledonicida complementare		
Principio attivo (contenuto p.a. g/l o g/kg)	Dosi l o kg/ha di f.c.	Principio attivo (contenuto p.a. g/l o g/kg)	Dosi l o kg/ha di f.c.	Miglioramento azione su
Bromoxinil (200) Bromoxinil (300/327)	1-1,5 0,7-1	Dicamba (243,8) Dicamba (480)	0,6-1 0,3-0,5	<i>Polygonum persicaria</i> e <i>lapathifolium</i> , <i>Convolvulus arvensis</i> , <i>Calystegia sepium</i> , <i>Cirsium arvense</i>
		Fluroxipir (200)	0,5-0,7	<i>Abutilon theophrasti</i> , <i>Convolvulus arvensis</i> , <i>Calystegia sepium</i>
		Fluroxipir (100) + florasulam (1)	1-1,2	<i>Abutilon theophrasti</i> , <i>Convolvulus arvensis</i> , <i>Calystegia sepium</i>
		2,4-D (350) + MCPA (300)	0,3-0,4	<i>Convolvulus arvensis</i> , <i>Calystegia sepium</i> , <i>Equisetum</i> spp.
Sulcotrione (300)	1-1,5	Bromoxinil (200) Bromoxinil (300/327)	1-1,5 0,7-0,8	<i>Amaranthus</i> spp., <i>Fallopia convolvulus</i>
		Dicamba (243,8) Dicamba (480)	0,6-1 0,3-0,5	<i>Amaranthus</i> spp., <i>Fallopia convolvulus</i> , <i>Convolvulus arvensis</i> , <i>Calystegia sepium</i> , <i>Cirsium arvense</i>
		Fluroxipir (200)	0,5-0,7	<i>Abutilon theophrasti</i> , <i>Fallopia convolvulus</i> , <i>Convolvulus arvensis</i> , <i>Calystegia sepium</i>
		Fluroxipir (100) + florasulam (1)	1-1,2	<i>Abutilon theophrasti</i> , <i>Fallopia convolvulus</i> , <i>Convolvulus arvensis</i> , <i>Calystegia sepium</i>
Mesotrione (100)	0,6-1	Bromoxinil (200) Bromoxinil (300/327)	1-1,5 0,7-0,8	<i>Amaranthus</i> spp., <i>Fallopia convolvulus</i>
		Dicamba (243,8) Dicamba (480)	0,6-1 0,3-0,5	<i>Amaranthus</i> spp., <i>Fallopia convolvulus</i> , <i>Convolvulus arvensis</i> , <i>Calystegia sepium</i> , <i>Cirsium arvense</i>
		Fluroxipir (200)	0,5-0,7	<i>Abutilon theophrasti</i> , <i>Fallopia convolvulus</i> , <i>Convolvulus arvensis</i> , <i>Calystegia sepium</i>
		Fluroxipir (100) + florasulam (1)	1-1,2	<i>Abutilon theophrasti</i> , <i>Fallopia convolvulus</i> , <i>Convolvulus arvensis</i> , <i>Calystegia sepium</i>
Prosulfuron (750) + dicamba (700)	0,020 + 0,220	Bromoxinil (200) Bromoxinil (300/327)	1-1,2 0,7-0,8	<i>Solanum nigrum</i>
		Sulcotrione (300)	0,7-1	<i>Solanum nigrum</i>
		Mesotrione (100)	0,4-0,5	<i>Solanum nigrum</i>

Tabella 7 – Diserbanti di post-emergenza a prevalente attività graminicida: principio attivo e sensibilità principali infestanti

Principi attivi (contenuto p. a. g/l o g/kg)	(1)	Graminacee annuali				Dicotiledoni annuali											Perenni			
		DIGSA	ECHCG	SETSS	SORHA	ABUTH	AMARE	BIDTR	CHESS	FALCO	POLAV	POLPE OLLA	POROL	Cruficere	SOLNI	XANST	CIRAR	CONAR CAGSE	EQUAR	SORHA
Rimsulfuron (250)	A B	•• •	••• •••	••• ••	••• •••	••• •	••• •••	••• •••	• •	• •	• •	• •	• •	••• •••	• •	••• •••	• •	• •	• •	••• •••
Rimsulfuron (3,26) + dicamba (60,87)	A	•• •	••• •••	••• ••	••• •••	••• ••	••• •••	••• •••	••• •••	••• •••	••• •••	••• •••	•• •	••• •••	••• •••	••• •••	•• ••	••• •••	• •	••• •••
Nicosulfuron (40)	A B	••• ••	••• •••	••• ••	••• •••	•• •	••• •••	••• •••	•• •	• •	• •	••• •••	•• •	••• •••	•• •	••• •••	• •	• •	• •	••• •••
Foramsulfuron (22,5) + isoxadifen-etile (22,5)	A B	•• •	••• •••	••• ••	••• •••	••• ••	••• •••	••• •••	•• •	• •	• •	•• •	•• •	••• •••	••• •••	••• •••	• •	• •	• •	••• •••

••• = efficacia completa e costante; •• = efficacia completa in ottimali condizioni applicative; • = efficacia non sufficiente

(1) A = graminacee 1-3 foglie, dicotiledoni entro le 4 foglie vere

B = graminacee in accestimento, dicotiledoni oltre le 4 foglie vere

Tabella 8 – Principi attivi citati nella relazione e corrispondenti nomi commerciali

Principi attivi	Nomi commerciali	g/kg o g/l di p.a. nel f.c.	Formulazione (1)	Sigla di pericolo	Periodo di sicurezza (giorni)	Società distributrice
Paraquat	Gramoxone W	200	LS	T+	30	Syngenta
Paraquat + diquat	Seccatutto	130+65	LS	T+	30	Syngenta
Glifosate	Bioglif	360	LS	m.c.p.	-	Chemia
	Buggy	360	EC		-	Sipcam
	Clinic 360 SL	360	LS	m.c.p.	-	Cerexagri
	Ende	360	LS	m.c.p.	-	Agrowin Bioscience
	Glifene SL	356	LS	m.c.p.	-	Chimiberg
	Glifogold S	360	LS	m.c.p.	-	Agrimport
	Glifosar	360	LS	m.c.p.	-	Sariaf
	Gliphogan Top	360	LS	m.c.p.	-	Isagro
	Gliphyt	360	LS	m.c.p.	-	Europhyto
	Glyf	350	LS	m.c.p.	-	Chemia
	Glyfos Pro	450	CS	m.c.p.	-	Cheminova
	Glyfos Ultra	360	CS	m.c.p.	-	Cheminova
	Hopper Blu	360	LS	m.c.p.	-	Dow Agrosiences
	Klinamon DP	360	LS	m.c.p.	-	Du Pont
	Logrado 360	360	CS	m.c.p.	-	Chimassò
	Netground 30	350	LS	m.c.p.	-	Sivam
	Pantox	410	LS	m.c.p.	-	Terranalisi
	Pantox 360	360	CS	m.c.p.	-	Terranalisi
	Rasikal Ultra	360	CS	m.c.p.	-	Bayer Cropscience
	Risolutiv	360	LS	m.c.p.	-	Scam
	Roundup Bioflow	360	CS	m.c.p.	-	Monsanto
	Roundup Max	680	GRI	Xi	-	Monsanto
	Roundup Plus	450	CS	m.c.p.	-	Monsanto
	Roundup quattrocento	400	CS	m.c.p.	-	Monsanto
	Seccherba Respect	360	LS	m.c.p.	-	Agrimix
	Sereno centoventi	120	LS	m.c.p.	-	Monsanto
	Silglif	360	CS	m.c.p.	-	Siapa
	Touchdown	360	CS	m.c.p.	-	Syngenta
	Velox Pro	360	CS	m.c.p.	-	Siapa
Glufosinate ammonio	Basta	120	CS	m.c.p.	-	Bayer Cropscience
	Glifosam	120	CS	m.c.p.	-	Europhyto
	Seccherba Top	120	CS	m.c.p.	-	Agrimix
S-metolacior	Dual Gold	960	CE	Xi	-	Syngenta
	Erbifos Gold	960	CE	Xi	-	Siapa
S-metolacior + terbutilazina	Primagram Gold	312,5+187,5	SC	Xi	-	Syngenta

S-metolaclor + terbutilazina + mesotrione	Lumax	312,5+187,5+37,5	LE	Xn	-	Syngenta
Alaclor	Alaclor I.PI.Cl.	480	LM	Xn	-	I.PI.Cl.
	Flash	480	LM	Xn	-	Agroqualità
	Lasso Microtech	480	SM	Xn	-	Monsanto
Alaclor + terbutilazina	Agrichlor TZ	336+144	LM	Xn	-	Agrimport
	Alanex TZ	308+137	LM	Xn	-	Makhteshim Agan
	Alter	308+137	LM	Xn	-	Chemia
	Eurochlor TZ	336+144	LM	Xn	-	Europhyto
	Flash TZ	320+130	LM	Xn	-	Agroqualità,Sivam
	Lasso Micromix	336+144	SM	Xn	-	Monsanto
	Terrachlor TZ	336+144	LM	Xn	-	Terranalisi
Acetoclor + furilazole	Bolero	840+28	CE	Xn	-	Monsanto
Acetoclor + diclormid	Trophy 40 CS	400+	CE	Xi	-	Dow Agrosiences
Acetoclor + terbutilazina + furilazole	Bolero TZ	450+214+15	SU	Xn	-	Monsanto
	Erbifen TZ	450+214+15	SU	Xn	-	Sariaf
Dimetenamide	Frontier	900	CE	Xi	-	BASF Italia
Dimetenamide + pendimetalin	Wing	250+250	CE	Xi	90	BASF Italia
Flufenacet	Cadou WP	600	PB	Xi	-	Bayer Cropscience
Flufenacet + isossaflutolo	Cadou Star	480+100	GRI	Xi	-	Bayer Cropscience
	Merlin GP	480+100	GRI	Xi	-	Bayer Cropscience
Pendimetalin	Activus	400	GRI	m.c.p.	90	Makhteshim Agan
	Activus EC	317	CE	Xi	90	Makhteshim Agan
	Cereweed 30E	307	CE	Xi	90	Siapa
	Disetalin L	307	LE	m.c.p.	90	Scam
	Inca	307	LE	Xi	90	Sivam
	Most L	307	EC	Xi	90	Sipcam
	Most Micro	365	LM	m.c.p.	90	Sipcam
	Stomp 330E	307	EC	Xi	90	BASF Italia
Pendimetalin + terbutilazina	Troler	247+137	PF	m.c.p.	-	BASF Italia
Pendimetalin + dicamba	Pendicam	250+50	CE	Xi	90	BASF Italia
Terbutilazina	Basel FL	500	SC	m.c.p.	-	Scam
	Butilene	400	SC	m.c.p.	-	Chimiberg
	Click 50 FL	560	SC	m.c.p.	-	Sipcam
	Click 75 DF	750	GRI	m.c.p.	-	Sipcam
	Lasterb	560	SC	m.c.p.	-	Agrimport
	Skroll WDG	800	GRI	m.c.p.	-	Sivam
	Terb SC	508,4	SC	m.c.p.	-	Terranalisi
	Terb WG	800	GRI	m.c.p.	-	Isagro
	Terbagro 500	560	SC	m.c.p.	-	Cheminova
	Terbazina FL	407	SC	m.c.p.	-	Agroqualità
	Terb Flo	508,4	SC	m.c.p.	-	Chemia

	Terbil 50 DF	500	GRI	m.c.p.	-	Simar
	Terzina 50 FLO	560	SC	m.c.p.	-	Sariaf
	Terzina DF	500	GRI	m.c.p.	-	Sariaf
	Tillanex 80 WDG	800	GRI	m.c.p.	-	Makteshim Agan
	Trek 50 SC	500	SC	m.c.p.	-	Makteshim Agan
	Valiant SC	500	SC	m.c.p.	-	Siapa
	Valiant WDG	800	GRI	m.c.p.	-	Siapa
Isossaflutolo	Merlin	750	GRI	m.c.p.	-	Bayer Cropscience
Isossaflutolo + aclonifen	Merlin Combi	75+750	SC	m.c.p.	-	Bayer Cropscience
Isossaflutolo + terbutilazina	Merlin Duo	37,5+375	SC	Xn	-	Bayer Cropscience
Aclonifen	Challenge	600	SC	Xi	-	Bayer Cropscience
Linuron	Afalon DS	450	DA	Xn	60	Makteshim Agan
	Arbax F	436	SC	Xn	60	Isagro
	Kling	436	SC	Xn	60	Agrowin Biosciences
	Linosar	425	PF	Xn	60	Sariaf
	Linur Flo	430	SC	Xn	60	Chemia, Sivam
	Linurex	425	PF	Xn	60	Agrimport
	Linuron Chimiberg	422,3	DA	Xn	60	Chimiberg
	Linuron FL-Sepran	432	SC	Xn	60	Sepran, Terranalisi
	Linuron Sipcam Flow	445	SC	Xn	60	Sipcam
	Siolcid	440	SC	X	60	Siapa
Bromoxinil	Brominal Mais	327	CE	Xn	-	Bayer Cropscience
	Emblem	200	PB	Xn	-	Cerexagri
	Flavos	330	CE	Xn	-	Du Pont
Bromoxinil + terbutilazina	Aspid	200 + 300	SC	Xn	-	Makhteshim Agan
Bentazone	Basagran SG	870	GRI	Xi	-	BASF Italia
	Blast LS	870	GRI	Xi	-	Sipcam
	Erbazone SG	870	GRI	Xi	-	Siapa
Bentazone + dicamba	Cambio	320 + 90	CS	m.c.p.	-	Chimiberg
Sulcotrione	Mikado	300	SC	m.c.p.	-	Bayer Cropscience
Mesotrione	Callisto	100	SC	Xi	-	Syngenta
Dicamba	Aric 480 LS	480	LS	m.c.p.	20	Scam
	Camba	170	LS	m.c.p.	20	Agrimix
	Camba 480	480	LS	Xi	20	Agrimix
	Cambel S	243,8	LS	m.c.p.	20	Sariaf
	Camelot	180	LS	m.c.p.	20	Sipcam
	Diter	155	LS	m.c.p.	20	Terranalisi
	Joker	230	LS	m.c.p.	20	Chimiberg
	Joker 70 SG	700	GRI	Xi	20	Chimiberg
	Maicol	480	LS	m.c.p.	20	Sivam
	Mondak 21S	243,8	LS	m.c.p.	20	Syngenta

	Mondak 70 WG	700	GRI	Xi	20	Syngenta
	Mondin	180	LS	m.c.p.	20	Chemia
	Reset	180	LS	m.c.p.	20	Agrimport
	Rex	700	GRI	Xn	20	Agrowin Biosciences
	Sivel 21S	240	LS	m.c.p.	20	Siapa
	Stopweed	240	LS	m.c.p.	20	Isagro
	Sundek SL	230	LS	Xi	20	Europhyto
MCPA + dicamba	Agherud Dicamba	317,19 + 27,90	LE	Xn	20	Du Pont
	Metambane SG	216,6+19,6	GRI	Xi	20	Chimiberg
Fluroxipir	Starane 21	200	LE	Xi	60	Du Pont
	Tomagan	200	LE	Xi	60	Maktheshim Agan
	Tomahawk	200	LE	Xi	60	Siapa
Fluroxipir + florasulam	Starane Gold	100 + 1	SU	Xi	-	Dow Agrosiences
Clopirald	Cirtoxin DF	750	GRI	m.c.p.	45	Bayer Cropscience
	Dicopyr	100	LS	Xi	45	Agrimix
	Lontrel 75G	750	GRI	m.c.p.	45	Dow Agrosiences, Isagro
	Sinder	100	LS	Xi	45	Chimiberg
	Clopix 100 LS	100	LS	Xi	45	Scam
2,4-D + MCPA	Dicopur Combi	275 + 275	CS	Xn	20	Cerexagri
	Diserbone KN	346 + 346	LS	Xn	20	Chemia
	Erbitox Combi	375 + 302	LS	Xn	20	Siapa
	Reggran Combi	375 + 302	LS	Xn	20	Isagro
	U 46 Combi Fluid	350 + 300	LS	Xn	20	BASF Italia
MCPA	Agritox Dry 800	887,8	GRI	Xi	20	Cerexagri
	Fenoxilene 30	278	LS	Xn	20	Sipcam
	Mistral	280	LS	Xn	20	Chimiberg
	Valgran	160	LS	Xi	20	Scam
Tifensulfuron-metile	Harmony	750	GRI	m.c.p.	-	Du Pont
Prosulfuron	Peak	750	GRI	m.c.p.	-	Syngenta
Rimsulfuron	Titus	250	GRI	m.c.p.	80	Du Pont
Rimsulfuron + dicamba	Task	3,26+60,87	GRI	Xi	80	Du Pont
Nicosulfuron	Ghibli	40	SC	Xi	-	Syngenta
Foramsulfuron + isoxadifen-etile	Equip	22,5+22,5	DA	Xi	-	Bayer Cropscience

(1) CE = concentrato emulsionabile; CS = concentrato solubile; DA = dispersione acquosa; GRI = granuli idrodispersibili; LE = liquido emulsionabile; LM = liquido microincapsulato; LS = liquido solubile; PB = polvere bagnabile; PF = pasta fluida; SE = soluzione emulsionabile; SM = sospensione microincapsulata; SU = suspo-emulsione.

Distribuzione degli erbicidi: attualità e prospettive

P. BALSARI, P. MARUCCO

DEIAFA Meccanica - Università di Torino, Via L. da Vinci, 44 - 10095 Grugliasco (TO)

Riassunto

Le tecniche di applicazione degli erbicidi richiedono oggi sempre più precisione e rispetto dell'ambiente e della sicurezza dell'operatore. Attualmente sono già disponibili sul mercato una serie di soluzioni tecniche e di dispositivi atti a soddisfare queste esigenze. Ulteriori evoluzioni sono previste per il prossimo futuro, nell'ottica dell'adozione su più vasta scala dell'agricoltura di precisione e del rispetto di normative europee specifiche inerenti l'uso sostenibile degli agrofarmaci.

Nella relazione sono illustrate le principali soluzioni tecniche oggi disponibili per le barre irroratrici e le evoluzioni della componentistica che saranno disponibili sul mercato in tempi brevi.

Parole chiave: barra irroratrice, deriva, ugello, agricoltura di precisione.

Summary

Herbicide spray application in agriculture: current situation and future perspectives

The need to improve herbicide spray application techniques in order to work more precisely and to better safeguard the environment and the operators safety requires for the development of new technical solutions for boom sprayers. An overview of the components and technical solutions actually available on the market and of those under study that will be available in the near future is reported.

Keywords: boom sprayer, drift, nozzle, precision farming.

Introduzione

Per ottenere un adeguato controllo della flora infestante nelle colture erbacee è fondamentale che la distribuzione dei prodotti erbicidi avvenga in maniera corretta, mirando soprattutto all'uniformità di distribuzione della miscela sulla superficie trattata. L'attuale tendenza generale ad applicare volumi di distribuzione sempre più ridotti, che consentono una maggiore tempestività di intervento ed una maggiore capacità operativa delle irroratrici, richiede una grande precisione nella regolazione di tali macchine. Ciò è oggi agevolato dalle nuove tecnologie disponibili per questo tipo di macchine operatrici, in grado anche di limitare le perdite di prodotto e di rendere più facilmente

ottenibile la necessaria uniformità di distribuzione della miscela erbicida.

La crescente attenzione in tema di salvaguardia dell'ambiente e di sicurezza per l'operatore, sostenuta anche da una serie di specifici provvedimenti legislativi e di Normative internazionali, ha recentemente diffuso, inoltre, l'adozione di dispositivi e soluzioni tecniche per le macchine irroratrici in grado di contenere i fenomeni di inquinamento ambientale (es. deriva) e la contaminazione accidentale dell'operatore durante le diverse fasi del trattamento fitoiatrico.

Di seguito vengono richiamate, sia le principali soluzioni e tecnologie oggi disponibili sul mercato, sia quelle ancora in fase di studio che si prevede verranno sviluppate in futuro per far fronte alle sempre maggiori necessità di un'agricoltura condotta nel rispetto dell'ambiente, della sicurezza dell'operatore e di quella alimentare.

Le attuali esigenze legate alla distribuzione dei prodotti erbicidi sulle colture erbacee

Sistemi per il contenimento della deriva

L'evoluzione dei principi attivi impiegati per il diserbo delle colture, alcuni dei quali sono efficaci anche a dosaggi molto bassi (dell'ordine delle decine di grammi per ettaro), unitamente alla maturata consapevolezza da parte degli agricoltori circa la possibilità di ottenere una buona efficacia dei trattamenti distribuendo volumi d'acqua ridotti (e conseguente riduzione dei tempi di lavoro), ha fatto sì che negli ultimi anni per l'applicazione dei prodotti erbicidi si adottino prevalentemente ugelli a fessura e pressioni di esercizio contenute (dell'ordine dei 3-5 bar). In passato, infatti, per l'applicazione delle miscele erbicide si adottavano, con una certa frequenza, ugelli a turbolenza e pressioni di esercizio decisamente più elevate (oltre 10 bar), che risultavano generare una notevole quantità di gocce fini, particolarmente soggette al fenomeno della deriva.

La necessità di limitare quest'ultimo fenomeno è ben nota. I provvedimenti legislativi mirati a limitare l'impatto ambientale dei trattamenti fitoiatrici che sono già vigenti in numerosi Paesi dell'Unione Europea (es. Regno Unito, Germania, Olanda, Danimarca; Gilbert, 2000; Van de Zande *et al.*, 2002), infatti, stabiliscono il rispetto di apposite "buffer zones" in prossimità del margine del campo trattato. L'ampiezza di tali aree di rispetto (di fatto non coltivate) varia in funzione del tipo di attrezzatura utilizzata ed è tanto minore quanto minore è la sensibilità delle gocce erogate a derivare verso l'esterno della superficie trattata (Fig. 1). Ne consegue che tutti gli accorgimenti volti a minimizzare il fenomeno della deriva per le barre irroratrici, quali ad esempio gli ugelli antideriva, gli ugelli di fine barra ed i dispositivi a manica d'aria, hanno trovato ampia diffusione presso gli agricoltori del Nord Europa e, più recentemente, anche nel nostro Paese.

SVEZIA Lunghezza delle *buffer zones* (m) in presenza di aree sensibili $T = 15^{\circ}\text{C}$
 $v = 3 \text{ m/s}$

Altezza barra (cm)										Dose
25	3	3	3	3	3	3	3	3	4	Un quarto
40	3	3	3	3	3	4	3	3	5	
60	3	3	4	3	4	5	3	5	8	
										Metà
25	3	3	5	3	4	8	3	6	11	
40	3	4	7	3	7	11	4	9	16	
60	4	7	9	6	11	16	9	16	22	
										Piena
25	3	7	12	4	12	22	5	16	30	
40	6	11	16	9	20	32	12	26	40	
60	11	16	22	20	32	46	26	38	50	

24 m

48 m

> 96 m

Lunghezza del campo nella direzione del vento

 Gocce grandi

 Gocce medie

 Gocce fini

Fig. 1 – Regolamentazione dell'ampiezza delle aree di rispetto (*buffer zones*) in Svezia.

In particolare, gli ugelli antideriva ad iniezione d'aria sono caratterizzati dalla presenza di un foro sul lato del corpo dell'ugello grazie al quale, per effetto Venturi, l'aria viene richiamata nel flusso di liquido passante all'interno dell'ugello stesso (Fig. 2). Le gocce erogate contengono così al loro interno delle microscopiche bollicine d'aria che consentono di aumentarne la dimensione media (VMD) e quindi di limitarne la sensibilità alla deriva.

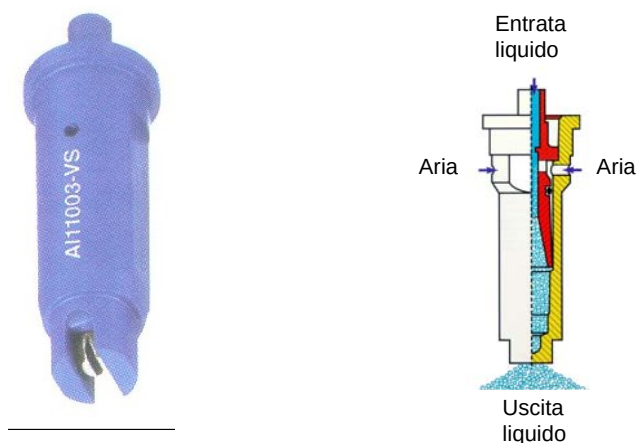


Fig. 2 – Ugello antideriva ad iniezione d'aria e relativo schema di funzionamento.

Prove sperimentali condotte sia in campo che in laboratorio hanno evidenziato che questa tipologia di ugelli è in grado di ridurre fino al 90% l'entità della deriva rispetto agli ugelli convenzionali (Herbst e Ganzelmeier, 2000).

Gli ugelli di fine barra, disponibili sul mercato da alcuni anni anche nelle versioni antideriva ad iniezione d'aria, sono caratterizzati da una forma dell'orifizio di uscita del liquido modificata, che

consente la produzione di un getto asimmetrico, “tagliato” nella parte orientata verso l’esterno della barra (Fig. 3). Montandoli in corrispondenza delle estremità della barra irroratrice si limita l’ampiezza del diagramma di distribuzione trasversale, limitando i rischi di deriva legati alle gocce che, operando con gli ugelli convenzionali, sono indirizzate oltre l’estremità della barra stessa.

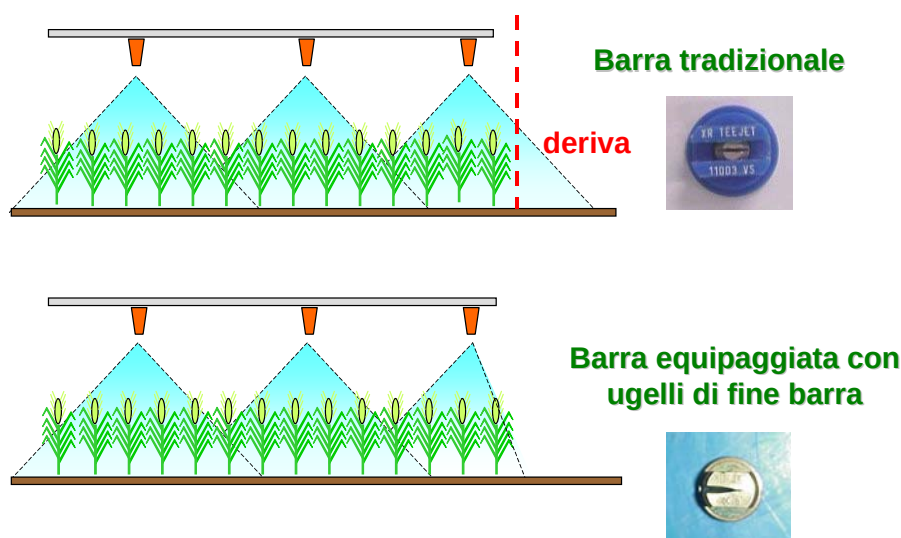


Fig. 3 – Distribuzione trasversale di una barra irroratrice equipaggiata con ugelli convenzionali (in alto) e con ugelli di fine barra (in basso).

I dispositivi a manica d’aria, invece, sono costituiti da un tubo flessibile, in materiale plastico, disposto lungo il telaio della barra, all’interno del quale viene convogliato un flusso d’aria generato da un ventilatore assiale. Quest’ultimo, generalmente azionato da un motore idraulico, è montato sul telaio della macchina dietro al serbatoio. La manica d’aria è provvista di un’apertura, ovvero di una fessura lungo tutta la sua lunghezza, che consente di indirizzare l’aria in prossimità degli ugelli, generando una sorta di flusso laminare. Quest’ultimo funge da barriera rispetto alle correnti d’aria ambientali e dovute all’avanzamento della macchina e preserva, quindi, l’uniformità dei getti erogati dagli ugelli, favorendo la deposizione delle goccioline erogate sul bersaglio (Fig. 4).



Fig. 4 –Barra irroratrice equipaggiata con manica d’aria e relativo schema di funzionamento.

Recenti prove (Rautmann, 2004) hanno evidenziato che la combinazione di ugelli antideriva e di manica d’aria consente di ridurre la deriva di oltre il 90 %. In presenza della coltura, inoltre, la manica d’aria può essere impiegata per agevolare la penetrazione della miscela fitoiatrice all’interno della vegetazione.

Dispositivi per la regolazione automatica della distribuzione

Per ottenere una regolazione più precisa della distribuzione della miscela, le barre irroratrici di recente costruzione adottano sempre più spesso dispositivi elettronici (DPAE), in grado di adeguare automaticamente la portata degli ugelli alla velocità di avanzamento della macchina, così da mantenere costante il volume distribuito sull’intera superficie trattata. Tali sistemi, sulla base dei dati acquisiti dai sensori di velocità di avanzamento della macchina e della larghezza di lavoro impostata, agiscono sulla valvola volumetrica principale. In tal modo il volume di distribuzione impostato è mantenuto costante indipendentemente dalla dimensione degli ugelli impiegati. Tali dispositivi elettronici sono corredati di appositi pannelli multifunzione (Fig. 5) che consentono di memorizzare le diverse regolazioni impostate in funzione del tipo di trattamento e di visualizzare i principali parametri operativi impiegati nel corso dell’applicazione (velocità di avanzamento, pressione di esercizio, numero di ugelli attivi, superficie trattata, quantità di miscela presente nel serbatoio, ecc.).



Fig. 5 – Esempio di pannello di controllo della distribuzione con display multifunzione.

Questi dispositivi trovano più ampia diffusione, tradizionalmente, sulle irroratrici trainate o semoventi dotate di serbatoi con capacità elevata (oltre 2000 l), la cui maggiore autonomia di esercizio consente una notevole riduzione dei tempi di lavoro. Le attrezzature semoventi, in particolare, grazie alla maggiore flessibilità d'impiego ed alla migliore manovrabilità su strada, si prestano ad essere impiegate su comprensori vasti ed in aree anche relativamente distanti fra loro. Spesso questa tipologia di macchine irroratrici è utilizzata da contoterzisti che si specializzano nell'esecuzione dei trattamenti fitosanitari e che grazie alla strumentazione elettronica sopra descritta sono in grado di gestire più facilmente la taratura dell'irroratrice in funzione del tipo di trattamento da effettuare.

Sempre nell'ottica di ridurre i tempi di lavoro e di ottimizzare la gestione delle operazioni colturali, si va diffondendo l'uso di macchine combinate (es. seminatrice + barra irroratrice) per le quali è importante disporre sia di un controllo elettronico della distribuzione che consenta di gestire più agevolmente le operazioni di diserbo contemporaneamente alla semina della coltura, sia di ugelli in grado di contenere il volume erogato, pur garantendo una sufficiente regolarità della distribuzione, onde evitare di appesantire troppo la macchina o limitarne eccessivamente l'autonomia.

Salvaguardia dell'ambiente

Un elemento indispensabile per effettuare le operazioni di introduzione del fitofarmaco all'interno del serbatoio principale della macchina in condizioni di sicurezza per l'operatore e per l'ambiente, oggi largamente diffuso sulle barre irroratrici, è costituito dal pre-miscelatore (Fig. 6). Questo dispositivo, collocato in prossimità del serbatoio principale in posizione facilmente accessibile, si compone essenzialmente di una tramoggia con coperchio a tenuta, avente una capacità generalmente compresa tra 20 e 50 l, all'interno della quale sono presenti uno o più ugelli che hanno la duplice funzione di favorire la dispersione del formulato commerciale in acqua e di

provvedere al risciacquo della tramoggia stessa al termine delle operazioni di introduzione del fitofarmaco ed un ugello per il lavaggio dei contenitori vuoti.

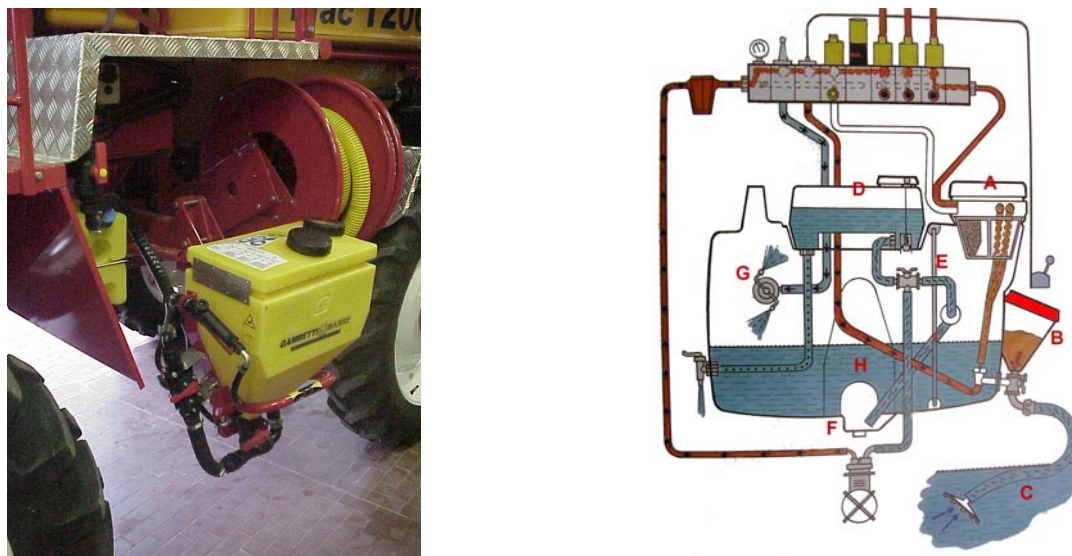


Fig. 6 – Esempio di pre-miscelatore per macchine irroratrici e relativo schema di funzionamento.

Il serbatoio di pre-miscelazione è collegato, attraverso un sistema di tubazioni e valvole ad azionamento manuale, sia con la mandata della pompa sia con il serbatoio principale. L'operatore, dopo aver immesso il formulato commerciale all'interno della tramoggia ed azionato la pompa dell'irroratrice, agisce su una valvola che devia parte della portata della pompa verso il pre-miscelatore; dopo qualche decina di secondi, una volta completata la stempera e la miscelazione del prodotto, l'operatore interviene su una seconda valvola che, grazie ad un sistema Venturi, permette l'introduzione del contenuto della tramoggia all'interno del circuito dell'irroratrice e quindi il trasferimento del formulato commerciale nel serbatoio principale. I pre-miscelatori, oltre a limitare i rischi di contaminazione accidentale dell'operatore e dell'ambiente legati alla fase di introduzione del fitofarmaco nell'irroratrice, consentono di verificare con maggiore accuratezza il dosaggio del formulato commerciale e favoriscono l'omogeneità della miscela contenuta nel serbatoio della macchina, in particolare per le formulazioni che presentano maggiori difficoltà di miscelazione (es. paste, alcuni tipi di granuli, ecc.).

Infine, tenendo conto non solo dei potenziali rischi ambientali legati allo smaltimento dei residui di miscela all'interno del serbatoio dell'irroratrice, ma anche dei problemi di fitotossicità che alcune molecole erbicide presentano per determinati tipi di coltura e non per altri, grande importanza riveste il sistema di lavaggio interno della macchina irroratrice (Fig. 7). Esso è sostanzialmente costituito da un serbatoio ausiliario contenente acqua pulita, collegato alla pompa della macchina irroratrice, e da un sistema di ugelli per il lavaggio interno del serbatoio. Grazie all'impiego di tale

dispositivo è possibile diluire la miscela residua ancora presente all'interno del serbatoio e del circuito idraulico dell'irroratrice ed applicarla sulla superficie dell'appezzamento dove si è iniziato il trattamento e dove, generalmente, non è stata applicata la concentrazione desiderata di fitofarmaco a causa della presenza di residui di acqua del lavaggio precedente.

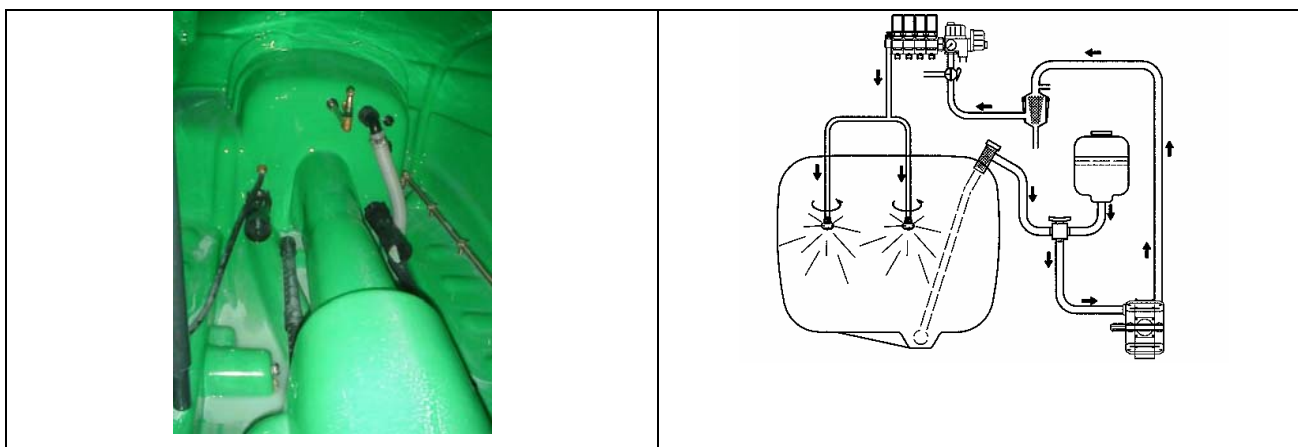


Fig. 7 – Esempio di sistema di lavaggio interno del serbatoio con ugelli rotativi e relativo schema di funzionamento.

Le prospettive per il prossimo futuro

Stabilità della barra

La sempre più ampia diffusione, anche nel nostro Paese, di barre irroratrici di grandi dimensioni, caratterizzate da larghezze di lavoro superiori ai 18 m, comporta la necessità di sviluppare adeguati sistemi per il controllo della stabilità della barra. Tanto più larga è la barra, infatti, tanto più le sue estremità sono soggette alle oscillazioni verticali determinate dalle sconnessioni del terreno. Di conseguenza, variando l'altezza fra gli ugelli ed il bersaglio si incorre in rischi di sovra o sottodosaggio del prodotto e, più in generale, si ottiene una scarsa uniformità di distribuzione del prodotto sulla superficie trattata. L'evoluzione tecnica sotto questo aspetto è orientata verso l'adozione di sistemi di sospensioni idrauliche o pneumatiche, che, in abbinamento ai tradizionali sistemi di supporto della barra (pendolo, trapezio deformabile), sono in grado di ammortizzare meglio le sollecitazioni meccaniche cui è sottoposta la barra stessa. Tali sospensioni possono essere montate sulla sola barra irroratrice (sulle attrezzature portate) oppure, nel caso delle irroratrici trainate e semoventi, possono equipaggiare l'intera macchina.

Esistono inoltre sistemi di stabilizzazione della barra più sofisticati, di tipo attivo, che si avvalgono di sensori in grado di misurare la distanza tra la barra ed il terreno e di attuatori (es. cilindri idraulici) controllati elettronicamente (Fig. 8). Questi sistemi correggono in continuo l'assetto della barra in funzione delle sollecitazioni causate dall'avanzamento della macchina sul

terreno.

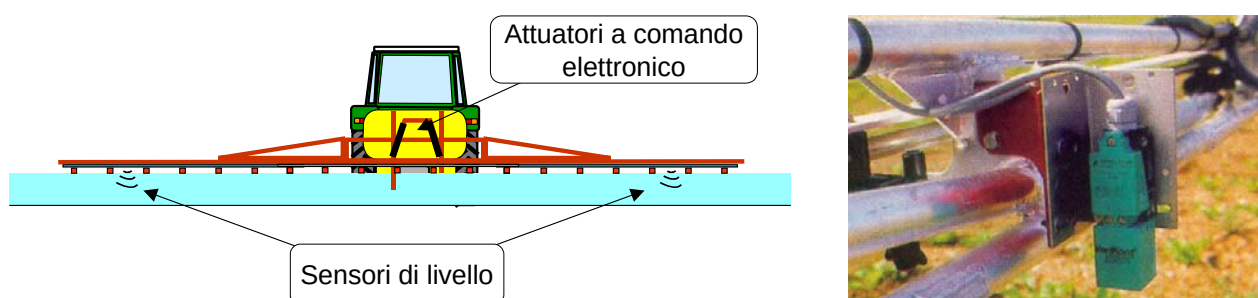


Fig. 8 – Schema di funzionamento di un sistema di controllo attivo della stabilità della barra e sensore di livello montato su una barra irroratrice.

Dispositivi elettronici

Sempre più numerose saranno in futuro le applicazioni dell'elettronica e dell'Information Technology (IT) sulle barre irroratrici, finalizzate soprattutto a fornire il necessario supporto per effettuare un'agricoltura di precisione (*precision farming*), che, nata alcuni anni fa negli Stati Uniti, si prevede avrà nei prossimi anni uno sviluppo anche in Europa. Ad esempio i sistemi di guida automatica dei trattori con sistemi di riferimento satellitari (GPS) sono utili per garantire l'adiacenza fra i passaggi successivi della barra sulla superficie da trattare (evitando indesiderate sovrapposizioni o viceversa zone non trattate), in particolare laddove le elevate dimensioni degli appezzamenti e della barra o le condizioni della superficie trattata (es. risaia allagata) rendono necessario ma non sempre possibile l'impiego di riferimenti in campo (es. tracciafile).

Si ritiene che i sistemi di riferimento satellitare, soprattutto nella nostra realtà caratterizzata da un'elevata frammentazione della superficie coltivata e dalla irregolarità dei perimetri dei terreni, verranno utilizzati per gestire opportunamente la distribuzione della barra irroratrice in prossimità dei margini dell'appezzamento al fine di evitare anche in questo caso indesiderate sovrapposizioni, causa di non trascurabili perdite di prodotto, o mancanze. In particolare, grazie a specifici software – uno dei quali è stato sviluppato presso il DEIAFA (Balsari, 1999) – è possibile attivare l'erogazione delle singole sezioni di barra oppure anche dei singoli ugelli in funzione della posizione della barra rispetto al margine dell'appezzamento (Fig. 9).

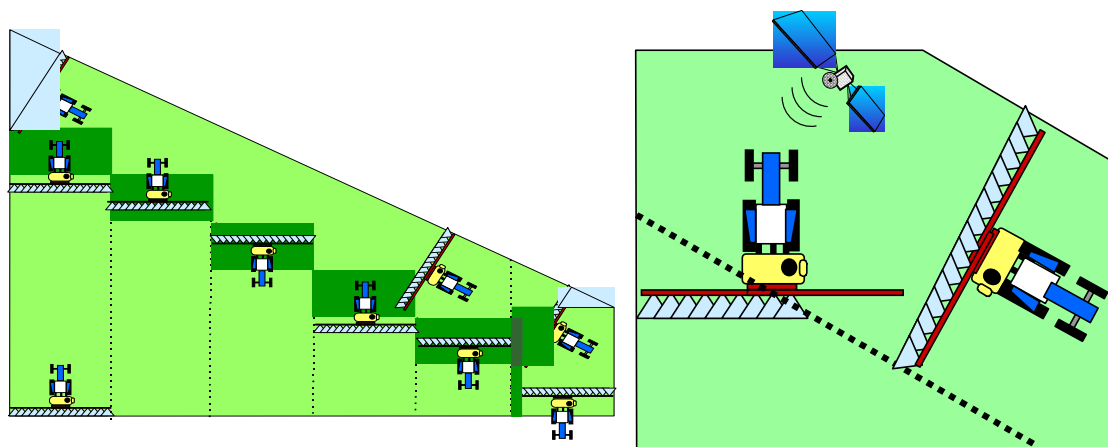


Fig. 9 – Schema di funzionamento di una barra equipaggiata con un dispositivo di controllo automatico delle sezioni di barra tramite GPS (a destra). A sinistra è illustrata la situazione tradizionale (con sovrapposizioni indesiderate e zone non trattate).

I sistemi di georeferenziazione possono, inoltre, essere utilizzati per la registrazione del numero di trattamenti, dei principi attivi impiegati e dei parametri operativi adottati nel corso del ciclo colturale sui singoli appezzamenti. Ciò è utile per garantire la tracciabilità dei prodotti, che assume sempre maggiore importanza nell'ottica della sicurezza alimentare.

Anche le tecniche di diserbo differenziato (*patch weed control*), che consentono di ridurre considerevolmente i quantitativi di prodotto impiegati, possono avvalersi di strumenti satellitari per la selezione delle aree dell'appezzamento infestate dalle malerbe (*mapping system*) sulle quali effettuare la distribuzione degli erbicidi. In alternativa, si ritiene, più convenientemente si possono impiegare sensori elettronici ad infrarossi oppure video camere digitali per individuare direttamente in campo la presenza dell'infestante ed attivare automaticamente l'erogazione del prodotto erbicida soltanto dove necessario (*real time system*). I sistemi digitali presentano, infatti, il vantaggio di poter distinguere le singole specie infestanti e consentono, quindi, di effettuare trattamenti specifici.

La gestione remota dell'erogazione dei singoli ugelli attraverso sistemi di riferimento GPS può essere applicata anche a nuovi sistemi portaugelli multipli, provvisti di valvole pneumatiche, che sono in grado di attivare singolarmente o simultaneamente, da due a quattro diversi ugelli montati sullo stesso elemento (es. VarioSystem® Lechler, Fig. 10). Questi dispositivi consentono, pertanto, sia di differenziare quantitativamente la distribuzione del prodotto in funzione della posizione in campo della macchina irroratrice (es. due ugelli attivi anziché uno sulle aree più infestate), sia di variare automaticamente il livello di polverizzazione delle gocce (ad esempio attivando la serie di ugelli antideriva anziché quella di ugelli tradizionali quando ci si trova ad operare con una certa ventosità).

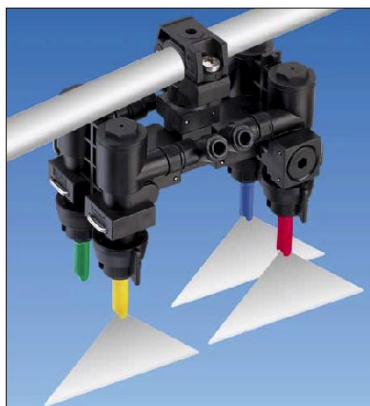


Fig. 10 –Dispositivo VarioSystem® Lechler equipaggiato con 4 diversi ugelli.

Vale la pena segnalare, infine, tra le innovazioni tecnologiche più recenti applicabili alle macchine per il diserbo, lo studio di prototipi robotizzati semoventi, in grado di effettuare la distribuzione in autonoma senza la guida dell'uomo riducendo, conseguentemente, sia i costi del trattamento sia i pericoli per l'agricoltore legati a tale pratica agricola.

Salvaguardia dell'ambiente

La prospettiva di una strategia per l'uso sostenibile dei fitofarmaci, già delineata in sede di Commissione Europea, e che si concretizzerà nei prossimi anni con l'emanazione di una Direttiva ad hoc, fa sì che vi sia particolare attenzione nello studio e nello sviluppo di ulteriori accorgimenti utili per limitare l'impatto ambientale dei trattamenti fitoiatrici in agricoltura.

Per quanto riguarda il contenimento della deriva, sono già disponibili sul mercato nuovi modelli di ugelli antideriva, caratterizzati da una ridotta dimensione del corpo dell'ugello (quindi più facili da gestire anche su portaugelli multipli) e dall'ulteriore limitazione della frazione di gocce finissime (con diametro inferiore ai 100 μm) rispetto agli ugelli antideriva di prima generazione.

In termini di pulizia dell'irroratrice, si stanno sviluppando sistemi automatizzati per la gestione del lavaggio interno delle attrezzature a fine trattamento, con la possibilità di risciacquare separatamente il serbatoio ed il circuito idraulico al fine di migliorare l'efficienza del lavaggio stesso. Sono, inoltre, in fase di sperimentazione sistemi automatici per il lavaggio esterno della macchina, destinati a rimuovere i residui di miscela accumulatisi sulle superfici esterne dell'irroratrice durante il trattamento. Questi ultimi, infatti, possono costituire una non trascurabile fonte di contaminazione per l'ambiente (Ramwell *et al.*, 2004) ed aumentano i rischi di esposizione a sostanze tossiche per gli operatori (Ramwell *et al.*, 2005).

Considerazioni conclusive

L'evoluzione delle tecniche di distribuzione degli erbicidi nell'ottica di una maggiore salvaguardia ambientale e la necessità di ottimizzare l'efficacia dei trattamenti, possibilmente riducendo i tempi di lavoro, comporta l'adozione sulle barre irroratrici di nuovi dispositivi, talvolta anche sofisticati.

Occorre, tuttavia, sottolineare come attualmente questa evoluzione, nel nostro Paese, investa direttamente soltanto una parte delle aziende agricole, ovvero quelle più estese e dotate di barre irroratrici di grandi dimensioni. Ciò è dovuto, in parte, ai costi dei dispositivi (soprattutto di quelli elettronici), non sempre sostenibili per aziende di medio-piccole dimensioni.

Tenendo conto però che la fase di distribuzione dei prodotti fitosanitari sarà presto oggetto di nuovi e specifici regolamenti europei, è necessario che sia i Costruttori di macchine irroratrici sia tutti gli agricoltori si preparino a soddisfare le nuove esigenze che vanno delineandosi.

Per quanto riguarda i Costruttori, si ritiene che la certificazione delle macchine irroratrici nuove di fabbrica, effettuata sulla base di prove funzionali condotte secondo gli Standard Internazionali vigenti, costituisca uno strumento molto utile per promuovere l'innovazione tecnologica su questo tipo di macchine. Se resa obbligatoria, essa fornirebbe un impulso decisivo verso un incremento della qualità delle attrezzature disponibili per i trattamenti fitoiatrici.

Dal punto di vista degli operatori, occorre promuovere una specifica campagna di formazione degli utenti: 1) sul corretto impiego delle macchine irroratrici, in particolare sulle operazioni di taratura, ancora oggi troppo spesso trascurate; 2) sulla prevenzione dei rischi ambientali legati alla distribuzione dei fitofarmaci attraverso l'impiego di opportuni accorgimenti e dispositivi presenti sulle macchine irroratrici; 3) sull'adozione di adeguati dispositivi di protezione individuale (DPI) durante l'utilizzo delle irroratrici. Tale attività formativa deve essere abbinata a quella di controllo funzionale periodico delle macchine irroratrici in uso, che si auspica possa essere resa obbligatoria in tempi brevi su tutto il territorio nazionale.

Soltanto così si potrà evitare che provvedimenti legislativi assunti a livello di Unione Europea in tema di distribuzione dei fitofarmaci vengano attuati, a livello nazionale, solo con molto ritardo e/o in maniera incompleta.

Bibliografia

- BALSARI P. (1999) Le attuali tecnologie disponibili per l'agricoltura di precisione. In: *Atti Convegno AIIA 1999 "L'innovazione tecnologica per l'agricoltura di precisione e la qualità produttiva"*. Grugliasco, Italia, 3-22.
- GILBERT A. J. (2000) Local Environmental Risk Assessment for Pesticides (LERAP) in the UK.

- In: *Aspects of Applied Biology* 57, Wellesbourne, UK, 83-90.
- HERBST A., GANZELMEIER H. (2000) Classification of sprayers according to drift risk: a German approach. In: *Aspects of Applied Biology* 57, Wellesbourne, UK, 35-40.
- RAMWELL C, JOHNSON P, BOXALL A, RIMMER D, (2004) Pesticide residues on the external surfaces of field crop sprayers: environmental impact. In: *Pest Management Science*, Vol. 60, n° 8, 795-802.
- RAMWELL C, JOHNSON P, BOXALL A, RIMMER D, (2005) Pesticide residues on the external surfaces of field crop sprayers: occupational exposure. In: *Annals of Occupational Hygiene*, Vol. 49, n°4, 345-350.
- RAUTMANN D. (2004) Testing and listing of drift reducing sprayers in Germany. In: *Proceedings of "Colloque CIETAP Mieux Traiter"*, Orleans, France (CD).
- VAN DE ZANDE J., PORSKAMP H., MICHELSEN J., HOLTERMAN H., HUIJSMANS J. (2000) Classification of spray applications for driftability, to protect surface water. In: *Aspects of Applied Biology* 57, Wellesbourne, UK, 57-65.

Le misure agroambientali nelle diverse realtà maidicole italiane

T. GALASSI

Servizio Fitosanitario Regione Emilia-Romagna

Riassunto

Si riferisce dello stato di applicazione dei disciplinari di produzione integrata utilizzati da 13 Regioni italiane nell'ambito delle misure agroambientali finanziati dal reg. CE n. 1257/99. Dal confronto delle norme tecniche si rileva una sostanziale omogeneità, pur con alcune differenziazioni. Esistono quindi tutti i presupposti per prevedere che nei prossimi mesi il "Comitato Nazionale per la difesa integrata" (istituito con DM n. 262 del 31 gennaio 2005), possa procedere alla definizione di linee guida nazionali di riferimento che dovrebbero razionalizzare e standardizzare i disciplinari senza con questo penalizzare interventi particolari per la soluzioni di specifiche problematiche tecniche, peculiari dei diversi territori regionali. Si prevede che tali norme di riferimento vengano predisposte nel rispetto dei principi e dei criteri generali per la difesa integrata e il controllo delle infestanti definiti nella decisione n.3864 del 31 dicembre 1996 dal Comitato Star dell'Unione Europea.

Summary

In application of Reg. EC n. 1257/99, thirteen Italian Regions apply Integrated Pest Management Programme for the pests and weeds control in maize crops.

Comparing the regional protocols, only few little differences stand out. Following such a situation in next year Integrated Italian Pest Management Committee (MD n.262 – 01/31/2005) will issue "National guidelines for the maize crops" in complying with the general criteria laid down in EU Star Committee Decision n. 3864/96.

Introduzione

Al di là di isolate esperienze, sono state le misure agroambientali (Reg. CEE n. 2078/92 e Reg. CE n. 1257/92) che, a partire dal seconda metà degli anni 90, hanno consentito di sviluppare e promuovere sull'intero territorio italiano l'applicazione di criteri di produzione integrata anche alla coltura del mais.

Non sono disponibili dati ufficiali sulla superficie maidicola che è stata coinvolta da questi interventi, ma si può stimare che siano stati interessati non meno di 100.000 ettari. Nonostante la

presumibile diminuzione delle risorse finanziarie che verranno destinate alle misure agroambientali nell'ambito dei nuovi piani di sviluppo rurale, periodo 2007/2013, e di conseguenza il sensibile calo delle superfici maidicole interessate, i disciplinari di produzione integrata sono diventati un punto di riferimento fondamentale per l'impostazione dei programmi di assistenza tecnica e per la programmazione e la gestione di problematiche emergenti. In linea generale i disciplinari trovano sempre maggiore attenzione negli interventi per la garanzia della salute dei produttori, dei consumatori e dei cittadini che fruiscono del territorio e per la salvaguardia dell'ambiente. Per quanto attiene il settore maidicolo i disciplinari assumono particolare interesse negli interventi tesi a contenere la diffusione delle micotossine, la tutela delle acque e il razionale contenimento di pericolosi parassiti emergenti (es. diabrotica) .

Le tecniche colturali disciplinate con la "Produzione integrata" del mais sono state definite nei "Disciplinari di produzione integrata", in taluni casi denominati norme tecniche, e riguardano la concimazione, la rotazione, l'irrigazione, la difesa fitosanitaria e il controllo delle infestanti; in questo lavoro vengono esaminati solo questi ultimi due aspetti.

I disciplinari per la difesa integrata e il diserbo sono stati messi a punto sulla base della decisione n. 3864 del 31 dicembre 1996 dal Comitato STAR dell'Unione Europea.

Nei primi anni di intervento, fine anni 90, si sono registrate numerose differenze tra gli interventi realizzati dalle Regioni italiane poi, anche grazie all'operato del Comitato Tecnico Scientifico Nazionale, ora denominato Comitato Nazionale per la Difesa Integrata (DM n. 262 del 31 gennaio 2005), è stato avviato un processo di integrazione delle norme tecniche.

Dopo un'attenta verifica con confronto tra le norme tecniche regionali, realizzato nel corso del 2003, il nuovo Comitato ha in programma la definizione di linee guida nazionali di riferimento che dovrebbero razionalizzare e standardizzare i disciplinari senza con questo penalizzare interventi particolari per la soluzioni di specifiche problematiche tecniche, peculiari dei diversi territori regionali.

Sulla base di quanto riportato sul sito gestito da Image Line (www.imageline.it), nella parte dedicata ai "Disciplinari", sono al momento 13 le Regioni che dispongono di disciplinari di produzione integrata per la coltura del mais: Abruzzo, Campania, Emilia-Romagna, Friuli Venezia Giulia, Lazio, Liguria, Lombardia, Marche, Molise, Piemonte, Umbria, Toscana e Veneto. In particolare il Comitato Nazionale ha provveduto alla validazione dei disciplinari delle Regioni: Abruzzo, Campania, Emilia-Romagna, Lazio, Liguria, Lombardia, Molise, Piemonte e Veneto

Difesa fitosanitaria

Per quanto attiene la difesa fitosanitaria (Tabella n. 1) vi è ancora qualche differenza tra le norme delle diverse regioni, ma sostanzialmente la standardizzazione è molto significativa specie per le

Regioni che in questi anni hanno sottoposto il loro disciplinare alla validazione del citato Comitato Nazionale. Nessuna Regione prevede interventi per il contenimento di crittogame, batteri e virus.

Tutte le Regioni prevedono interventi per il contenimento delle nottue. Per quanto attiene gli elateridi tutte le Regioni prevedono la concia delle sementi in alternativa all'impiego di geodisinfestanti. Per la diabrotica solo il Friuli prevede interventi specifici vincolati a specifiche prescrizioni da parte del Servizio Fitosanitario.

Per la piralide non prevedono interventi specifici la Liguria, il Piemonte e l'Umbria; prevedono interventi specifici con prodotti chimici l'Abruzzo, l'Emilia-Romagna, il Friuli, la Lombardia e il Veneto; prevedono una difesa attiva anche la Campania, il Lazio, il Molise e la Toscana, ma solo con *Bacillus thuringensis*.

Per quanto attiene ai prodotti fitosanitari si osserva:

- tutte le Regioni prevedono l'impiego di Imidacloprid e Thiametoxan; solo l'Abruzzo non prevede l'utilizzo del Fipronil
- tutte le Regioni prevedono l'utilizzo del Benfuracarb, solo l'Abruzzo e la Liguria non prevedono l'utilizzo del Carbosulfan, mentre solo l'Abruzzo, il Lazio e la Liguria non prevedono l'utilizzo del Teflutrin
- discreta è l'integrazione tra i piretroidi (normalmente limitati ad un solo intervento all'anno, mentre Liguria, Lombardia e Friuli ne prevedono 2)
- solo l'Umbria prevede l'utilizzo della Azadiractina
- solo l'Emilia-Romagna, la Lombardia e il Veneto prevedono l'impiego del Teflubenzuron e solo l'Emilia-Romagna e il Veneto prevedono impiego dell'indoxacarb;
- tutte le Regioni prevedono l'utilizzo del *Bacillus thuringensis*

Controllo delle infestanti

Anche per quanto attiene al controllo delle infestanti la difesa fitosanitaria (Tabella n. 2) vi è ancora qualche differenza tra le norme delle diverse regioni, specie per quanto attiene alle diverse miscele di diserbanti praticabili. Molto limitate sono invece le differenze sui principi attivi utilizzabili.

Varia la situazione per quel che riguarda la localizzazione degli interventi in pre-emergenza: vincolante per l'Abruzzo, la Campania, la Lombardia, il Molise e il Veneto; non vincolante in Friuli, Lazio, Marche, Piemonte e Umbria, mentre è prevista una soluzione alternativa in Toscana, Liguria ed Emilia-Romagna.

Per quanto attiene ai prodotti fitosanitari in pre-semina e pre-emergenza si osserva:

- tutte le Regioni prevedono l'impiego di Glifosate e Glufosinate ammonio (tranne la Liguria)

- tutte le Regioni prevedono l'impiego di Pendimetalin, Acetoclor (tranne Liguria e Umbria), Aclonifen, Dimetamide (tranne Liguria), Flufenacet (tranne Liguria e Abruzzo), Isoxaflutolo (tranne Abruzzo) e s-metolaclo (tranne Molise);
- solo le Marche prevedono il Mesotrione e il Veneto il Glufosinate ammonio;
- la Terbutilazina è prevista da Abruzzo, Emilia-Romagna, Lazio, Liguria, Lombardia, Marche, Piemonte, Umbria, Veneto; non è prevista da Campania, Friuli, Molise e Toscana

Per quanto attiene ai prodotti fitosanitari in post-emergenza si osserva:

- tutte le Regioni prevedono l'impiego di: Nicosulfuron, Rimsulfuron, Dicamba (tranne la Campania), Florasulam (tranne Abruzzo, Campania e Liguria), Fluroxypir (tranne Campania e Liguria), Foramsulfuron (tranne Friuli e Liguria), Mesotrione (tranne Liguria), e Sulcotrione (tranne Liguria);
- vario l'utilizzo di Thifensulfuron, Acetoclor, Clopiralid, Dimetamide e Isoxaflutolo
- limitato a poche situazioni molto particolare l'utilizzo di MCPA in Emilia-Romagna, Bentazone in Friuli e Bromoxinil in Friuli e Lazio

Conclusioni

Sulla base degli elementi prima richiamati sarà quindi possibile procedere nei prossimi mesi alla definizione di norme tecniche nazionali di riferimento.

In ogni caso alla luce della recente piena applicazione anche in Italia della direttiva preparati pericolosi e, in considerazione dei criteri generali precedentemente richiamati, dovrà essere attentamente valutate l'utilizzo di alcuni prodotti riclassificati come nocivi ("Xn"):

- Indoxacarb, nella difesa;
- Flufenacet, Mesotrione e Isoxaflutolo nel diserbo in pre-emergenza
- Isoxaflutolo, Bentazone e Bromoxinil (R63) nel diserbo in post emergenza

In questo contesto grande attenzione dovrà essere dedicata alla salvaguardia dell'ambiente e quindi sempre da seguire con attenzione l'utilizzo degli esteri fosforici, ora limitati a pochi casi, dei geodisinfestanti e, per il diserbo di pre e post emergenza, di Terbutilazina e Clopiralid.

Tabella n. 1 Confronti tra le norme tecniche adottate dalle Regioni per la difesa fitosanitaria del Mais nel 2005

Principi attivi	Prevalenti		Abruzzo		Campania		Emilia		Friuli		Lazio		Liguria		Lombardia		Marche		Molise		Piemonte		Umbria		Toscana		Veneto	
Imidacloprid	x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x	
Fipronil	x	(*)			x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x	
Thiamethoxam	x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x	
Benfuracarb	x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x	
Carbosulfan	x	(*)					x		x		x				x		x		x		x		x		x		x	
Foxim																												
Teflutrin	x				x		x		x						x				x		x		x		x		x	
Alfacypermetrina	x				x		x		x		x				x				x		x		x		x		x	
Bifentrin	x		x				x		x		x				x				x		x		x		x		x	
Ciflutrin	x		x		x		x		x		x		x		x				x		x		x		x		x	
Cipermetrina	x	1	x	1	x	1	x	1	x	2	x	2	x	(***)	x	1			x		x	(***)	x	1	x	1		1
Deltametrina	x		x				x		x		x		x		x				x		x		x		x		x	
Lambdacialotrina	x		x		x		x		x		x		x		x				x		x		x		x		x	
Etofenprox	x		x		x				x						x				x		x		x		x		x	
Indoxacarb							x																				x	1
Teflubenzuron	x	1					x	1	x						x												x	1
<i>Bacillus thuringiensis</i>	x		x		x		x		x		x				x				x				x		x		x	
<i>Azadiractina</i>																												
<i>Esche con Malation</i>																												
Triclorfon																												
Clorpirifos metile									x	(**)																		
Clorpirifos etile									x																			

(*) In tutte le Regioni (con esclusione dell'Abruzzo) l'uso dei geodisinfestanti è alternativo alla concia delle sementi

(**) Ammessi solo con autorizzazione dei S.F.R.

(***) Ammessi solo con autorizzazione da Bollettini

Tabella n. 2 Confronti tra le norme tecniche adottate dalle Regioni per il controllo delle infestanti del Mais nel 2005

2005	Prodotti	% p.a.	l/ha	Abruzzo	Campania	Emilia-Romagna	Friuli V.G.	Lazio	Liguria	Lombardia	Marche (*)	Molise	Piemonte	Umbria	Toscana	Veneto
Pre Semina	Glifosate	30,4	1,5 - 3	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
	Glufosinate ammonio	11,3	4 - 7	x	x	x	x	x		x	x	x	x		x	x
Pre emergenza	Acetoclor	36,7	4,0	x	x	x	x	x		x	x	x	x		x	x
	Aclonifen	49,0	1,5-2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Aclonifen + Isoxaflutole	41,3+6,2	0,7-1		x			x					x	x	x	
	Dimetenamide	79,65	1,2	x	x	x	x	x		x		x	x	x	x	x
	Flufenacet	60,0	0,8		x	x	x	x		x			x	x	x	
	Flufenacet + Isoxaflutolo	48+10	0,5-0,75		x			x		x	x	x	x	x	x	x
	Flufenacet + Terbutilazina	60+75	1+1,2							x						x
	Glufosinate ammonio	11,3	4 - 7							x						x
	Isoxaflutolo	75,0	0,1		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Mesotrione+S-metolaclor+Terbutilazina	3,39+28,23+16,94									x					
	Pendimetalin	31,7	1,5-3	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x
	Pendimetalin + Dimetenamide	23+23	4-4,5		x			x			x	x	x	x	x	
	Pendimetalin +Terbutilazina	22,5+12,5	4-4,5						x				x			
	S-Metolaclor	87,3	1,4		x	x	x	x		x			x	x	x	x
	S-Metolaclor + Terbutilazina	28,9-17,4	4,5	x				x	x		x		x			
	Terbutilazina	50,0	1,5-2			x		x		x			x	x		x
Post emergenza	Acetoclor	40,8	1,5			x				x		x	x	x		
	Bentazone	75,0	10,0				x									
	Bromoxinil	31,4	1,2				x	x								
	Clopiralid	10,0	1-1,2	x		x				x	x		x	x	x	x
	Dicamba	21,0	0,8-1	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Dimetenamide	79,65	1,2			x								x		
	Florasulam+Fluroxipir	0,1+14,57	0,85			x	x	x		x	x		x	x	x	x
	Fluroxipyr	17,6	0,4-0,5	x		x	x	x		x	x	x	x	x	x	x
	Foramsulfuron	2,3	2,5	x	x	x		x		x		x	x		x	x
	Isoxaflutolo (post precoce)	75,0	0,07			x				x		x	x			
	Mesotrione	9,1	0,5-1	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x
	MCPA	25,0	0.25 - 0.45			x (**)								x		
	Nicosulfuron	4,0	0,7-1,2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Pendimetalin+ Dicamba	23,8+4,8	3-3,5	x		x				x	x	x	x	x	x	x
	Piridate	45,0	1,50										x			
	Prosulfuron	75,0	0,02-0,025			x				x			x	x	x	
	Prosulfuron+ Dicamba	75+70	25+0,27				x				x	x				x
	Rimsulfuron	25,0	0,03-0,06	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Sulcotrione	26,0	1,0	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x
	Thifensulfuron	75,0	0,1		x		x			x	x	x	x	x	x	x

(*) Dosi non vincolanti

(**) Al massimo sul 10% dell'intera superficie aziendale destinata a mais

Persistenza e dinamica di emergenza dei semi di *Xanthium strumarium* L. in una omosuccessione di mais in Toscana

S. BENVENUTI

Dipartimento di Agronomia e Gestione dell'Agroecosistema, Università di Pisa, Via S.Michele 2, 56124 Pisa

Riassunto

Allo scopo di fornire indicazioni utili per un controllo integrato di infestazioni di *Xanthium strumarium* sono state studiate le caratteristiche eco-fisiologiche di germinazione e dormienza dei semi di questa specie nonché della relativa persistenza in campo. La dormienza primaria dei due semi contenuti all'interno del frutto è diversificata ed affidata esclusivamente a fattori fisici in un caso, mentre nell'altro seme, si sommano alle prime, anche a cause fisiologiche. Comunque la dormienza di almeno uno dei due semi tende a diminuire naturalmente dopo periodi di permanenza nel suolo. L'interramento tende a ridurre l'emergenza delle plantule ma in modo meno marcato rispetto a quanto si verifica in altre malerbe caratterizzate da semi più piccoli. Ciò conferma la relazione inversa che lega peso unitario dei semi ed inibizione germinativa mediata dal grado di interramento nel suolo. Tuttavia un punto debole di questa specie è rappresentato dalla scarsa longevità dei semi dal momento essi non riescono a superare in condizioni vitali periodi di interramento di 3-4 anni. La verifica della distribuzione dei semi (annualmente prodotti) nel suolo, in seguito a diversificate tecniche di lavorazione, ha evidenziato come la sostituzione della convenzionale aratura, con tecniche di "minima lavorazione" tenda a concentrare i semi negli orizzonti più superficiali. Questa distribuzione implica un drastico aumento della cosiddetta "seedbank attiva" in quanto i flussi di emergenza in campo sono risultati decisamente maggiori. Sovrapponendo le informazioni ottenute dallo studio della relativamente scarsa vitalità dei semi con quelle della dinamica di emergenza della "giovane seedbank" di *Xanthium strumarium* (l'ultima interrata dalle lavorazioni), appare evidente come la gestione delle lavorazioni risulti di cruciale importanza nel modulare la dinamica di persistenza di questa specie. Sono stati infine discussi gli aspetti agronomici utilizzabili nell'impostazione di piani razionali di controllo integrato dell'infestazione.

Parole chiave: *Xanthium strumarium*, germinazione, emergenza, longevità del seme, dinamica di emergenza, controllo malerbe, mais

Summary

Seed persistence and emergence dynamics of *Xanthium strumarium* in continuous maize in Tuscany

In order to supply useful indications for an integrated control of *Xanthium strumarium* their eco-physiological characteristics such as seed germination, dormancy and field persistence have been studied. The primary dormancy of the twice seeds contained inside of the fruit is diversified and due exclusively to physical factors in a case, while in the other seed, dormancy is mediated even by physiological factors. However, at least in one of the twice seeds, it disappeared after periods of storage in the soil. Seed burial decrease seedling emergence but with a less intensity than in other species characterized by smaller seeds. This confirmed the inverse relation between specific seed weight and germination inhibition by increasing burial depth. However a difficult of this species is represented by the scarce seed longevity since after 3-4 years of burial seed viability disappeared. The study of the seed distribution (annually produced) in the soil as a result of diversified soil tillage has evidenced that the lack of conventional plowing and the adoption of the "minimum tillage" tended to concentrate seeds in the shallowest soil layers. This distribution implies a drastic increase of " active seedbank " since it is followed by an higher degree of seedling emergence. Overlapping the information of the relatively scarce seed longevity and the emergence dynamics of the "young seedbank" of *Xanthium strumarium* (the last one buried by tillage), appears of crucial importance the "tillage effect" involved in their persistence dynamics. Finally have been discussed the agronomic involvements for an integrated management of this weed.

Keywords: *Xanthium strumarium*, germination, emergence, seed longevity, emergence dynamics, weed control, maize

Introduzione

Lo *Xanthium strumarium* è una specie di crescente dannosità come infestante di colture sarchiate a ciclo primaverile-estivo in molti agroecosistemi di climi temperati e tropicali (Henry e Bauman, 1989; Byrd e Coble, 1991; Royal *et al.*, 1997). La sua origine è incerta e molto dibattuta, ma pare che essa sia nativa del nord America ed in particolare della California (Munz and Keck 1973).

E' controversa anche la sua classificazione tassonomica dal momento che spesso si intende con questa specie un ampio complesso di genomi, talvolta classificati come singole specie, secondo alcuni criteri di classificazione botanica talvolta utilizzati in letteratura: *orientale*, *canadense*, *chinense*, *occidentale*, *macrocarpum*, *longirostre*, *pennsylvanicum*, *andoviforme* (Holm et al. 1977).

Una precedente classificazione (Love e Dansereau, 1959) raggruppava nelle seguenti sette specie la vasta complessità del genoma: *strumarium*, *cavanillesii*, *oviforme*, *echinatum*, *chinense*, *hybrid*, ed *orientale*.

D'altra parte non ci sono barriere di incompatibilità e/o sterilità che separano le accessioni sopra elencate (Love and Dansereau 1959) anche se alcune analisi elettroforetiche e bio-morfologiche hanno identificato in Italia tre diverse specie classificate come *X.strumarium*, *X.italicum* e *X.orientale* (Baldoni *et al.*, 2000). Comunque questa ampia base genetica consente a questa specie di poter complicare il suo controllo chimico (Shaw, 2000) dal momento che alcuni genotipi risultano meno od affatto sensibili a determinati erbicidi in altri casi efficaci (Abbas *et al.*, 2005). Talvolta questa notevole variabilità favorisce l'insorgenza di biotipi resistenti agli erbicidi come ad esempio quelli divenuti insensibili alle aceto lattato sintasi (ALS) come in seguito a ripetuti utilizzi di imazethapyr (Lee *et al.*, 2000).

D'altra parte una certa stabilità genetica delle singole accessioni è dovuta al fatto che questo complesso di specie, pur avendo impollinazione anemofila è tendenzialmente autocompatibile (Weaver and Lechowicz 1983), tanto che solamente una piccola parte dei fiori (0-12%) viene fecondata mediante ibridazione (Moran e Marshall, 1978).

Una delle sue più importanti strategie di invasività è dovuta alla disseminazione dei suoi frutti dal momento che questi sono dotati di uncini adatti ad aderire sia al mantello degli animali che agli indumenti dell'uomo. Un ulteriore meccanismo di disseminazione è dovuto al fatto che i frutti sono in grado di galleggiare per molte ore su di una superficie idrica (Weaver e Lechowicz, 1983) e conseguentemente riesce a disseminare, anche a distanze notevoli, in aree sottoposte a periodiche inondazioni. Comunque altre armi vincenti di questa specie sono l'estrema competitività nei confronti della coltura (Tranel *et al.*, 2003) fin dai primi stadi di crescita (Zimmerman e Weis1983), e la sua marcata adattabilità a condizioni pedoclimatiche decisamente diversificate (Kaul, 1971). La sua diffusione è infatti tipica di terreni argillosi e ben dotati sotto un profilo idrico ma è presente anche in terreni sabbiosi e secchi (Martin e Carnhanja, 1982) e persino nella parte retrostante al mare di ecosistemi dunali dove è marcata la salinità (Benvenuti, osservazione personale). Anche la presenza di sostanze ad attività allelopatica (Cutler, 1983) rappresentano una ulteriore arma di successo per questa specie sia nei confronti della coltura che dell'intera fitocenosi circostante (Izzaz, 2004).

Un ulteriore vantaggio è rappresentato dal duplice seme all'interno del frutto potenzialmente in grado di dar luogo ad una seconda plantula nel caso di un insuccesso della prima germinazione (Redosevich e Holt, 1984). D'altra parte è noto da tempo che questa dinamica di germinazione è dovuta a meccanismi fisici (Esashi e Leopold, 1968) e fisiologici (Esashi *et al.*, 1977) di dormienza del seme. In pratica ognuno dei due semi presenti all'interno del frutto è contraddistinto da un

diversificato grado di dormienza che ne consente di evitare una inutile e persino dannosa germinazione sincronizzata (Abbas *et al.*, 1999).

Dal momento che questa specie si propaga unicamente per seme, in quanto a ciclo biologico annuale, assume un particolare interesse la conoscenza delle relative caratteristiche di dormienza dei semi nonché della loro persistenza nel tempo in condizioni vitalità.

Lo scopo del presente lavoro è stato infatti quello di verificare sia le cause della dormienza dei semi di *Xanthium strumarium* che della durata della loro vitalità in condizioni di naturale interrimento nel suolo. Lo studio della dinamica di emergenza in campo dei semi è stato un ulteriore obiettivo della presente sperimentazione che, seppur su basi eco-fisiologiche, ha cercato di incrementare le conoscenze agronomiche utilizzabili per un controllo integrato delle infestazioni di questa specie. La scelta del caso di omosuccessione di mais è scaturita dalla particolare importanza che questa specie rappresenta come malerba nei vari sistemi colturali tipicamente maidicoli nei quali la rigidità ed uniformità delle operazioni colturali ha fortemente incrementato l'aggressività di quella cosiddetta "flora di sostituzione" in grado di persistere in tale agroecosistema.

Materiali e metodi

Generalità

La prova è stata effettuata ad Asciano (PI) (43° 43' Nord, 10° 26' Est) durante il periodo 2000-2003 per quanto riguarda procedure di campo ed anche in periodi precedenti (1999) e successivi (2004) per ciò che concerne i test di laboratorio. Il terreno scelto per la sperimentazione è di tipo limo-argilloso (argilla 35%, limo 45%, sabbia 20%; 1.7% di sostanza organica, pH 7.2), pianeggiante e classificato come "xerofluvent" secondo metodologie internazionali. Il clima dell'ambiente in esame è tipicamente mediterraneo con piovosità media di circa 800-900 mm annui generalmente concentrata nei periodi autunnali e primaverili. Le temperature sono tendenzialmente miti con valori minimi compresi tra i 2 ed i 3°C nei mesi di gennaio e febbraio ma caratterizzate da frequenti brinate notturne. Durante i periodi più caldi (luglio ed agosto) le temperature massime raggiungono e talvolta superano i 30°C. La gestione agronomica pregressa è riassumibile in una omosuccessione di mais in asciutta, convenzionalmente gestita sia sotto un profilo nutrizionale che di difesa dalle avversità. Il controllo delle malerbe è stato basato sull'intervento in post-emergenza con solfoniluree e le fitocenosi tipiche sono costituite soprattutto da *Abutilon theophrasti*, *Amaranthus retroflexus*, *Solanum nigrum*, *Sorghum halepense* e *Xanthium strumarium*. Quest'ultima malerba ha comunque rappresentato il maggior problema nella pregressa difesa della coltura tanto da essere stata scelta come modello sperimentale per la presente ricerca. Durante la sperimentazione è stato utilizzato un ibrido (classe FAO 700) appositamente seminato (50 cm tra le file x 30 cm sulla fila = 6.6 piante m⁻²) piuttosto precocemente (metà marzo), in modo da rilevare la

dinamica di emergenza, della specie in esame, in un ampio periodo. I dati meteorologici relativi all'epoca dei rilievi di emergenza in campo (primavera 2004) sono riportati in tabella 1.

Interramento dei semi

All'inizio del periodo di sperimentazione (ottobre 2000) sono stati interrati a 20 cm di profondità i semi di *Xanthium strumarium* raccolti i giorni precedenti (fine settembre dello stesso anno) nella medesima (sopradescritta omosuccessione di mais). A tal scopo i frutti, raccolti pienamente maturi, sono stati inseriti in sacchetti (100 in ognuno) delle dimensioni di 10 x 20 cm (a maglia metallica quadrata di 1 mm di lato) opportunamente preparati per la prova. Per facilitare il recupero ognuno dei contenitori era stato dotato di un filo metallico collegato ad un etichetta nella quale era stato annotato il periodo di interrimento. Per evitare l'indesiderata inversione degli orizzonti di suolo dovuta alle lavorazioni l'interrimento è stato effettuato in una piccola area (circa 2 m²) opportunamente picchettata in modo da essere esclusa dalla circostante gestione agronomica. Durante i 4 anni di interrimento le condizioni idriche sono state pressoché costantemente oscillanti tra la capacità di campo e la capacità idrica massima durante i mesi invernali ed in condizioni di frequente carenza idrica durante i periodi estivi.

Mese	Decade	Temperatura (°C)		Piogge (mm)
		massima	minima	
marzo	1 ^a	11.2	4.0	15
	2 ^a	13.4	3.2	21
	3 ^a	12.1	5.3	37
aprile	1 ^a	13.7	6.5	12
	2 ^a	14.2	8.2	15
	3 ^a	15.6	9.1	55
maggio	1 ^a	16.3	10.6	34
	2 ^a	17.8	11.7	16
	3 ^a	18.4	13.4	7
giugno	1 ^a	21.3	16.4	5
	2 ^a	23.5	17.7	15
	3 ^a	24.7	18.6	0
luglio	1 ^a	25.1	19.2	5
	2 ^a	26.5	21.5	0
	3 ^a	29.7	22.6	0

Tabella 1 Medie decadiche dell'andamento termico (temperatura massima e minima) e pluviometrico del periodo durante il quale sono stati effettuati i rilievi di emergenza in campo.

Test di germinazione

I semi contenuti all'interno dei relativi frutti sono stati disposti su capsule Petri del diametro di 15 cm (30 frutti/semi in ognuno) opportunamente dotate di un doppio strato (sopra e sotto ai semi)

carta da filtro(Whatman no.1) inumidita con acqua distillata. Alcuni frutti sono stati scarificati (dopo poche settimane dalla raccolta), asportando mediante forbici la parte apicale, senza tuttavia recidere i semi, in modo da rendere non limitante l'ingresso di aria ed acqua. In altri casi si è proceduto all'estrazione dei semi dai frutti effettuando sezioni longitudinali mediante bisturi da laboratorio. I semi sono stati quindi estratti facendo attenzione di non danneggiarli in modo da non alterarne la germinabilità originaria. In questo caso i semi sono stati distinti in "piccolo" e "grande" in funzione delle relative dimensioni in modo da poter indagare se queste sono correlate o meno ad un diversificato grado di dormienza. In questo caso si è proceduto anche al calcolo del peso dei 1.000 semi secondo procedure standardizzate da metodi internazionali (ISTA, 1999). In alcuni casi i semi estratti dal frutto sono stati imbibiti in presenza di acido gibberellico (GA_3) alla concentrazione di 200 mg^{-1} . in modo da studiarne i meccanismi di dormienza. Infine in un esperimento dedicato a testare la progressiva perdita di dormienza dei semi interrati, sono stati utilizzati semi recuperati dal suolo a regolari intervalli di tempo. In ogni caso, capsule Petri contenenti i semi sono state incubate in armadi climatici regolati alla temperatura alternata di $20/30^{\circ}\text{C}$ (12h/12/h) rispettivamente in condizioni di luce/buio. Per l'illuminazione sono stati utilizzati neon di luce fluorescente (PHILIPS THL 20W/33) in grado di raggiungere l'intensità di circa $50\text{ }\mu\text{ mol m}^{-2}\text{ s}^{-1}$. Alcune capsule sono state ricoperte di un doppio strato di alluminio in modo da testare l'influenza della luce nella germinazione dei semi. I semi sono stati considerati germinati alla comparsa dei cotiledoni e la conta è stata protratta fino a quando due conte successive senza esiti germinativi hanno evidenziato la fine dei processi germinativi (2-3 settimane). Tuttavia, per una ulteriore conferma che i semi non germinati non avrebbero dato alcun esito germinativo la loro incubazione è stata protratta per ancora un mese successivo alle ultime conte effettuate.

Test di emergenza

In questo caso sono stati utilizzati vasi di plastica (12 x 12 cm di lato x 20 cm di altezza) opportunamente riempiti del terreno raccolto dalle medesime aree utilizzate per le prove in campo. Il terreno è stato opportunamente setacciato in modo da eliminare sia gli indesiderati residui colturali e l'occasionale scheletro del terreno ma, soprattutto, per eliminare i semi di *Xanthium strumarium* inevitabilmente già presenti. I semi destinati alla prova sono stati quindi interrati (50 per vasetto) a crescente profondità (0- 14 cm) in modo da valutarne l'emergenza in funzione della distanza dei semi dalla superficie del suolo. In questo caso sono stati utilizzati semi preventivamente interrati per 6 mesi in modo da rendere la situazione ecologica artificialmente ricreata il più simile possibile alla naturale condizione in campo. I vasi sono stati quindi collocati in armadi climatici regolati alle stesse condizioni prima illustrate per le prove di germinazione. L'irrigazione è stata effettuata mediante subirrigazione mediante dei sottovasi avendo cura di tenere

il livello dell'acqua ottimale (circa la metà della capacità di campo) senza creare stress sia da carenza che da eccesso idrico. Sia in questo che nei successivi test di emergenza il frutto è stato considerato un singolo seme (nonostante che ne contenga due) per non alterarne le caratteristiche ecologiche che inevitabilmente sarebbero derivate da una loro estrazione. D'altra parte, indagini preliminari, hanno evidenziato come la doppia germinazione dei due semi all'interno del frutto sia un evento decisamente raro.

Test di vitalità

Durante il periodo di interrimento in campo i semi sono stati annualmente recuperati (nel primo anno anche dopo soli 6 mesi), per essere sottoposti in laboratorio a test mirati ad accertarne la persistenza. A tal fine i semi (ancora contenuti in un frutto più o meno marcescente) sono stati sottoposti al test della vitalità (test del tetrazolo) secondo le metodologie riportate dai metodi internazionali di analisi sulla semente (International Seed Testing association; ISTA, 1999). Per minimizzare le difficoltà operative di questa analisi, sono stati sottoposti a tale test solamente i semi che non avevano dato luogo a germinazione dopo una loro semplice incubazione nelle medesime condizioni soprariportate. In pratica l'analisi è con il tetrazolo è stata condotta per accertare se i semi non germinati erano in realtà morti o solamente dormienti.

Interramento indotto dalle lavorazioni

Per verificare l'effetto delle lavorazioni del terreno nella distribuzione dei semi nei suoi vari profili i semi sono stati distribuiti in notevole quantità (oltre 3.000 semi m⁻²) sulla superficie del suolo. A tal fine sono state scelte alcune piccole aree (50 x 50 cm) in modo da facilitare, successivamente, il recupero dei semi. Il prelievo dei campioni di suolo è stato effettuato secondo modalità già descritte (Benvenuti *et al.*, 2000) con la differenza che è stata in questo caso utilizzata una sonda di maggiori dimensioni (10 cm di diametro) per ridurre la probabilità che i lati taglienti potessero danneggiare i semi durante il loro recupero. Al fine di non confondere la preesistente seedbank con quella appositamente interrata i semi sono stati verniciati con vernice a spruzzo di rosso.

Dinamica di emergenza in campo

Nell'autunno precedente a questi test i semi di *Xanthium strumarium* sono stati interrati con due diverse modalità: aratura (30 cm) oppure discatura (15 cm). A tal fine i semi sono stati disposti sulla superficie del suolo utilizzando la sopradescritta procedura con le differenze che, oltre a non avere proceduto ad alcuna colorazione (in questo caso inutile), le dimensioni delle aree di interrimento sono state maggiori: rettangoli di 1 x 3 m. Per minimizzare inevitabile rischio di confondere la

dinamica di emergenza dei semi opportunamente interrati con quella della seedbank di *Xanthium strumarium* pre-esistente sono state allestite le parcelle sperimentali nelle aree di scarsa od assente infestazione di questa specie. Tali parcelle sono state delimitate da picchetti avendo cura di toglierli e reinserirli subito prima dei vari interventi colturali (semina, fertilizzazione, etc.). Queste aree pur essendo state gestite come quelle limitrofe, sono state preservate dalle operazioni di diserbo chimico e sarchiatura in modo da verificare l'indisturbata dinamica di emergenza delle popolazioni di semi interrati. Ad ogni conteggio della flora emersa (cadenza settimanale) le plantule sono state eliminate in modo da consentire l'esatta valutazione dei vari flussi di emergenza durante il periodo di sperimentazione (primavera-estate 2004).

Analisi statistiche

Ognuno dei test di germinazione, emergenza e vitalità è stato replicato 3 volte mentre i test di distribuzione della seedbank e di analisi di emergenza in campo sono stati replicati 5 volte. In ogni caso è stato adottato uno schema sperimentale a randomizzazione completa. I valori percentuali ottenuti dalle varie sperimentazioni sono stati trasformati in valori angolari prima delle elaborazioni statistiche. I valori così trasformati sono stati sottoposti all'analisi della varianza (ANOVA) utilizzando, nel caso dell'esperimento sulla disposizione dei semi nel suolo, del test di Student-Newman-Keuls ($p < 0.05$) per la separazione delle medie. Le elaborazioni statistiche sono state effettuate utilizzando un comune software (CoHort, Minneapolis, USA).

Risultati e discussione

I semi contenuti all'interno dei frutti sono risultati fortemente dormienti avendo mostrato una percentuale di germinazione estremamente scarsa (Figura 1). Appare evidente come ciò risulti una importante strategia di sopravvivenza dal momento che essa assume un ruolo ecologico (Allen e Meyer, 1998), nell'evitare la germinazione dei semi nei periodi troppo vicini alla loro maturazione e tende quindi a preservare sia una inevitabile interferenza con la pianta madre, che nell'impedire la loro germinazione troppo a ridosso con quella stagione sfavorevole che impedirebbe il completamento del ciclo biologico prima delle avversità climatiche invernali. Tale dormienza scompare quasi totalmente (quasi il 90%) in seguito all'asportazione della parte apicale del frutto in modo da consentire l'ingresso di aria ed acqua. Il fatto che la scarificazione rimuova pressoché completamente la dormienza evidenzia come questa sia di tipo fisico piuttosto che fisiologico. Sarebbe tuttavia più corretto parlare di un particolare tipo di dormienza mediato non tanto dai tegumenti del seme quanto dai tessuti dell'involucro del frutto che tendono a rimandare l'innesco dei fenomeni di imbibizione e di respirazione dei semi. E' comunque un meccanismo di dormienza di tipo particolare in quanto sono coinvolti anche processi fisiologici nella perdita di dormienza del

seme. Infatti è stato rilevato che l'etilene è in grado di promuovere la germinazione dei semi intatti di *Xanthium* (Yoshiyama *et al.*, 1996), probabilmente perchè tale ormone vegetale risulta coinvolto nei fenomeni di senescenza e quindi di degradazione dei tessuti che avvolgono il seme. In altre parole il fatto che interventi fisici e fisiologici comportino lo stesso effetto sembra suggerire una classificazione della dormienza in morfo-fisiologica. In pratica, la progressiva scomparsa della tipica dormienza primaria (Hilhorst, 1995), appare in questo caso mediata dai processi di marcescenza del frutto, e quindi dovuta, sia alla loro artificiale eliminazione fisica, che in alternativa, alla loro naturale degradazione fisiologica.

Tuttavia in questo test non è stata effettuata alcuna distinzione per le due tipologie di due semi presenti all'interno del frutto anche se è stato notato che (dati non mostrati), non avveniva pressoché mai una simultanea germinazione di entrambi i semi. Si è proceduto quindi ad analizzare il grado di dormienza dei due semi estratti dal frutto ed è emersa una marcata eteroblastia germinativa. La figura 2 mostra che mentre il seme più grande (peso di 1.000 semi circa 106 ± 4 g) ha mostrato una pressoché completa germinazione (circa il 90%) quello piccolo (peso di 1.000 semi circa 86 ± 7 g), ha mostrato una marcata dormienza (solamente circa il 20% di germinazione).

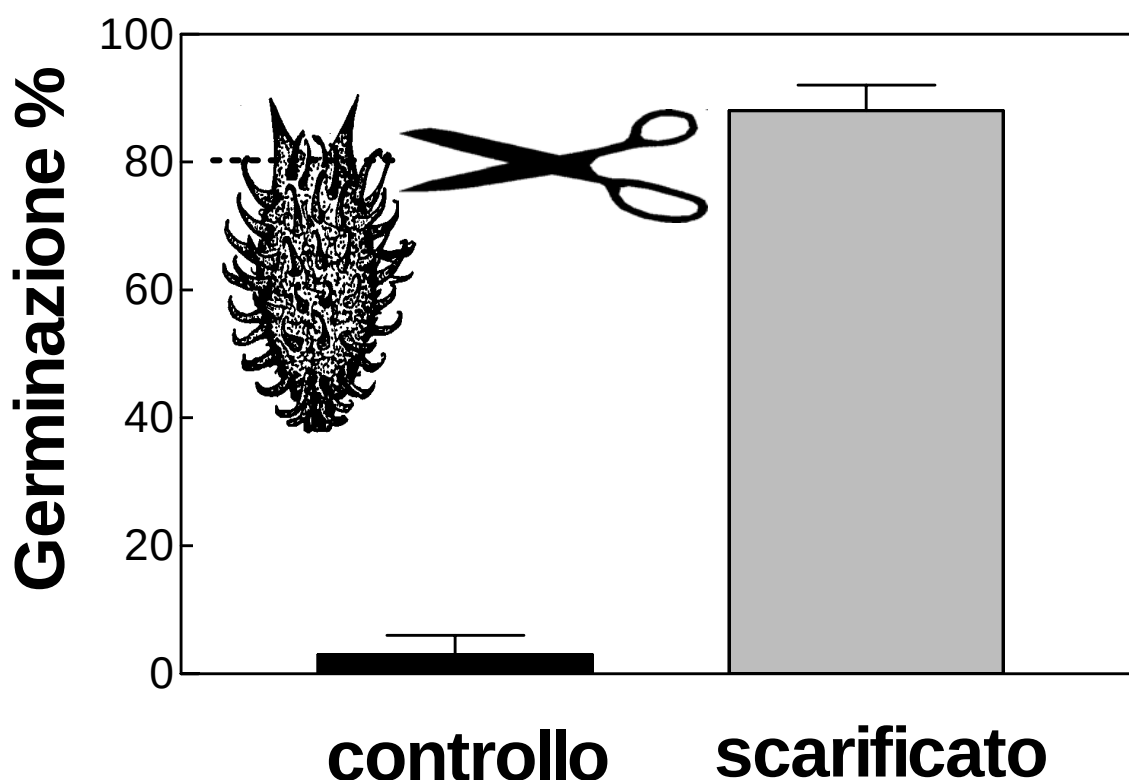


Figura 1 Germinazione in ambiente controllato dei semi di *Xanthium strumarium* all'interno dei frutti intatti o scarificati. Le barre verticali indicano l'errore standard delle medie.

Ciò può rappresentare una importante strategia di sopravvivenza in ambienti antropizzati in quanto un eventuale disturbo letale alla prima plantula emersa può essere compensato da una seconda germinazione in periodi successivi del seme dormiente. In questo caso, tuttavia, questa tipologia di dormienza appare di tipo fisiologico in quanto la somministrazione di gibberelline (GA_3) ha consentito una pressoché totale germinazione del seme “piccolo”. Resta inoltre poco chiaro come sia possibile che non si verifichi, anche occasionalmente, una contemporanea germinazione dei semi all’interno del frutto dal momento che il seme nudo del tipo più piccolo da comunque luogo ad una certa germinazione (circa 20%). Per quanto non sia possibile poter disporre di certezze al riguardo appare opportuno ipotizzare che ciò possa essere mediato da meccanismi di competizione per l’ossigeno durante gli eventi metabolici che precedono la germinazione (Benvenuti e Macchia, 1995). Tale inibizione può inoltre interagire con meccanismi di interazione allelopatica intraspecifica (detta anche di autotossicità) analogamente a quanto già osservato in un'altra specie appartenente alla stessa famiglia delle *asteraceae* (Picman e Picman, 1984). In altre parole questi due meccanismi potrebbero interagire tra loro per impedire la germinazione di uno dei due semi (quello piccolo), già di per sé fisiologicamente dormiente.

Risulta inoltre importante notare che la germinazione non è influenzata in nessun caso dalla presenza di luce (specie afotoblastica), né nei semi intatti o scarificati (dati non mostrati) né in quelli estratti dal frutto, evidenziando come in questa specie non sia importante il livello di attivazione del fitocromo. In ogni caso infatti le medie non hanno mostrato alcuna differenza statisticamente significativa ($p < 0.05$) tra germinazione alla luce ed al buio (dati non mostrati).

La perdita della dormienza primaria, ottenuta artificialmente mediante i meccanismi fisici e fisiologici sopra mostrati viene comunque raggiunta nel tempo anche da periodi di interrimento in campo in condizioni naturali (Figura 3).

Già dopo 2 e 3 mesi di interrimento è stato osservato un significativo ($p < 0.05$) aumento della germinazione che ha mostrato valori rispettivamente del 15 e 25 %. Tuttavia più prolungati periodi risultano cruciali per un decisivo incremento della germinazione che si assesta intorno al 60% dopo 4 mesi di permanenza nel suolo. Ulteriori periodi tendono poi a consentire una pressoché totale perdita di dormienza mostrando tassi di germinazione di circa l’80%. Il fatto che la drastica perdita di dormienza sia stata osservata dopo circa 3 mesi di interrimento, e quindi in pieno periodo invernale, suggerisce che abbiano giocato un ruolo cruciale le basse temperature che, unitamente alle tipiche condizioni di elevata umidità del terreno, possono aver favorito quei processi di marcescenza del frutto che sono risultati fondamentali, come sopra già discusso, nella perdita della dormienza. Risulta del resto ben noto come la stratificazione dei semi in condizioni di bassa temperatura sia uno dei tipici processi di rimozione della dormienza primaria in molte specie di infestanti (Noronha *et al.*, 1997).

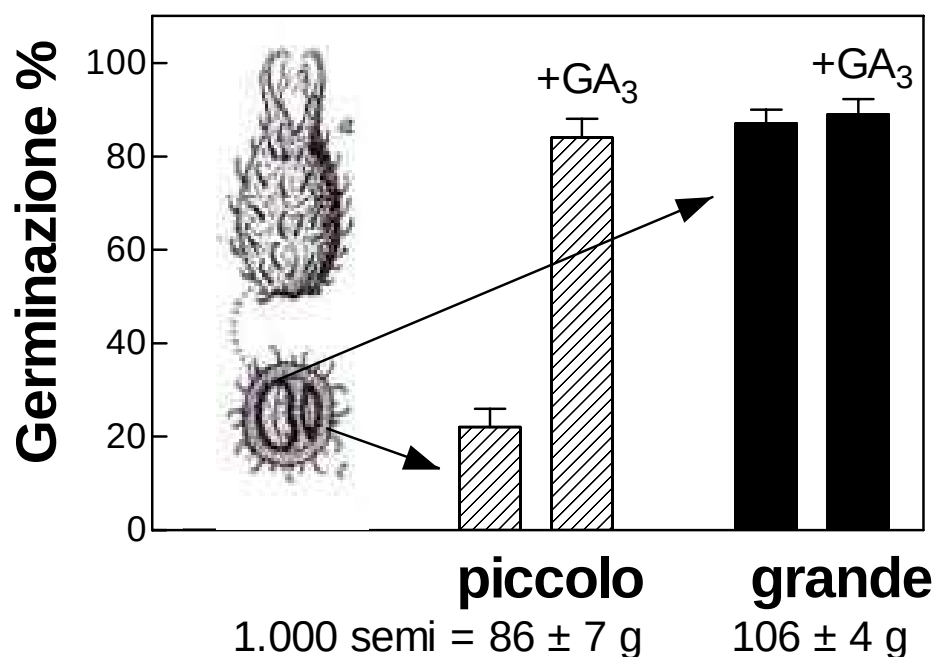


Figura 2 Germinazione in ambiente controllato di entrambi i semi (piccolo e grande di cui sono riportati i relativi pesi di 1.000 semi) di *Xanthium strumarium* dopo averli estratti dai relativi frutti. L'incubazione è stata effettuata in acqua distillata od in soluzione di acido gibberellico (GA₃) come indicato nella grafica. Le barre verticali indicano l'errore standard delle medie

Dal momento che la permanenza dei semi nel suolo risulta importante sia nel modularne il grado di dormienza che per stimolarne od inibirne la germinazione a seconda del relativo livello di interrimento (Benvenuti, 2003), si è ritenuto opportuno verificare la relazione causa-effetto tra modalità di lavorazione del suolo ed interrimento dei semi.

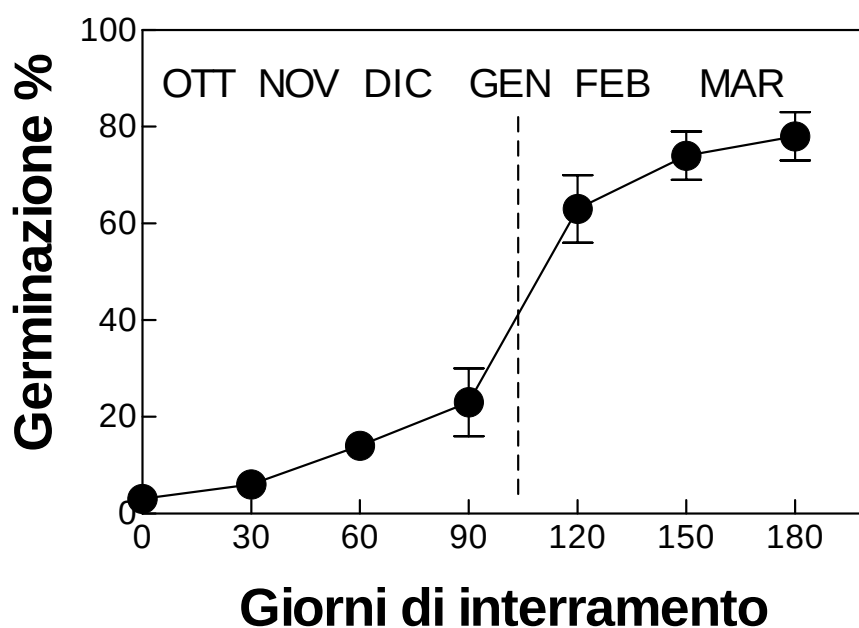


Figura 3 Germinazione in ambiente controllato dei semi di *Xanthium strumarium* recuperati dopo crescenti periodi di interrimento in campo dei semi. La linea verticale tratteggiata indica il periodo di evidente cambiamento di dormienza dei semi. Le barre verticali indicano l'errore standard delle medie.

Nella figura 4 è mostrata la distribuzione dei semi nei vari orizzonti di suolo in seguito ad un diversificato intervento di lavorazione. Come si può osservare l'aratura tende a concentrare i semi in profondità mostrandone il massimo accumulo (quasi la metà), a circa metà di profilo di suolo lavorato (10-20 cm).

Al contrario la tecnica di minima lavorazione (discatura a 15 cm) tende a concentrare i semi nei profili di suolo più superficiali avendo mostrato il massimo quantitativo di semi nell'orizzonte 0-10 cm (circa il 70% del quantitativo di semi interrato). Va inoltre sottolineato come in questo caso nessun seme riesce a raggiungere strati relativamente profondi di suolo (20-30 cm). D'altra parte semi decisamente grossi (ovviamente botanicamente frutti), come nel caso della specie utilizzata, unitamente alla loro morfologia uncinata, non hanno alcuna possibilità di scivolare attraverso fessurazioni od irregolarità del suolo, come accade talvolta per i semi minuti (Ghersa *et al.*, 2000) o dotati di strutture utili per l'autointerramento (Benvenuti, 2004), tendendo così a non superare il profilo di suolo interessato dalle lavorazioni.

Dal momento che le lavorazioni sono strettamente correlate alla distribuzione dei semi nel suolo, si è ritenuto opportuno verificare come il grado di interramento interferisca nella relativa germinazione ed emergenza. Nella figura 5 è riportata l'emergenza delle plantule in funzione della relativa distanza dalla superficie del suolo. Come da aspettative l'aumento della profondità comporta una riduzione dei fenomeni di emergenza delle plantule. Va sottolineato come le plantule emerse derivino unicamente da uno solo dei semi presenti nel frutto (mai una doppia germinazione), e che quello germinato è il seme caratterizzato dal peso unitario maggiore come accertato dal recupero dei frutti dal suolo al fine della prova (dati non mostrati).

Comunque nei primi strati di suolo l'emergenza è stata simile a quella verificatasi sulla superficie del suolo mentre, oltre i 6 cm di interramento, è stata osservata una marcata riduzione percentuale di tale parametro rispetto ai profili di suolo superiori. Da circa l'80% dei valori rilevati da livelli di interramento superficiali la germinazione ed emergenza si è ridotta a meno del 25% ad 8 cm di profondità. Il profilo di suolo compreso tra i 10 ed i 12 cm è risultato quello limite oltre il quale non è stata osservata alcuna emergenza di plantule. Tuttavia tale inibizione germinativa mediata dalla profondità è stata decisamente minore rispetto a quella di altre specie di infestanti caratterizzate dai semi tipicamente più piccoli rispetto alla specie in esame, confermando come vi sia una relazione diretta tra le dimensioni dei semi e la capacità di emergere da crescenti livelli di interramento (Benvenuti *et al.*, 2001). Tale relazione è confermata dal fatto che lo *Xanthium spinosum*, specie molto simile a quella studiata in quanto appartenente allo stesso genere botanico, caratterizzata da frutti simili ma decisamente più piccoli, ha mostrato maggiori livelli di inibizione germinativa in seguito all'aumento dell'interramento nel suolo (Auld, 1993).

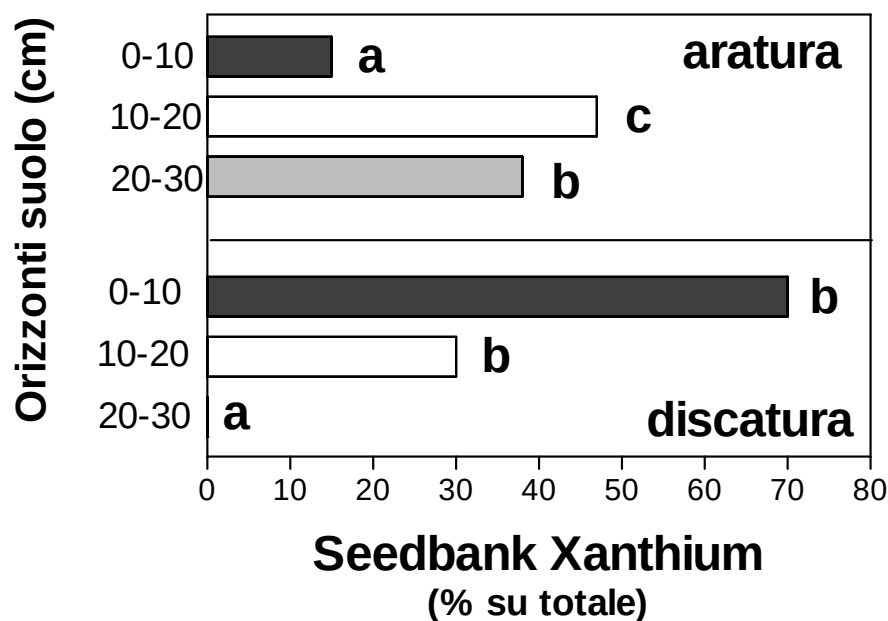


Figura 4 Distribuzione dei semi di *Xanthium strumarium* nei vari profili di terreno dopo diversificate tecniche di lavorazione del suolo: aratura (30 cm) e discatura (15 cm). Le medie accompagnate dalle stesse lettere non differiscono statisticamente all'analisi della varianza ($p < 0.05$) per confronti effettuati all'interno di ognuna delle due tecniche di gestione del terreno.

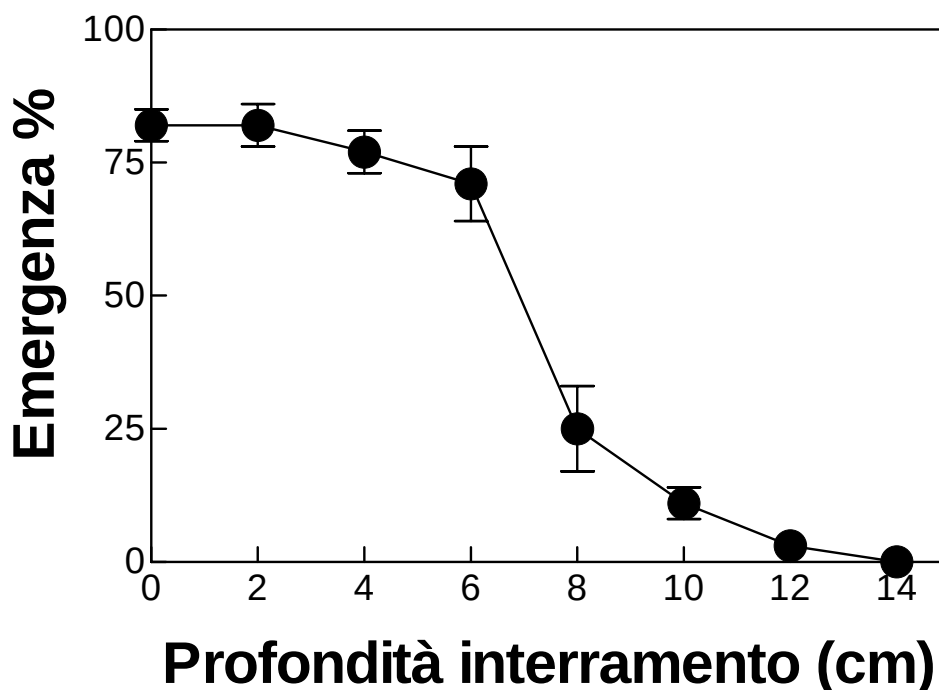


Figura 5 Emergenza delle plantule di *Xanthium strumarium*, dopo crescenti livelli di interrimento nel suolo. In questo test sono stati utilizzati i semi (all'interno dei rispettivi frutti intatti), recuperati in campo dopo 6 mesi di interrimento. Le barre verticali indicano l'errore standard delle medie.

Dal momento quindi che gran parte dei semi interrato con le lavorazioni non appaiono in grado di emergere per l'eccessiva profondità, si è ritenuto opportuno indagare sulle persistenza nel tempo dei semi interrati in condizioni di vitalità. La figura 6 mostra come già dopo un anno di interramento la vitalità dei semi sia ridotta ad oltre la metà rispetto a quella presente al momento della loro raccolta sulla pianta madre. Ulteriori periodi di permanenza nel suolo hanno prima ridotto la vitalità a circa il 10% (dopo 2 anni) per poi decadere a una appena percettibile vitalità di circa (3%) alla fine del terzo anno. Periodi più prolungati non hanno dato alcun esito positivo evidenziando un completo decadimento dei semi riesumati. La mancanza di un coriaceo tegumento sembra alla base di questo decadimento del seme dal momento che non risulta possibile preservare il complesso enzimatico del seme da quei processi ossidativi che sono alla base dei fenomeni di invecchiamento (Walters, 1998). Ciò evidenzia come questa specie non basi la sua strategia di sopravvivenza sulla longevità dei semi, come fanno al contrario molte specie tipicamente ruderali, in grado di mantenersi vitali in periodi decisamente più ampi (Burnside *et al.*, 1996). Lo *Xanthium strumarium* non appare quindi in grado di poter accumulare semi vitali nel suolo per periodi prolungati tanto da poter essere ritenuta una seedbank transitoria secondo criteri di classificazione ecologica delle varie specie (Thompson *et al.*, 1997). Ciò conferma pienamente la relazione inversa tra le dimensioni dei semi e la relativa longevità (Thompson *et al.*, 1993), dal momento che la specie in esame risulta caratterizzata da semi grossi se confrontati con quelli delle altre malerbe. D'altra parte quella esaminata è una specie contraddistinta da una strategia di sopravvivenza di tipo tipicamente competitivo, con soglie economiche di intervento di solamente 0.05 piante m⁻² (Sartorato *et al.*, 1996), e quindi con un atteggiamento lontano da quelli che sono i tipici comportamenti "ruderali" basati su di una elevata e persistente produzione di semi (Grime, 1977).

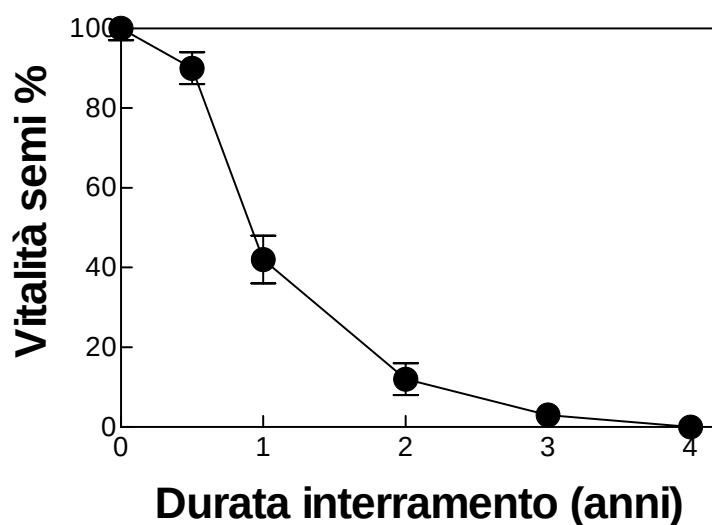


Figura 6 Vitalità dei semi di *Xanthium strumarium* recuperati in campo, dopo crescenti periodi di interramento nel suolo. Le barre verticali indicano l'errore standard delle medie.

La scarsa longevità dei semi attribuisce una cruciale importanza alle modalità di lavorazione del suolo in quanto queste comportano la distribuzione della produzione annuale di seme in orizzonti più o meno idonei a consentire una loro germinazione, emergenza e conseguente invasione della coltura. La figura 7 mostra la dinamica di emergenza in funzione di diversificate tecniche di lavorazione del suolo: aratura convenzionale (30 cm) e minima lavorazione (discatura a 15 cm). Questa ultima ha mostrato tassi di emergenza decisamente maggiori rispetto all'aratura consentendo l'emergenza di quasi la metà dell'intero quantitativo opportunamente interrato nell'autunno precedente ai rilievi primaverili. L'intenso grado di interrimento dei semi indotto dall'aratura ha al contrario dato luogo solamente ad una piccola parte (18%) dei semi presenti. In pratica la tecnica di aratura tende a ridurre fortemente la percentuale di "seedbank attiva" e cioè dei semi interrati in grado di dar luogo all'infestazione della coltura. In entrambi i casi il maggior picco di emergenze si è verificato durante l'ultima decade di aprile periodo nel quale non sono risultate limitanti né la temperatura né la disponibilità idrica (tabella 1). Le emergenze sono comunque iniziate dai primi di aprile fino alla fine di giugno periodo oltre il quale la scarsità di precipitazioni, unitamente alla elevata domanda di evapotraspirazione potenziale hanno reso fortemente limitante le "somme idrotermiche" necessarie alla germinazione come tipicamente avviene per le varie specie di malerbe a ciclo estivo (Grundy, 2003).

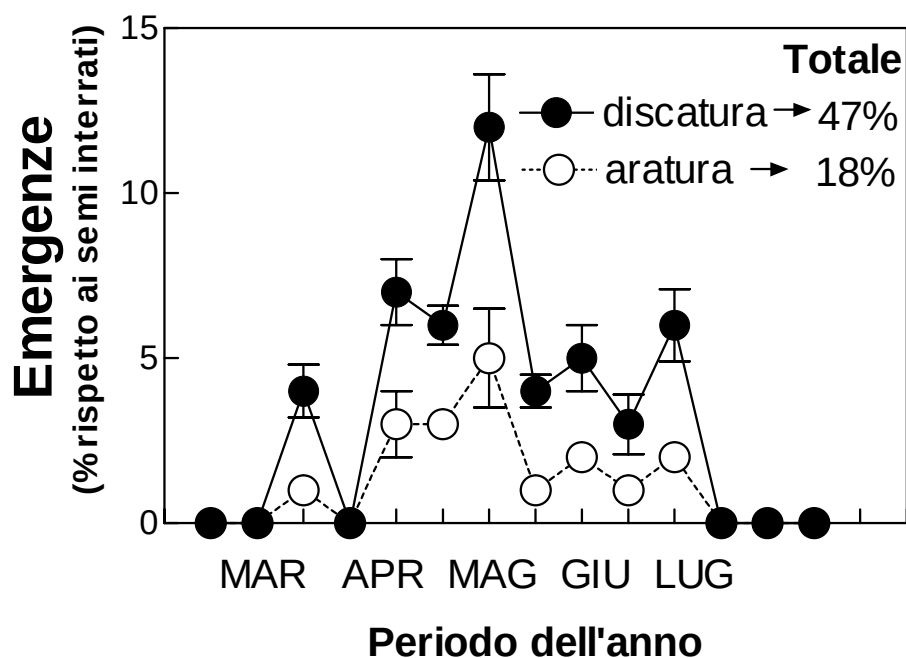


Figura 7 Dinamica di emergenza delle plantule di *Xanthium strumarium* in seguito ad un loro interrimento mediante diversificate tecniche di lavorazione del suolo: aratura (30 cm) e discatura (15 cm). In alto a destra sono riportate le medie del complessivo tasso di emergenza rilevato (plantule emerse in % rispetto ai frutti/seme interrati nell'autunno precedente al periodo dei rilievi). Le barre verticali indicano l'errore standard delle medie.

Conclusioni

Il ruolo degli studi di eco-fisiologia della flora infestante sta assumendo crescente interesse in quanto tendono ad evidenziare, per ogni specie, sia le sue strategie vincenti che il relativo “tallone di Achille”. Tali conoscenze possono risultare di cruciale importanza nell’ottimizzazione di quelle misure di controllo integrato che vengono concepite per poter contrastare al meglio la dinamica di persistenza delle fitocenosi ritenute, di volta in volta, primariamente indesiderate. Che l’arma spesso vincente dello *Xanthium strumarium* fosse la sua estrema competitività risulta già ben noto da precedenti lavori (Sartorato *et al.*, 1996).

Questo studio ha messo in evidenza come il punto debole di questa specie sia la sua scarsa longevità dei semi. L’esatta conoscenza della sua distribuzione verticale in seguito alle lavorazioni del suolo, unitamente allo studio delle caratteristiche di dormienza, germinazione ed emergenza dai vari profili di suolo tendono a completare la gamma di informazioni sulle relazioni “causa-effetto” che intercorrono tra le modalità di lavorazione del suolo e la dinamica di emergenza e persistenza nell’agroecosistema. Emerge in conclusione come questa specie mal sopporti l’interramento prolungato ed affidi la sua dinamica di sopravvivenza quasi esclusivamente ai “giovani” semi distribuiti negli orizzonti di suolo più superficiali. In altre parole la tecnica di minima lavorazione del suolo, seppur caratterizzata da numerosi positivi aspetti sia agronomici che ecologici (Langmaack *et al.*, 2002), tendono tuttavia a favorire la diffusione di questa specie. Appare quindi opportuno che si possa valutare l’opportunità di inserire nella programmazione degli interventi colturali di omosuccessione di mais, seppur ispirati ad una sostenibilità economica ed ecologica, anche una periodica lavorazione del terreno di tipo convenzionale. In questo modo, la diversificazione della tipologia, intensità e tempestività delle lavorazioni del suolo potrà meglio contrastare i processi evolutivi della flora infestante (Dinelli e Benvenuti, 2003), impedendo alle varie fitocenosi di poter “vedere” una direzione evolutiva alla specie studiata in grado di far assumere a questa malerba livelli di infestazione oligo- o persino mono-specifica di particolare aggressività.

Bibliografia

- ABBAS HK PANTONE DJ e PAUL RN (1999) Characteristics of multiple-seeded cocklebur: a biotype of common cocklebur (*Xanthium strumarium* L.). *Weed Technology* **13**, 257-263.
- ABBAS HK, JOHNSON BJ, PANTONE DJ, WAX LM, HINE R e SHIER WT (2005) Response of multiple seeded cocklebur and other cocklebur types to herbicide treatments. *Pest Management* **61**, 643-648.
- AULD BA (1993) Emergence and flowering in *Xanthium spinosum* . *Agriculture, Ecosystems & Environment*. **47**, 215-222.

- ALLEN PS and MEYER C (1998) Ecological aspects of seed dormancy loss. *Seed Science Research*, **8**, 183-192.
- BALDONI G, VIGGIANI P, BONETTI A, DINELLI G E CATIZONE P (2000) Classification of Italian *Xanthium strumarium* complex on biological traits, electrophoretic analysis and response to maize interference. *Weed Research* **40**, 191-204.
- BENVENUTI S. e MACCHIA M., 1995. Effect of hypoxia on buried weed seed germination. *Weed Research*, **35**, 343-351.
- BENVENUTI S, SILVESTRI N, BIMBI V, SIMONELLI G, MACCHIA M (2000) Valutazione della banca seme di infestanti in alcuni sistemi colturali a diverso impatto ambientale. *Atti XII convegno S.I.R.F.I.*, Milano 5-6 dicembre, 225-251.
- BENVENUTI S, MACCHIA M e MIELE S (2001) Quantitative analysis of buried weed seedling emergence with increasing soil depth. *Weed Science*, **49**, 528-535
- BENVENUTI S 2003. Soil texture involvement in germination and emergence of buried weed seeds. *Agronomy Journal*, **95**, 191-198.
- BENVENUTI S (2004) Weed dynamics in the mediterranean urban ecosystem: ecology, biodiversity and management. *Weed research*, **5**, 341-354.
- BURNSIDE OC, WILSON RG, WEISBERG S e HUBBARD KG (1996). Seed longevity of 41 weed species buried 17 years in eastern and Western Nebraska. *Weed Science*, **44**, 74-86.
- BYRD JD e COBLE HD (1991) Interference of common cocklebur (*Xanthium strumarium*) and cotton (*Gossypium hirsutum*) . *Weed Technology* **5**, 270-278.
- CUTLER HG (1983) Carboxyatractyloside: a compound from *Xanthium strumarium* and *Atractylis gummifera* with plant growth inhibiting properties. The probable "Inhibitor A. *Journal of Natural Products* **46**, 609-613.
- DINELLI G e BENVENUTI S (2003) Evoluzione della flora infestante. *Informatore Fitopatologico*, **1**, 28-32.
- ESASHI Y, e LEOPOLD AC (1968) Physical dormancy and germination of *Xanthium strumarium* seed. *Plant Physiology* **43**, 871-876.
- ESASHI Y, KATOH H e LEOPOLD AC (1977) Dormancy and impotency of Cocklebur seeds. *Plant Physiology* **59**, 117-121.
- GHERSA CM e MARTÍNEZ-GHERSA MA (2000) Ecological correlates of weed seed size and persistence in the soil under different tilling systems: implications for weed management. *Field Crops Research*, **67**, 141-148.
- GRIME JP (1979) Plant strategies and vegetation processes. *John Wiley, Chichester*, UK.
- GRUNDY AC (2003) Predicting weed emergence: a review of approaches and future challenges. *Weed Research*, **43**, 1-11.

- HENRY WT e BAUMAN TT (1989) Interference between soybean (*Glycine max*) and common cocklebur (*Xanthium strumarium*) under Indiana field conditions . *Weed Science* **37**, 753-760.
- HILHORST HWM (1995) A critical update on seed dormancy, I. Primary dormancy. *Seed Science Research* **5**, 61-73.
- HOLM LG, DONALD P, PANCHO JV, e HERBERGER JP (1977) The World's Worst Weeds: Distribution and Biology. *The University Press of Hawaii*, Honolulu, Hawaii. 609 pp.
- ISTA (1999) International rules for seed testing. *Seed Science & Technology*, **27** (suppl.), 50-52.
- IZZED K (2004) Effects of Heartleaf Cocklebur (*Xanthium strumarium* L.) extract on some crops and weeds. *Asian Journal of Plant Sciences* **3**, 696-700,
- KAUL V (1971) Physiological-ecology of *Xanthium strumarium* L. IV. Effect of climatic factors on growth and distribution. *New Phytologist* **70**, 799-812.
- LANGMAACK M, SCHRADER S, RAPP-BERNHARDT U e KOTZKE K (2002) Soil structure rehabilitation of arable soil degraded by compaction. *Geoderma*, **105**, 141-152.
- LEE J, OWEN M e MICHEAL DK (2000) Comparison of acetolactate synthase enzyme inhibition among resistant and susceptible *Xanthium strumarium* biotypes. *Weed Science* **48**, 286-290
- LOVE D e DANSEREAU P (1959) Biosystematic studies on *Xanthium*: taxonomic appraisal and ecological status. *Canadian Journal of Botany* **37**, 173-208
- MARTIN RJ e CARNHAN JA (1982) Distribution and importance of Noogoora and Bathurst burrs in eastern Australia. *Australian Weeds* **2**, 27-32.
- MOLES AT, WESTOBY M (2004) Seedling survival and seed size: a synthesis of the literature. *Journal of Ecology* **92**, 372-383.
- MORAN GF e MARSHAL DR. 1978. Allozyme uniformity within and variation between races of the colonizing species *Xanthium strumarium* L. (Noogoora burr). *Australian Journal of Biological Science* **31**, 283-291.
- MUNZ PA, and D. KECK (1973) A California flora and supplement. *University California Press*, Berkeley, CA, USA.
- NORONHA A, ANDERSSON L and MILBERG P (1997) Rate of change in dormancy Level and light requirement in weed seeds during stratification . *Annals of Botany*, **80**, 795-801.
- PICMAN J AND PICMAN AK (1984) Autotoxicity in *Parthenium hysterophorus* and its possible role in control of germination. *Biochemical Systematics and Ecology*, **12**, 287-292 .
- REDOSEVICH SR e HOLT JS (1984). Weed ecology. *John Wiley & Sons*, New York.
- REUSS SA, BUHLER DD AND GUNSOLUS JL (2001) Effects of soil depth and aggregate size on weed seed distribution and viability in a silt loam soil. *Applied Soil Ecology*, **16**, 209-217.
- ROYAL SS, BRECKE BJ, e CALVIN DL (1997) Common cocklebur (*Xanthium strumarium*) interference with peanut (*Arachis hypogaea*). *Weed Science* **45**, 38-43.

- SARTORATO I, BERTI A e ZANIN G (1996) estimation of economic thresholds for weed control in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). *Crop Protection*, **15**, 63-68.
- SHAW DR, MORRIS WH, WEBSTER EP E SMITH DB (2000) Effects of spray volume and droplet size on herbicide deposition and common cocklebur (*Xanthium strumarium*) control. *Weed technology*, **14**, 321-326.
- THOMPSON K, BAND SR, HODGSON JG (1993) Seed Size and Shape Predict Persistence in Soil. *Functional Ecology* **7**, 236-241.
- THOMPSON K, BAKKER JP & BEKKER RM (1997) The Soil Seed Banks of North West Europe: Methodology, Density and Longevity. *Cambridge University Press, Cambridge*, UK.
- TRANEL PJ, JESCHKE MR, WASSOM JJ, MAXWELL DJ LOYD LM e WAX M (2003) Variation in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) interference among common cocklebur (*Xanthium strumarium* L.) accessions. *Crop Protection* **22**, 375-380.
- WALTERS C (1998). Understanding the mechanisms and kinetics of seed aging. *Seed Science Research* **8**, 223-244.
- WEAVER SE e MJ LECHOWICZ (1983) The biology of Canadian weeds. 56. *Xanthium strumarium* L. *Canadian Journal of Plant Science* **63**, 211-225
- YOSHIYAMA M, YAJIMA H, ATSUMI T e ESASHI Y (1996) Mechanism of action of C₂H₄ in promoting the germination of cocklebur seeds. II. The role of C₂H₄ in the enhancement of priming effects. *Australian Journal of Plant Physiology* **23**, 133-139.
- ZIMMERMAN JK e WEIS IM (1983) Fruit size variation and its effects on germination and seedling growth in *Xanthium strumarium*. *Canadian Journal of Botany* **61**, 2309-2315.

Prove di lotta contro le polygonacee infestanti il mais con trattamenti di pre e post-emergenza

A. FABBI, G. CAMPAGNA, G. RAPPARINI

*Centro di Fitofarmacia - Dipartimento di Protezione e Valorizzazione Agroalimentare
Università degli Studi di Bologna – Viale G. Fanin, 46 – 40127 Bologna*

Riassunto

Nel corso del biennio 2004-2005 sono state eseguite prove parcellari in diversi tipi di terreno per verificare l'attività contro le polygonacee e la selettività sulla coltura di mais di diverse strategie di trattamento di pre e post-emergenza. Il confronto tra questi programmi di intervento ha permesso di evidenziare una maggiore efficacia dei trattamenti preventivi con l'applicazione delle miscele costituite da un graminicida residuale (acetoclor, S-metolaclor, flufenacet o dimetenamide), terbutilazina e un inibitore di HPPD (isossaflutolo o mesotrione).

L'esecuzione di trattamenti di post-emergenza ha dimostrato una elevata efficacia devitalizzante delle combinazioni a tre vie costituite da una solfonilurea (rimsulfuron, nicosulfuron o foramsulfuron) addizionata a un inibitore di HPPD (sulcotrione o mesotrione) e a dicamba, con una selettività colturale risultata però inferiore rispetto a quella ottenuta con l'esecuzione dei trattamenti di pre-emergenza.

Parole chiave: mais, erbicidi, polygonacee, pre-emergenza, selettività.

Summary

Control of *Polygonaceae* weeds in maize with pre- and post-emergence treatments

Two-year trials were carried out in different types of soil to investigate the activity against *Polygonaceae* weeds and the selectivity of different pre-emergence and post-emergence treatments. The comparison between different herbicide treatments showed the better efficacy of pre-emergence applications, by using tank-mixtures of grass-killer herbicides (acetochlor, S-metolachlor, flufenacet or dimethenamid), terbutylazine and a HPPD inhibitor (isoxaflutole or mesotrione).

An excellent weed control was also obtained by post-emergence treatments with tank-mixtures of a sulfonylurea (rimsulfuron, nicosulfuron or foramsulfuron), a HPPD

inhibitor (sulcotrione or mesotrione) and dicamba.

The obtained results showed a higher selectivity level of pre-emergence applications.

Key words: maize, herbicides, *Polygonaceae*, pre-emergence, selectivity.

Introduzione

Il diserbo chimico del mais risale all'inizio degli anni '60 con il diffondersi dell'utilizzo in pre-emergenza di atrazina, il cui impiego permetteva di risolvere tutti i principali problemi di inerbimento (Rapparini *et al.*, 1998). L'elevata efficacia di questo principio attivo, associata alla perfetta selettività colturale, ad una elevata residualità e al basso costo ne ha determinato un ripetuto utilizzo da parte degli agricoltori anche in regimi colturali di monosuccessione, determinando la comparsa di ecotipi resistenti di *Amaranthus retroflexus*, *Solanum nigrum* e *Chenopodium album* (Ferrero *et al.*, 2005). Alla fine degli anni '80 l'applicazione della normativa europea sulla potabilità delle acque, e il ritrovamento costante del principio attivo in concentrazioni superiori a quelle stabilite dai limiti legislativi, ne hanno determinato il divieto d'utilizzo in Italia dopo il 1990 (Rapparini, 1991). La mancanza di questo principio attivo fino ad allora fondamentale ha determinato una significativa evoluzione della flora infestante il mais con la diffusione di specie di difficile controllo come *Bidens* spp., *Acalypha virginica* e *Galinsoga parviflora* prima controllate dal diserbante triazinico (Sartorato *et al.*, 1999). Recentemente si è inoltre registrata una notevole e rapida espansione di alcune specie caratterizzate da elevata scalarità di nascita quali *Abutilon theophrasti* e *Sicyos angulatus* (Zanin, 2000). A complicare ulteriormente la situazione è intervenuto negli ultimi anni l'anticipo delle semine di 20-30 giorni (Airoldi, 2000) finalizzato a ridurre le esigenze idriche, limitare gli attacchi di piralide ed anticipare le operazioni di raccolta (Saporiti, 2004). L'esecuzione di semine più precoci ha modificato il rapporto tra la nascita della coltura e quella delle infestanti aumentando il periodo critico di competizione delle malerbe, con una maggiore necessità dei trattamenti di pre-emergenza (Rapparini, 2005); si è inoltre determinato lo sviluppo nella coltura di mais di infestanti microterme, tra le quali risultano particolarmente importanti le poligonacee, che in alcuni ambienti determinano l'adozione di specifiche linee di intervento (Casagrandi *et al.*, 2005).

I principi attivi più efficaci nel contenimento di queste infestanti appartengono alla famiglia chimica delle s-triazine, tra cui la già citata atrazina, della quale è stato recentemente vietata la vendita e l'utilizzo anche in Francia (Renoux *et al.*, 2001) a causa del suo continuo ritrovamento nelle acque a concentrazioni superiori ai limiti di legge. Il ritiro dell'atrazina ha notevolmente aumentato le problematiche relative al diserbo del mais in questo Paese; ha infatti generato una

forte spinta evolutiva della flora infestante principalmente fra le specie dicotiledoni e soprattutto fra quelle sensibili solo a questo principio attivo, ma anche verso malerbe inaspettate e abbastanza diffuse fra cui *Veronica persica*, *Viola arvensis*, *Fumaria officinalis*, ecc.. Inoltre si è assistito a una netta diminuzione dell'efficacia dei programmi di diserbo, che ha reso necessario l'aumento del numero di interventi per ottenere il medesimo risultato e conseguentemente ha innalzato notevolmente i costi di questa fondamentale pratica agronomica (Bibard *et al.*, 2004).

In Italia queste problematiche non si sono manifestate grazie alla sostituzione dell'atrazina con la terbutilazina, che garantisce un altrettanto ottimale contenimento delle infestanti ed ha un miglior profilo ambientale grazie alla minore solubilità in acqua (Rapparini, 1996), che ne limita il pericolo di inquinamento delle falde.

Questo principio attivo è stato oggetto di una riduzione di limitazioni, potendo essere impiegata nelle sole colture di mais e sorgo alla dose massima di 1000 g/ha (Decreto 23 luglio 2002) per renderne più sicuro l'utilizzo.

D'altra parte la sua elevata persistenza nel terreno, se da un lato garantisce un perfetto controllo delle infestanti sensibili per tutto il ciclo colturale del mais, causa però il timore di danni alle colture di successione, soprattutto quando dopo la raccolta del mais viene effettuata la semina del frumento su sodo (Casagrandi, 2005).

Sulla base di queste restrizioni d'impiego, e data l'attuale ampia disponibilità di principi attivi ad azione graminicida e dicotiledonica, si è ritenuto opportuno indagare sulle strategie di intervento di pre e post-emergenza del mais al fine di contenere le infestanti poligonacee, specie molto presenti nella pianura bolognese in cui il mais viene coltivato spesso in successione a barbabietola da zucchero e patata, colture nelle quali queste specie sono notevolmente diffuse.

Materiali e metodi

Le prove sperimentali sono state effettuate in provincia di Bologna (Tab. 1) nel corso del biennio 2004-2005 su terreni argillosi e su terreni di medio impasto tendenzialmente argillosi-limosi e tendenzialmente limosi.

I campi sperimentali sono stati impostati secondo lo schema del blocco randomizzato, con parcelle elementari della superficie di 18-36 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 300 l/ha in pre e post-emergenza. I rilievi floristici sono stati effettuati tramite il conteggio del numero di infestanti per parcella o il grado di efficacia erbicida in % rispetto al testimone non trattato. La selettività colturale è stata valutata sulle piantine di mais mediante la scala empirica 0-10 (0 = nessun sintomo; 10 = coltura distrutta) e la descrizione dei relativi sintomi di fitotossicità.

Tabella 1. Quadro delle 5 prove effettuate nel biennio 2004-20005

Az. Agricola – Località – Caratteristiche del terreno	Analisi del terreno						Anno	Semina		Data trattamenti	
	Sabbia	Limo	Argilla	S.O.%	pH	C.S.C. meq/100 g		Varietà	Data	Pre-em.	Post-em.
Az. Castelvetri – Baricella (BO) terreno argilloso	12	37	55	1,9	7,7	27,4	2004	Furio	03/04	06/04 -	- 24/05
Az. Progeo – Granarolo Emilia (BO) terreno medio impasto	23	46	32	2,37	7,9	28,9	2004		07/04	-	11/05
Az. Moscato – Granarolo Emilia (BO) terreno medio impasto	34	47	19	1,3	8,2	17,5	2005		18/03	21/03	-

Figura 1. Andamento decadale delle precipitazioni e delle temperature minime e massime durante l'anno 2004 a Baricella (BO)

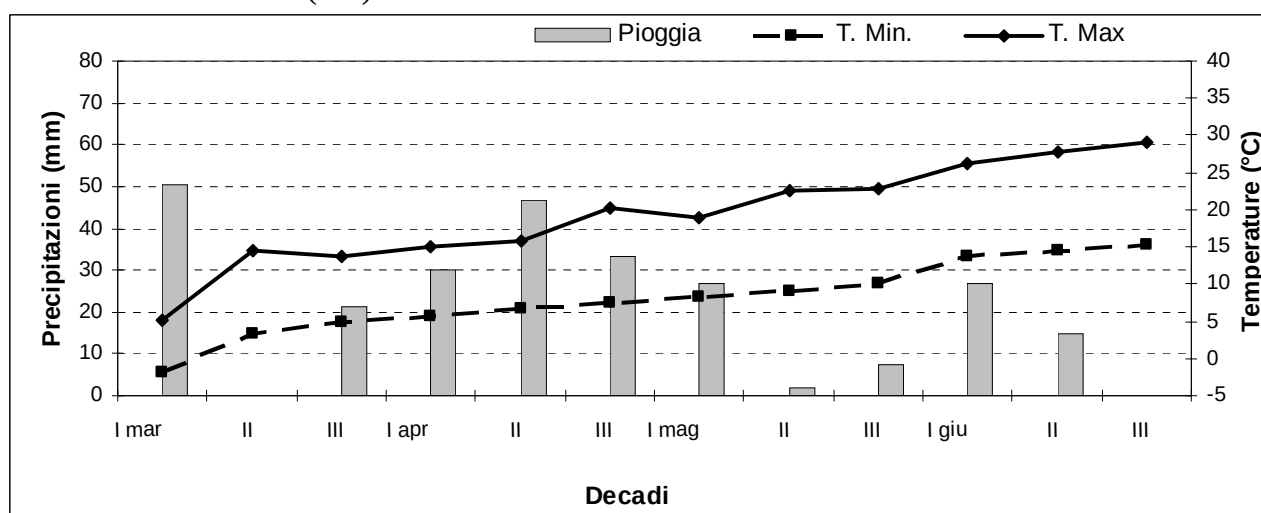


Figura 2. Andamento decadale delle precipitazioni e delle temperature minime e massime durante l'anno 2004 a Granarolo Emilia (BO)

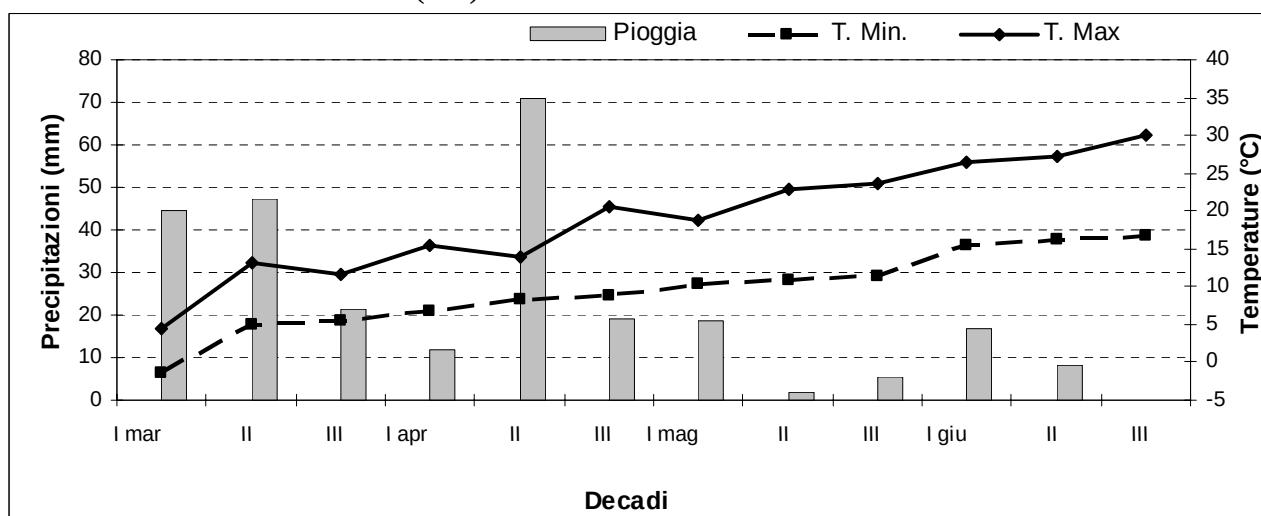
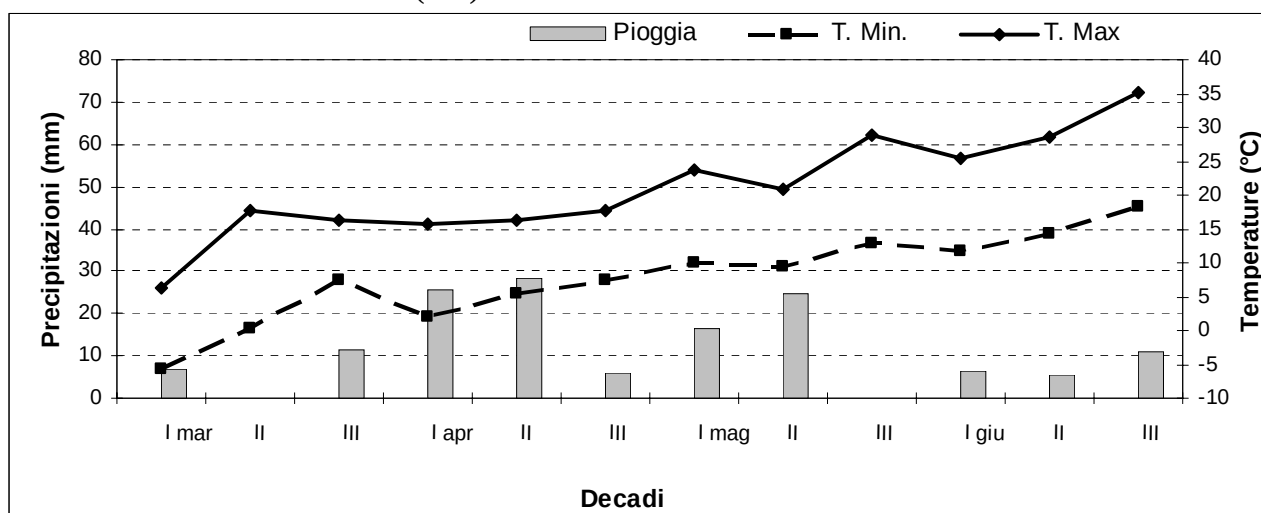


Figura 3. Andamento decadale delle precipitazioni e delle temperature minime e massime durante l'anno 2005 a Granarolo Emilia (BO)



Risultati

Prove di pre-emergenza

Le prove dell'anno 2004 sono state eseguite su terreno argilloso, in cui le semine sono state ritardate a causa dell'abbondante piovosità invernale che fino alla fine del mese di marzo ha impedito la praticabilità dei campi destinati alla semina del mais. L'andamento climatico del periodo d'esecuzione delle prove è stato caratterizzato da numerosi eventi piovosi, che si sono succeduti già pochi giorni dopo il trattamento diserbante, e che hanno consentito una pronta attivazione degli erbicidi residuali. Le piogge sono risultate abbastanza frequenti fino a metà del mese di maggio, per poi riprendere nella prima decade del mese di giugno, mentre in seguito il clima ha avuto un decorso siccitoso. Le temperature massime e minime si sono mantenute nella norma stagionale.

Le infestanti presenti nella prima prova erano rappresentate in maggior misura da *Echinochloa crus-galli* tra le graminacee, e da *Polygonum lapathifolium* e da *Solanum nigrum*, e in minor numero da *Fallopia convolvulus*, fra le dicotiledoni. Nella seconda prova la presenza di *Echinochloa crus-galli* e *Solanum nigrum* era leggermente minore, mentre *Polygonum lapathifolium* e *Fallopia convolvulus* erano più diffuse.

Con un simile andamento climatico e malerbologico, i risultati dei rilievi floristici e della selettività colturale hanno permesso di constatare quanto segue.

Nella prima prova (Tab. 3) tutte le miscele saggiate hanno esercitato un controllo ottimale di *Polygonum lapathifolium* e *Solanum nigrum*, mentre le miscele di flufenacet e isossafutolo non hanno consentito di impedire tutte le nascite tardive di *Echinochloa crus-galli*, perfettamente contenuta con l'aggiunta di terbutilazina e quando sono state applicate tutte le rimanenti

combinazioni di trattamento con le miscele degli altri prodotti graminicidi con e senza l'impiego di terbutilazina. Per quanto concerne il più specifico controllo di *Fallopia convolvulus*, è stato possibile constatare una piena efficacia quando nelle miscele con i prodotti graminicidi addizionati anche di isossaflutolo e mesotrione era presente la terbutilazina. In assenza del derivato triazinico, buoni risultati sono stati ottenuti anche dalla sua sostituzione con pendimetalin a completamento delle miscele di S-metolaclor + isossaflutolo o mesotrione e quando a flufenacet + isossaflutolo è stato addizionato acclonifen. Differenze di efficacia sono state osservate quando i prodotti graminicidi sono stati addizionati al solo isossaflutolo o a mesotrione, con una maggiore attività da parte di quest'ultimo inibitore dell'HPPD.

Nella seconda prova (Tab. 4) tutte le combinazioni di trattamento hanno svolto una ottimale azione preventiva nei confronti di *Echinochloa crus-galli*, *Polygonum lapathifolium* e *Solanum nigrum*, mentre le nascite di *Fallopia convolvulus* sono state controllate in modo completo solamente nelle due tesi contenenti terbutilazina, e dalle miscele di acetoclor + isossaflutolo + pendimetalin e di acetoclor + isossaflutolo alla dose maggiore del composto graminicida. Tutte le altre miscele saggiate hanno contenuto in misura non soddisfacente di questa infestante poligonacea.

Nella terza prova (Tab. 5) svolta nell'anno 2005 e caratterizzata da un terreno di medio impasto tendenzialmente limoso e da un andamento climatico con piogge cadute pochi giorni dopo l'esecuzione dei trattamenti di pre-emergenza, l'infestazione prevalente era costituita da *Echinochloa crus-galli* tra le graminacee e da *Fallopia convolvulus*, *Amaranthus retroflexus* e *Solanum nigrum* tra le dicotiledoni.

Dai risultati dei rilievi floristici si può constatare che tutte le combinazioni di trattamento hanno svolto una buona azione preventiva nei confronti di *Echinochloa crus-galli*, *Amaranthus retroflexus* e *Solanum nigrum*, mentre solo le miscele a base di terbutilazina hanno contenuto la più difficile infestazione di *Fallopia convolvulus*. Tra le altre tesi si sottolinea la maggiore efficacia nei confronti di questa infestante da parte di acetoclor + isossaflutolo, seppure con risultati non soddisfacenti.

Al rilievo finale l'apporto di terbutilazina è risultato fondamentale, oltre che per impedire le nascite di *Fallopia convolvulus*, anche per contenere *Amaranthus retroflexus*, verso cui le miscele di S-metolaclor + mesotrione, acetoclor + isossaflutolo e in particolar modo flufenacet + isossaflutolo hanno consentito soltanto un controllo parziale. L'azione preventiva nei confronti delle nascite di *Echinochloa crus-galli* è risultata completa in tutte le tesi trattate con S-metolaclor e in tutte quelle trattate con terbutilazina, mentre il suo controllo è stato inferiore con flufenacet + isossaflutolo.

In base ai risultati dei rilievi della selettività colturale nell'insieme delle tre prove eseguite, non

sono state evidenziate sintomatologie particolari a carico delle piantine di mais in seguito all'applicazione dei diversi diserbanti residuali, se non lievi riduzioni di sviluppo, prontamente riassorbite dalla coltura.

Prove di post-emergenza

Entrambe le prove sono state effettuate nello stesso anno (2004) a Baricella (BO) su terreno argilloso e a Granarolo Emilia (BO) su terreno tendenzialmente limoso-argilloso.

L'andamento stagionale del periodo di esecuzione delle prove è stato caratterizzato da abbondanti piogge invernali che hanno causato un ritardo delle semine, mentre le basse temperature nel mese di aprile hanno ostacolato lo sviluppo della coltura, che ha raggiunto lo stadio ottimale per l'esecuzione dei trattamenti diserbanti tra la metà e la fine di maggio. Il periodo di esecuzione di entrambe le prove è stato interessato da leggere precipitazioni nei giorni antecedenti il trattamento, che hanno consentito alla coltura e alle infestanti di raggiungere uno stato di pieno turgore vegetativo, facilitando l'assorbimento e la traslocazione dei diserbanti applicati. In seguito le piogge sono riprese nella prima settimana di giugno per poi divenire sempre meno frequenti, con un decorso quasi siccitoso dei mesi di luglio e agosto. Le temperature massime e minime si sono mantenute all'interno delle medie decennali del periodo.

Nella prima prova (Tab. 6) la composizione floristica era costituita da *Echinochloa crus-galli* tra le graminacee, e da *Fallopia convolvulus*, *Polygonum lapathifolium* e *Solanum nigrum* tra le dicotiledoni.

Dai risultati del rilievo floristico inerente il grado di azione devitalizzante si può evidenziare una maggiore attività graminicida da parte delle combinazioni a base di nicosulfuron e foramsulfuron, più attive di rimsulfuron, il quale ha svolto la migliore efficacia quando miscelato con dicamba e mesotrione. Elevata è risultata anche l'attività dicotiledonicida verso *Solanum nigrum* ad eccezione della miscela di nicosulfuron + prosulfuron + dicamba, la cui efficacia non è stata completata dall'ulteriore addizione di bromoxinil.

Per quanto concerne il più specifico controllo delle due specie poligonacee, è emersa nei confronti di *Polygonum lapathifolium* una tendenziale maggiore attività delle miscele di nicosulfuron addizionate di dicamba + fluroxipir, di mesotrione + dicamba e di prosulfuron + dicamba e mesotrione, mentre foramsulfuron ha fornito gli stessi risultati solo quando miscelato a sulcotrione + bromoxinil. Meno attivo è risultato rimsulfuron, che ha esercitato una maggiore azione devitalizzante quando addizionato di dicamba e mesotrione.

Fallopia convolvulus è stata in generale meglio controllata da foramsulfuron + sulcotrione addizionato di bromoxinil o fluroxipir, da nicosulfuron + dicamba in miscela con fluroxipir o mesotrione, e dalla più complessa combinazione di nicosulfuron + prosulfuron + dicamba quando

questa è stata ulteriormente miscelata a bromoxinil o mesotrione. Meno attive le combinazioni di dicamba + fluroxipir nel trattamento con rimsulfuron.

Nella seconda prova (Tab. 7) l'azione devitalizzante nei confronti dell'infestazione presente, costituita in prevalenza da *Fallopia convolvulus* e in minor misura da *Amaranthus retroflexus*, *Solanum nigrum* e *Chenopodium album*, è stata più rapida nelle tesi in cui sono state applicate le miscele di nicosulfuron + dicamba + terbutilazina, nicosulfuron + dicamba + bromoxinil, nicosulfuron + prosulfuron + dicamba + bromoxinil e rimsulfuron + terbutilazina + fluroxipir.

L'attività erbicida finale di tutte le miscele è stata completa nei confronti di *Amaranthus retroflexus* e di *Chenopodium album*, verso il quale solo la tesi trattata con nicosulfuron + dicamba + fluroxipir ha fatto registrare un'efficacia inferiore.

Solanum nigrum è stata efficacemente devitalizzata con tutte le combinazioni contenenti terbutilazina o trichetoni; verso *Fallopia convolvulus* la migliore efficacia erbicida è stata ottenuta con l'applicazione delle miscele contenenti terbutilazina e di quelle contenenti bromoxinil, e risultati altrettanto buoni sono stati conseguiti con le combinazioni di nicosulfuron + mesotrione + fluroxipir e foramsulfuron + sulcotrione + fluroxipir.

In entrambe le prove le miscele di principi attivi hanno indotto la manifestazione di temporanee sintomatologie fitotossiche sotto forma di riduzioni di sviluppo e leggeri ingiallimenti fogliari, senza differenze significative tra le diverse tesi, con una minore incidenza in quelle di nicosulfuron + dicamba + terbutilazina ai due dosaggi del derivato triazinico.

Il successivo sviluppo della coltura non è stato condizionato da queste manifestazioni e in entrambi i casi a un mese dal trattamento non era possibile rilevare la presenza di alcun sintomo di fitotossicità.

Tabella 2. Composizione dei formulati commerciali utilizzati nelle prove

Nome commerciale	Principio attivo	g/l	%
Cadou WP	Flufenacet		60
Cadou Star	Flufenacet + isossaflutolo		48 + 10
Dual Gold	S-metolaclor	960	
Primagram Gold	S-metolaclor + terbutilazina	312,5 + 187,5	
Lumax	S-metolaclor + terbutilazina + mesotrione	312,5 + 187,5 + 37,5	
Frontier	Dimetenamide	900	
Wing	Dimetenamide + pendimetalin	250 + 250	
Trophy 40 CS	Acetoclor	400	
Bolero	Acetoclor	840	
Click 75 DF	Terbutilazina		75
Click 50 FL	Terbutilazina	560	
Stomp 330E	Pendimetalin	307	
Challenge	Aclonifen	600	
Merlin	Isossaflutolo		75
Callisto	Mesotrione	100	
Equip	Foramsulfuron	22,5	
Ghibli	Nicosulfuron	37,5	
Titus	Rimsulfuron		25
Mondak 21S	Dicamba	243,8	
Starane	Fluroxipir	180	
Mikado	Sulcotrione	300	
Brominal mais	Bromoxinil	327	
Emblem	Bromoxinil		37
Peak&Mondak mais	Prosulfuron e dicamba		75 e 70
Task	Rimsulfuron + dicamba		3,26+60,87
Trend*	Nonilfenilpoliglicoletere		20

*indicato nelle tabelle come Bagnante

Tabella 3 – 1ª Prova di pre-emergenza – Baricella (BO)– Anno 2004 -Tesi a confronto e risultati dei rilievi floristici e della selettività.

Tesi	Prodotti	Dosi litri o kg/ha di formulato commerciale	Rilievi fitotossicità:		Rilievi floristici:									
			Grado scala 0-10 e descrizione sintomi		N° di infestanti in 32 m² al									
			(1)		24/05/2004 (T+48)					30/07/2004 (T+115)				
			06/05	24/05	ECHCG	POLLA	FALCO	SOLNI	Somma dicotiledoni	ECHCG	POLLA	FALCO	SOLNI	Somma dicotiledoni
1	Non trattato	-	0	0	126	176	54	118	348	224	134	91	120	345
2	Flufenacet (60%) + terbutilazina (75%)	1 + 1	0	0	4	0	0	0	0	12	0	0	0	0
3	Flufenacet (60%) + terbutilazina (75%) + isossaflutolo (75%)	0,8 + 0,8 + 0,07	0	0	4	0	0	0	0	7	0	1	0	1
4	Flufenacet (60%) + isossaflutolo (75%)	1 + 0,08	0	0	4	0	16	0	16	25	2	15	0	17
5	(Flufenacet (48%) + isossaflutolo (10 %))	0,65	0,25 a	0	0	2	18	0	20	18	0	28	0	28
6	Flufenacet (60%) + isossaflutolo (75%) + aclonifen (600 g/l)	1 + 0,08 + 0,67	0,25 a	0	0	0	6	0	6	0	1	9	0	10
7	(S-metolaclor (312,5 g/l) + terbutilazina (187,5 g/l)) + isossaflutolo (75%)	3,5 + 0,07	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0	3
8	S-metolaclor (960 g/l) + isossaflutolo (75%)	1,25 + 0,08	0,12 a	0	0	2	18	0	20	0	2	14	0	16
9	S-metolaclor (960 g/l) + isossaflutolo (75%) + pendimetalin (307 g/l)	1 + 0,08 + 2,5	0,25 a	0	0	0	0	0	0	0	1	5	0	6
10	(S-metolaclor (312,5 g/l) + terbutilazina (187,5 g/l) + mesotrione (37,5 g/l))	4,5	0,25 a	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
11	S-metolaclor (960 g/l) + mesotrione (100 g/l)	1,5 + 1,7	0,25 a	0	4	2	0	0	2	5	1	4	0	5
12	S-metolaclor (960 g/l) + mesotrione (100 g/l) + pendimetalin (307 g/l)	1,25 + 1,5 + 2,5	0,17 a	0	0	2	6	0	8	3	1	5	0	6

Azienda agraria: “Fondazione Castelvetri” – Baricella (BO) – Mais “Furio” seminato il 03/04/2004; data trattamenti 06/04/2004

(1) Descrizione sintomi di fitotossicità: a = riduzione di sviluppo

Codici infestanti: ECHCG = *Echinochloa crus-galli*; POLLA = *Polygonum lapathifolium*; FALCO = *Fallopia convolvulus*; SOLNI = *Solanum nigrum*.

Tabella 4 – 2ª Prova di pre-emergenza – Baricella (BO) – Anno 2004 -Tesi a confronto e risultati dei rilievi floristici e della selettività.

Tesi	Prodotti	Dosi litri o kg/ha di formulato commerciale	Rilievi fitotossicità:		Rilievi floristici:									
			Grado scala 0-10 e descrizione sintomi (1)		N° di infestanti in 32 m² al									
			06/05	24/05	24/05/2004 (T+48)					30/07/2004 (T+115)				
					ECHCG	POLLA	FALCO	SOLNI	Somma dicotiledoni	ECHCG	POLLA	FALCO	SOLNI	Somma dicotiledoni
1	Non trattato	-	0	0	166	386	142	34	562	79	234	129	39	402
2	Dimetenamide (900 g/l) + isossaflutolo (75%) + terbutilazina (560 g/l)	1,2 + 0,07 + 1,2	0	0	0	0	2	0	2	0	0	2	0	2
3	Acetoclor (400 g/l) + isossaflutolo (75%) + terbutilazina (560 g/l)	4 + 0,07 + 1,2	0,17 a	0	0	0	2	0	2	0	0	1	0	1
4	(Dimetenamide (250 g/l) + pendimetalin (250 g/l)) + isossaflutolo (75%)	3 + 0,08	0	0	0	0	24	0	24	3	3	19	0	22
5	Dimetenamide (900 g/l) + isossaflutolo (75%)	1,2 + 0,08	0	0	0	0	36	0	36	2	5	30	0	35
6	Acetoclor (400 g/l) + isossaflutolo (75%)	5 + 0,08	0,25 a	0	0	0	16	0	16	0	1	7	0	8
7	Acetoclor (840 g/l) + isossaflutolo (75%) + pendimetalin (307 g/l)	2,4 + 0,08 + 2,5	0	0	0	0	6	0	6	2	0	5	0	5
8	Acetoclor (840 g/l) + isossaflutolo (75%)	1 + 0,08	0,17 a	0	0	0	42	0	42	0	1	35	0	36
9	S-metolaclor (960 g/l) + isossaflutolo (75%)	1,25 + 0,08	0	0	0	0	68	0	68	0	3	45	0	48

Azienda agraria: “Fondazione Castelvetro” – Baricella (BO) – Mais “Furio” seminato il 03/04/2004; data trattamenti 06/04/2004

(1) Descrizione sintomi di fitotossicità: a = riduzione di sviluppo

Codici infestanti: ECHCG = *Echinochloa crus-galli*; POLLA = *Polygonum lapathifolium*; FALCO = *Fallopia convolvulus*; SOLNI = *Solanum nigrum*.

Tabella 5 – 3ª Prova di pre-emergenza – Granarolo Emilia (BO) – Anno 2005 -Tesi a confronto e risultati dei rilievi floristici e della selettività.

Tesi	Prodotti	Dosi litri o kg/ha di formulato commerciale	Rilievi fitotossicità:		Rilievi floristici:									
			Grado scala 0-10 e descrizione sintomi (1)		N° di infestanti in 32 m² al									
			16/04	16/05	ECHCG	26/04/2005 (T + 36)				28/07/2005 (T + 129)				
						FALCO	AMARE	SOLNI	Somma dicotiledoni	ECHCG	FALCO	AMARE	SOLNI	Somma dicotiledoni
1	Non trattato	-	0	0	784	580	1639	1218	3437	462	59	220	89	368
3	S-metolaclo (960 g/l) + mesotrione (100 g/l)	1,5 + 1,7	0	0	1	213	0	0	213	6	23	50	10	83
2	(S-metolaclo (312,5 g/l) + terbutilazina (187,5 g/l) + mesotrione (37,5 g/l))	4	0	0	0	1	0	0	1	4	0	1	0	1
8	(S-metolaclo (312,5 g/l) + terbutilazina (187,5 g/l)) + isossafutolo (75%)	4 + 0,07	0	0	0	13	0	0	13	5	0	0	0	0
4	(Flufenacet (48%) + isossafutolo (10 %))	0,7	0	0	0	854	0	0	854	57	54	65	0	119
5	(Flufenacet (48%) + isossafutolo (10 %)) + terbutilazina (75%)	0,6 + 1	0	0	0	6	0	0	6	16	0	6	0	6
6	Acetoclor (400 g/l) + isossafutolo (75%)	4,5 + 0,07	0	0	0	129	0	0	129	24	15	38	0	53
7	Acetoclor (400 g/l) + terbutilazina (75%) + isossafutolo (75%)	5 + 1 + 0,07	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0

Azienda agraria: “F.lli Moscato” – Granarolo Emilia (BO) – Mais “Furio” seminato il 18/03/2005; data trattamenti 21/03/2005

(1) Descrizione sintomi di fitotossicità: a = riduzione di sviluppo

Codici infestanti: ECHCG = *Echinochloa crus-galli*; FALCO = *Fallopia convolvulus*; AMARE = *Amaranthus retroflexus*; SOLNI = *Solanum nigrum*.

Tabella 6 – 1ª Prova di post-emergenza – Baricella (BO) – Anno 2004 -Tesi a confronto e risultati dei rilievi floristici e della selettività.

Tesi	Prodotti	Dosi litri o kg/ha di formulato commerciale	Rilievi fitotossicità:		Rilievi floristici:									
			Grado scala 0-10 e descrizione sintomi (1)		Grado azione devitalizzante (%) al 21/06/2004 (T+28)					N° di infestanti in 32 m² al 30/07/2004 (T+67)				
			11/06	21/06	ECHCG	POLLA	FALCO	SOLNI	Media dicotiledoni	ECHCG	POLLA	FALCO	SOLNI	Somma dicotiledoni
1	Non trattato	-	0	0	-	-	-	-	-	115	186	22	45	253
2	Foramsulfuron (22,5 g/l) + dicamba (243,8 g/l)	2,5 + 1	1,9 a	0,7 a	98	83,3	97	100	93,4	0	1	10	0	11
3	Foramsulfuron (22,5 g/l) + sulcotrione (300 g/l) + dicamba (243,8 g/l)	2,5 + 1 + 0,7	1,8 a	1 a	96	95	90	98,3	94,4	2	1	3	0	4
4	Foramsulfuron (22,5 g/l) + sulcotrione (300 g/l) + bromoxinil (327 g/l)	2,5 + 0,8 + 0,8	1,9 a	0	98,7	98,7	100	100	99,6	0	7	0	0	7
5	Foramsulfuron (22,5 g/l) + sulcotrione (300 g/l) + fluroxipir (180 g/l)	2,5 + 1 + 0,7	2,1 a	1 a	98,7	95	98,7	98,3	97,3	0	32	2	0	34
6	Foramsulfuron (22,5 g/l) + dicamba (243,8 g/l) + fluroxipir (180 g/l)	2,5 + 0,7 + 0,7	2 a	1,1 a	96	92,7	97,7	100	96,8	3	23	1	0	24
7	Nicosulfuron (37,5 g/l) + dicamba (243,8 g/l) + fluroxipir (180 g/l)	1,25 + 0,7 + 0,7	2 a	0,3 a	98	99,3	100	100	99,8	2	0	0	0	0
8	Nicosulfuron (37,5 g/l) + mesotrione (100 g/l) + dicamba (243,8 g/l)	1,25 + 0,6 + 0,7	1,8 a	0	98,7	99,3	100	100	99,8	0	0	0	0	0
9	Nicosulfuron (37,5 g/l) + mesotrione (100 g/l) + fluroxipir (180 g/l)	1,25 + 0,6 + 0,6	2 a	0	99,3	96	96,7	100	97,6	0	1	0	0	1
10	Nicosulfuron (37,5 g/l) + prosulfuron (75%) + dicamba (70%)	1,25 + 0,02 + 0,22	1,7 a	0	96	95	95,0	90	93,3	2	0	11	5	16
11	Nicosulfuron (37,5 g/l) + prosulfuron (75%) + dicamba (70%) + bromoxinil (37 %)	1,25 + 0,02 + 0,22 + 1	1,9 a	0	96	90	99,3	95	94,8	2	28	1	0	29
12	Nicosulfuron (37,5 g/l) + prosulfuron (75%) + dicamba (70%) + mesotrione (100 g/l)	1,25 + 0,02 + 0,22 + 0,5	1,8 a	0,3 a	98,7	99,3	98	100	99,1	0	1	0	0	1
13	Rimsulfuron (25%)+ dicamba (243,8 g/l) + fluroxipir (180 g/l) + bagnante	0,055 + 0,7 + 0,7 + 0,6	2 a	0,7 a	88,3	93,3	95	100	96,1	11	1	0	0	1
14	Rimsulfuron (25%) + dicamba (243,8 g/l) + mesotrione (100 g/l) + bagnante	0,055 + 0,8 + 0,6 + 0,6	2 a	0	91,7	96	94,3	98,3	96,2	8	4	0	0	4

Azienda agraria: “Fondazione Castelvetri” – Baricella (BO) – Mais “Furio” seminato il 03/04/2004; data trattamenti 24/05/2004

(1) Descrizione sintomi di fitotossicità: a = riduzione di sviluppo e ingiallimenti fogliari

Stadi di sviluppo al 24/05/04: mais 5-6 foglie; ECHCG 3 foglie - 3 culmi accestimento; POLLA Ø 20 cm; FALCO da 2 foglie vere a 15 cm di altezza; SOLNI da 4 a 12 foglie vere

Codici infestanti: ECHCG = *Echinochloa crus-galli*; POLLA = *Polygonum lapathifolium*; FALCO = *Fallopia convolvulus*; SOLNI = *Solanum nigrum*.

Tabella 7 – 2ª Prova di post-emergenza – Granarolo Emilia (BO) – Anno 2004 -Tesi a confronto e risultati dei rilievi floristici e della selettività.

Tesi	Prodotti	Dosi litri o kg/ha di formulato commerciale	Rilievi fitotossicità:		Rilievi floristici:									
			Grado scala 0-10 e descrizione sintomi (1)		Grado azione devitalizzante (%) al									
					24/05/2004 (T+13)					08/06/2004 (T+28)				
			21/05	08/06	FALCO	AMARE	CHEAL	SOLNI	Media dicotiledoni	FALCO	AMARE	CHEAL	SOLNI	Media dicotiledoni
1	Non trattato	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Nicosulfuron (37,5 g/l) + terbutilazina (560 g/L) + dicamba (243,8 g/l)	1,25 + 1 + 0,6	1,2 a	0	98	100	100	100	98	98,3	100	100	96	98,6
3	Nicosulfuron (37,5 g/l) + terbutilazina (560 g/L) + dicamba (243,8 g/l)	1,25 + 1,5 + 0,6	1,5 a	0	97,3	100	100	100	97,3	97	100	99	99	98,5
4	Nicosulfuron (37,5 g/l) + dicamba (243,8 g/l) + fluroxipir (180 g/l)	1,25 + 0,6 + 0,6	1,8 a	0	63	76,7	82	82	63	68,3	98,3	85	87	82,5
5	Nicosulfuron (37,5 g/l) + dicamba (243,8 g/l) + bromoxinil (327 g/l)	1,25 + 0,6 + 0,8	1,9 a	0	98	100	100	96,7	98	96	98,3	99,3	86,7	95,1
6	Nicosulfuron (37,5 g/l) + mesotrione (100 g/l) + dicamba (243,8 g/l)	1,25 + 0,75 + 0,6	1,6 a	0	93	90	100	97	93	93	99	100	99,3	98
7	Nicosulfuron (37,5 g/l) + mesotrione (100 g/l) + fluroxipir (180 g/l)	1,25 + 0,75 + 0,5	1,7 a	0	90	95	100	98,3	90	98,7	99	99	99,3	99
8	Nicosulfuron (37,5 g/l) + prosulfuron (75%) + dicamba (70%) + mesotrione (100 g/l)	1,25 + 0,02 + 0,22 + 0,5	1,8 a	0	86,7	95	100	96,7	86,7	93	99,3	100,0	99	98
9	Nicosulfuron (37,5 g/l) + prosulfuron (75%) + dicamba (70%) + bromoxinil (37 %)	1,25 + 0,02 + 0,22 + 1	1,8 a	0	100	100	100	99,3	100	99	100	100	93	98,2
10	Foramsulfuron (22,5 g/l) + sulcotrione (300 g/l) + fluroxipir (180 g/l)	2,5 + 1 + 0,5	1,7 a	0	96	90	100	100	96	99	98	100	100	99,2
11	(Rimsulfuron (3,26%) + dicamba (60,86%)) + mesotrione (100 g/l) + bagnante	0,4 + 0,6 + 0,6	2 a	0	83,3	95	98,3	98,3	83,3	83,3	100	100	100	95,8
12	Rimsulfuron (25%) + terbutilazina (560 g/L) + fluroxipir (180 g/l) + bagnante	0,05 + 1,5 + 0,5 + 0,6	1,8 a	0	99	100	100	99,3	99	100	97	95,3	95,3	96,6

Azienda agraria: “Progeo” – Granarolo Emilia (BO) – Mais “Furio” seminato il 07/04/2004; data trattamenti 11/05/2004

(1) Descrizione sintomi di fitotossicità: a = riduzione di sviluppo e ingiallimenti fogliari

Stadi di sviluppo all'11/05/04: Mais 4-5 foglie; FALCO da 2 foglie vere a 15 cm altezza, copertura 40-70%; AMARE 2-6 foglie vere; CHEAL 6-8 foglie vere; SOLNI 2-4 foglie vere

Codici infestanti: FALCO = *Fallopia convolvulus*; SOLNI = *Solanum nigrum*, AMARE = *Amaranthus retroflexus*; CHEAL = *Chenopodium album*.

Conclusioni

In base ai risultati di questa sperimentazione biennale nei comprensori maidicoli della provincia di Bologna, fortemente infestati da specie appartenenti alla famiglia delle poligonacee, è possibile constatare la migliore azione di contenimento nei confronti di queste infestanti da parte dei trattamenti di pre-emergenza che consentono nelle miscele più energiche (costituite da un graminicida residuale associato a terbutilazina e a un inibitore di HPPD) di ottenere anche una maggiore efficacia globale su tutte le altre specie presenti, sia graminacee che dicotiledoni.

Tra le diverse miscele saggiate in pre-emergenza, quelle contenenti terbutilazina hanno esercitato una migliore azione nei confronti di *Fallopia convolvulus* e di *Polygonum lapathifolium*, senza differenze significative tra i diversi graminicidi e gli altri prodotti presenti nelle stesse miscele. Terbutilazina ha anche migliorato l'efficacia su *Amaranthus retroflexus* quando addizionata alle miscele di graminicidi residuali e inibitori di HPPD (isossafutolo e mesotrione) che da sole non hanno permesso un'azione preventiva completa sull'infestante; inoltre, terbutilazina miscelata estemporaneamente a flufenacet + isossafutolo ne ha migliorato l'attività verso *Echinochloa crus-galli*. Tra le combinazioni a tre vie che non prevedevano l'impiego di terbutilazina le più attive nei confronti delle infestanti poligonacee sono risultate quelle di S-metolaclor + isossafutolo + pendimetalin, S-metolaclor + mesotrione + pendimetalin, acetoclor + isossafutolo + pendimetalin e flufenacet + isossafutolo + aclonifen, nessuna delle quali ha però manifestato una completa efficacia su queste infestanti. I buoni risultati ottenuti verso *Fallopia convolvulus* con l'applicazione preventiva delle miscele di S-metolaclor + mesotrione e acetoclor + isossafutolo nei terreni più argillosi non sono stati confermati l'anno successivo nei terreni di medio impasto, ribadendo la maggiore costanza dei risultati ottenuti con l'impiego del composto triazinico.

Tra le applicazioni di post-emergenza vi è da rimarcare la maggiore attività delle più complesse miscele costituite da foramsulfuron + sulcotrione + dicamba, foramsulfuron + sulcotrione + bromoxinil, nicosulfuron + mesotrione + dicamba, nicosulfuron + mesotrione + fluroxipir, nicosulfuron + prosulfuron + dicamba + mesotrione e rimsulfuron + dicamba + mesotrione, che hanno permesso una completa devitalizzazione di tutte le infestanti presenti al momento del trattamento. Un'ottimale e rapida azione erbicida nei confronti di *Fallopia convolvulus* è stata ottenuta con l'impiego in post-emergenza di terbutilazina, sia a completamento di nicosulfuron + dicamba che di rimsulfuron + fluroxipir. Anche l'addizione di bromoxinil a foramsulfuron + sulcotrione ha consentito un incremento dell'attività sulle dicotiledoni, mentre le miscele di bromoxinil con nicosulfuron + prosulfuron + dicamba ha esercitato un'efficacia incompleta verso *Polygonum lapathifolium*.

In merito alla selettività colturale, l'insieme delle prove effettuate permette di constatare una minore comparsa di sintomatologie fitotossiche in seguito all'esecuzione di trattamenti di pre-

emergenza, mentre le più tardive applicazioni di prodotti fogliari inducono spesso la manifestazione di sintomi più o meno evidenti, soprattutto in corrispondenza della distribuzione delle più attive combinazioni in cui le solfoniluree graminicide sono associate a un inibitore di HPPD e a un composto ad azione ormonosimile o a bromoxinil. Tuttavia, anche in questi casi le sintomatologie rilevate a carico delle piante di mais, espresse soprattutto da riduzioni di sviluppo e ingiallimenti fogliari, sono risultate sempre entro limiti agronomicamente accettabili e a carattere temporaneo.

Bibliografia

- AIROLDI M., 2000. L'ottimizzazione del diserbo del mais. Atti XII Convegno S.I.R.F.I., Milano, 93-109.
- BIBARD V., RENOUX J.P., 2004. Le désherbage du maïs en pleine mutation. Proceedings of AFPP – Dix-neuvième conférence du COLUMA sur la lutte contre les mauvaises herbes, Dijon – 8, 9, 10 décembre.
- CASAGRANDE M., BUBANI E., MARZOCCHI L., 2005. Il pre-emergenza resta strategico. Terra e Vita, **10**, 48-53.
- FERRERO A., VIDOTTO F., 2005. La gestione della flora infestante nel mais. Informatore Fitopatologico, **3**, 16-26.
- RAPPARINI G., 1991. Per il corretto impiego dei diserbanti del mais. L'Informatore Agrario, **8**, 97-108.
- RAPPARINI G., 1996. Il diserbo delle colture. Edizioni L'Informatore Agrario, Verona.
- RAPPARINI G., BARTOLINI D., 1998. Prove di lotta alle infestanti del mais con trattamenti di pre-emergenza. Atti Giornate Fitopatologiche, 363-368.
- RAPPARINI G., 2004. Il diserbo di mais e sorgo. L'Informatore Agrario, **6**, 75-87.
- RAPPARINI G., 2005. Il diserbo di pre e post-emergenza del mais. L'Informatore Agrario, **6**, 67-77.
- RENOUX J-P., BIBARD V., 2001. Atrazine, la fin d'un mythe. Proceedings of AFPP – Dix-huitième conférence du COLUMA sur la lutte contre les mauvaises herbes, Toulouse – 5, 6, 7 décembre, **2**, 709-715.
- SAPORITI M., 2004. La lotta contro le infestanti del mais. Phytomagazine – “Speciale controllo infestanti”, 21-41.
- 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 il mais. L'informatore Agrario, **23**, 79-82.

“Caratteristiche agronomiche, economiche e ambientali dei diserbanti del mais: il caso di studio della terbutilazina”

Contributo del gruppo di studio agronomico

G. ZANIN

Dipartimento di Agronomia Ambientale e Produzioni Vegetali

(In rappresentanza del gruppo di studio)

In Italia il mais riveste una grande importanza economica tanto che la superficie destinata a questo cereale, ormai da diversi anni, si attesta su livelli che variano da 1.200.000 ad oltre 1.300.000 ha.

Le regioni maggiormente vocate ed interessate alla coltivazione del mais sono Veneto, Lombardia, Friuli-V.G., Piemonte ed Emilia-Romagna, dove si concentra circa il 90% della produzione nazionale.

In Italia il principio attivo maggiormente utilizzato per il controllo della flora infestante del mais è la terbutilazina (TBA): tale prodotto possiede caratteristiche uniche in termini di efficacia e di selettività che lo rendono di estremo interesse nella maggior parte dei programmi di diserbo.

Esperti del settore, appartenenti al mondo accademico e della ricerca pubblica così come a strutture di assistenza e consulenza tecnica, con il contributo di Syngenta, la Società che ha scoperto la terbutilazina, hanno dato vita ad un gruppo di lavoro

che si è posto l'obiettivo di valutare, dal punto di vista agronomico, economico ed ambientale, il ruolo della TBA nel contesto maidicolo nazionale.

Fare il punto sulla situazione dopo alcuni decenni dall'introduzione della TBA nel mercato ed in particolare dopo 18 anni di utilizzo generalizzato sul mais appare quanto mai opportuno, anzi necessario.

L'analisi ha preso l'avvio dalla conoscenza delle caratteristiche floristiche delle comunità di malerbe nei diversi comprensori e delle variabili pedo-climatiche che ne influenzano le performances.

Prendendo in considerazione poi la capacità competitiva delle malerbe verso la coltura in funzione della densità e del periodo di permanenza si valuteranno gli aspetti economici sottesi all'impiego della TBA, mentre sulla base della pressione di selezione dei diversi programmi di lotta si cercherà di prevedere l'evoluzione delle comunità di malerbe, anche in relazione ai diversi itinerari tecnici (semine anticipate, ecc.).

L'ambizione del gruppo di lavoro è di arrivare a conclusioni oggettive e condivise, basate sulla collezione di una grande mole di dati, sull'utilizzo della modellistica agronomica ed ambientale e sull'analisi critica delle esperienze maturate negli ultimi 20 anni nel diserbo del mais.

Le specificità dei componenti il gruppo di lavoro, infine, sembrano in grado di apportare un elevato valore aggiunto al caso di studio.

Al gruppo di studio partecipano:

Università degli Studi di Padova/CNR: Prof. Giuseppe Zanin, Dott. Stefan Otto e Dott.ssa Roberta Masin

Università degli studi di Torino: Prof. Aldo Ferrero e Dott. Francesco Vidotto

Università degli Studi di Bologna: Gabriele Rapparini, Dott. Giovanni Campagna e Dott. Andrea Fabbi

Terremerse - Agronomica: Dott. Pierluigi Meriggi, e Denis Bartolini

CAPAC TO: Dott. Luca Minelli

CAIP BO MO: Dott. Claudio Cristiani

CARB BS - COMAB: Dott. Giulio Discacciati

CARB BS - COPRA: Dott. Roberto Mezzini

AGREA VR: Dott. Massimiliano Pasini e Dott. Riccardo Vanoni

Syngenta Crop Protection SpA

hanno contribuito inoltre:

Università degli Studi di Perugia: Prof. Gino Covarelli

Università Cattolica del Sacro Cuore di Piacenza: Prof. Marco Trevisan e Prof. Ettore Capri

Viene qui presentata una sintesi dei primi risultati del progetto che nel complesso affronta le seguenti tematiche:

- caratteristiche biologiche, chimico-fisiche, ed ambientali della terbutilazina;
- definizione del ruolo della terbutilazina nel diserbo del mais in Italia;
- analisi della potenziale evoluzione della flora infestante il mais;
- importanza della terbutilazina nella semplificazione e nella riuscita dei programmi di diserbo;
- determinazione dei costi di diserbo del mais con l'impiego di terbutilazina o con linee alternative;
- valutazione in termini pratici, economici ed ambientali delle soluzioni a base di terbutilazina.

Problematiche malerbologiche nei principali areali maidicoli italiani

A. FERRERO, F. VIDOTTO

Dipartimento di Agronomia, Selvicoltura e Gestione del Territorio

L'ampia variabilità delle caratteristiche pedoclimatiche e agronomiche che caratterizza l'agricoltura italiana, unitamente alla notevole eterogeneità nelle scelte gestionali delle singole aziende, ha gradualmente portato alla formazione di una situazione malerbologica piuttosto complessa e non facilmente schematizzabile. In alcune colture, e nel mais in particolare, è tuttavia possibile individuare gruppi di specie che, pur con un grado di diffusione variabile a seconda delle zone, costituiscono elementi floristici tipici.

Indagini svolte negli ultimi anni in 38 province comprese nei principali areali maidicoli italiani hanno evidenziato la presenza di circa 130 specie infestanti. Solo una parte relativamente contenuta di queste può tuttavia considerarsi ubiquitaria: *Echinochloa crus-galli*, *Panicum dichotomiflorum*, *Setaria* spp., *Sorghum halepense* e *Digitaria sanguinalis*, tra le graminacee e *Chenopodium album*, *C. polyspermum*, *Amaranthus retroflexus*, *Solanum nigrum*, *Polygonum persicaria*, *Polygonum aviculare*, *Abutilon theophrasti*, *Convolvulus arvensis*, *Calystegia sepium* e *Cirsium arvense*, tra le dicotiledoni. Tra le cinque specie maggiormente diffuse, figurano quattro dicotiledoni (*C. album*, *A. retroflexus*, *A. theophrasti* e *P. persicaria*) ed una sola graminacea (*E. crus-galli*).

Indagini effettuate tra i soci di alcuni importanti organismi associativi della pianura padana hanno evidenziato la preoccupante presenza di nuove specie invasive e l'aumento dell'importanza di specie già presenti. In provincia di Torino, ad esempio, CAPAC ha fatto rilevare una forte presenza di *Bidens* spp., *P. aviculare*, *Mercurialis annua*, *Ambrosia artemisiifolia*. In provincia di Brescia, secondo CARB, risulta, spesso, problematico il controllo di *C. arvensis*, *S. halepense*, *Xanthium* spp., *E. crus-galli*, *Datura stramonium* e *Bidens* spp. Sulla base delle osservazioni di AGREA, nel veronese sono da considerarsi specie chiave *A. theophrasti*, *C. album*, *P. persicaria*, *E. crus-galli*, *S. halepense* e *S. nigrum*, mentre in provincia di Bologna e Modena, secondo i dati dei locali Consorzi agrari sono particolarmente diffuse *Fallopia convolvulus*, *A. theophrasti*, *P. aviculare*, *Amaranthus* spp., *C. album*, *Xanthium* spp. e le crucifere in genere.

Le relazioni fra la vegetazione spontanea e le caratteristiche pedo-climatiche delle principali aree di coltivazione sono risultate piuttosto deboli. In linea generale, i suoli argillosi e quelli tendenzialmente umidi hanno presentato mediamente un numero di specie monocotiledoni più contenuto rispetto ai terreni limosi, sabbiosi e di medio impasto e a quelli tendenzialmente secchi.

Caratteristiche biologiche della sostanza terbutilazina (efficacia e selettività)

G. RAPPARINI, A. FABBI, G. CAMPAGNA

*Centro di Fitofarmacia - Dipartimento di Protezione e Valorizzazione Agroalimentare,
Università di Bologna*

Il gruppo di lavoro che ha contribuito a questa fase del progetto è costituito da diversi membri distribuiti uniformemente sul bacino maidicolo della Pianura Padana tra cui il Centro di Fitofarmacia del DIPROVAL dell'Università di Bologna, il Consorzio Agrario di Bologna e Modena, il Capac di Torino, il Comab e il Copra di Brescia, il centro studi Agrea di Verona e la cooperativa Terreemense di Ravenna; ha inoltre fornito un importante contributo in merito alla situazione dell'Italia Centrale il dipartimento di agronomia dell'università di Perugia. Lo scopo di questo gruppo di ricerca è stato quello di realizzare un'indagine sulle attuali tecniche di diserbo del mais e di verificare il ruolo fondamentale che terbutilazina svolge nei trattamenti di pre-emergenza che sono eseguiti sul 90% delle superfici coltivate con questo cereale (Rapparini 2005).

Il diserbo di pre-emergenza del mais si basa sulla distribuzione di complesse miscele di principi attivi con spettro d'azione complementare, che permettano di contenere la totalità delle infestanti annuali in modo da evitare un secondo intervento correttivo quando non siano presenti le infestanti perenni. Queste miscele di diserbanti residuali sono costituite da una componente graminicida che fa capo alle cloroacetanilidi, da terbutilazina che consente un'ottimale controllo delle dicotiledoni annuali e da un inibitore di HPPD per il contenimento di *Abutilon theophrasti* e altre infestanti sensibili; in alternativa a terbutilazina possono essere inseriti in queste complesse miscele acclonifen o pendimetalin che tuttavia hanno uno spettro d'azione più limitato, maggiori esigenze dal punto di vista climatico in seguito al trattamento e una minore selettività sulla coltura.

Dalle prove eseguite in un decennio dal Diproval e da quelle più recenti delle altre unità del gruppo di lavoro, è stata evidenziata una migliore efficacia delle soluzioni a tre vie contenenti terbutilazina, che hanno consentito una maggiore costanza nei risultati, rispetto ai trattamenti eseguiti con le miscele contenenti pendimetalin e acclonifen che sono risultate maggiormente influenzate dalla bagnatura dei terreni dopo l'applicazione. Nelle aree della pianura Padana a sud del Po i migliori risultati delle miscele con terbutilazina sono attribuibili al migliore controllo verso le poligonacee e in particolare *Fallopia convolvulus*, ma anche contro le infestazioni di *Amaranthus retroflexus* e *Chenopodium album*; nella provincia di Brescia terbutilazina ha permesso di controllare meglio le nascite delle

poligonacee e ha migliorato l'attività delle componenti graminicide, mentre nella pianura più occidentale ha consentito un miglior contenimento di *Bidens tripartita*.

Nei trattamenti di post-emergenza le miscele impiegate sono costituite da una componente graminicida (rimsulfuron, nicosulfuron o foramsulfuron), e da una o più componenti dicotiledoniche. In base al tipo dell'infestazione presente i preparati attivi contro le infestanti a foglia larga possono essere scelti tra gli ormonici (dicamba, fluroxipir) contro le infestanti annuali e perenni, tra gli inibitori di HPPD (sulcotrione o mesotrione) per il contenimento delle dicotiledoni difficili, con la possibilità di utilizzare la solfonilurea prosulfuron in presenza di infestanti ruderali e attiva anche su molte annuali o il benzonitrile bromoxinil per specifiche infestazioni di *Amaranthus*, *Solanum* e poligonacee. Questo tipo di intervento viene eseguito dopo la nascita della coltura quando le piante di mais si trovano allo stadio di 4-6 foglie.

In base ai risultati ottenuti nelle prove di post-emergenza, eseguite prevalentemente nella pianura padana tra le province di Bologna e Modena e in Italia centrale in provincia di Perugia si è potuto constatare che l'attività erbicida delle miscele impiegate è risultata spesso inferiore ai livelli ottimali, soprattutto nei confronti delle infestanti graminacee, ma anche verso le dicotiledoni quando non è stato possibile effettuare l'applicazione dei diserbanti al momento di sviluppo più favorevole delle malerbe e della coltura.

L'analisi globale dei risultati ottenuti da questo studio effettuato nelle zone a maggiore vocazione maidicola della pianura Padana sul diserbo di questa importante coltura consente di attribuire un ruolo fondamentale ai trattamenti di pre-emergenza, che vengono effettuati su circa l'85% nei terreni gestiti dal Caip di Bologna e Modena, mentre nelle zone situate a Nord del Po interessano praticamente la totalità delle superfici coltivate a mais, sia nelle zone più orientali delle province di Verona (Agrea) e Brescia (Comab, Copra), sia in quelle più occidentali in provincia di Torino (Capac).

L'esame dei risultati delle prove eseguite in Pianura Padana e in Umbria hanno evidenziato che l'applicazione dei diserbanti prima della nascita della coltura consente di ottenere una maggiore e più costante efficacia erbicida e al contempo garantisce una selettività colturale molto elevata, quasi sempre superiore rispetto ai trattamenti di post-emergenza. Nella più estesa indagine sui trattamenti di pre-emergenza è stato possibile constatare che le miscele contenenti terbutilazina sono in grado di conferire una attività diserbante più elevata, offrendo una maggiore sicurezza del risultato e al contempo garantiscono una ottimale selettività colturale, confermando il ruolo fondamentale nel diserbo del mais che riveste questo diserbante, utilizzato secondo i dati forniti dalle unità del gruppo di lavoro in un intervallo che varia tra l'87% e il 100% delle soluzioni di diserbo applicate in pre-emergenza nelle rispettive zone d'influenza.

Competizione delle malerbe su scala territoriale: valutazione delle perdite produttive del mais

P. MERIGGI¹, A. BERTI²

¹*Agronomica Ricerca e Sviluppo Cooperativa Terremerse*

²*Università di Padova, Dipartimento di Agronomia Ambientale e Produzioni Vegetali*

Il presente lavoro si inserisce in una serie di contributi tesi a valutare l'importanza tecnica ed economica degli erbicidi selettivi residuali da impiegare alla semina del mais ed in particolare della terbutilazina, che attualmente rappresenta uno dei principi attivi più impiegati nella coltura. Dai contributi finalizzati ad una valutazione dell'efficacia delle diverse soluzioni applicabili in pre-emergenza è risultato che la terbutilazina, in combinazione con altri erbicidi, è un principio attivo cardine al fine di assicurare una elevata e costante efficacia nei confronti delle erbe infestanti.

Dal punto di vista pratico una ridotta efficacia dei trattamenti di pre-emergenza del mais, eventualmente dovuta alla mancanza di principi attivi efficaci ha, come noto, una influenza sulle rese produttive della coltura; per questo motivo diverse Organizzazioni di produttori dedicano una particolare cura nella definizione delle linee tecniche da adottare presso gli agricoltori col tentativo di privilegiare soluzioni selettive e altamente efficaci sin dalla semina del mais. Infatti gli eventuali trattamenti di completamento in post-emergenza sortiscono effetti talvolta anche molto negativi dal punto di vista produttivo in quanto non sempre sono effettuati con tempestività. Nell'ambito di una logica produttiva territoriale nella quale le imprese per conto terzi rivestono un ruolo preminente, nei casi nei quali non venga assicurata questa condizione, soprattutto nei periodi caratterizzati da frequenti interruzioni delle operazioni di distribuzione dei diserbanti per cause meteorologiche (inagibilità dei terreni per precipitazioni meteoriche), si possono verificare importanti perdite di reddito per i produttori.

Scopo del presente studio è quello di valutare tali perdite in differenti scenari: sia con elevata efficacia dei trattamenti residuali alla semina sia con modesta e nulla efficacia degli stessi.

In una prima fase sono stati definiti alcuni modelli matematici per la stima delle perdite di produzioni in funzione della durata della competizione delle malerbe. Il modello utilizzato che ha calcolato le perdite di resa ha tenuto principalmente conto del tempo di emergenza delle erbe infestanti (te), del tempo di rimozione (tr) e della densità delle stesse (intesa come densità equivalente di un certo gruppo di infestanti). Il ciclo della coltura è stato definito secondo una scala espressa in GDD che rappresenta la sommatoria termica cumulata (temp. media giornaliera - 8°C).

I modelli così predisposti sono stati adattati a 2 aree rappresentative della valle padana (Nord e Sud

Po) e a 3 diversi livelli di efficacia dei trattamenti in pre-emergenza con erbicidi residuali (efficacia elevata, media e nulla). Va doverosamente rilevato che le ipotesi di perdite produttive/economiche del modello matematico, simulate nei diversi areali, coincidono con le esperienze pratiche realizzate dalle Strutture produttive che operano sui territori (Capac, CARB, Terremerse, Caip Bologna e Modena).

Parallelamente sono stati valutati i seguenti aspetti: i) la capacità operativa in post-emergenza del mais sia delle singole aziende maidicole che delle imprese per conto terzi operanti nelle due aree oggetto di studio, ii) gli andamenti meteorologici del 2004 e 2005 al fine di cadenzare gli interventi con coltura in atto sia nella logica aziendale che territoriale.

Le perdite di produzione di una coltura di mais non diserbata in pre-emergenza e trattata in post-emergenza, pur ipotizzando in questa seconda fase un controllo totale della infestazione presente, sono state importanti ed a seconda delle aree, delle annate e dei sistemi di controllo (aziendale e territoriale) hanno oscillato da circa 300 fino a oltre 600 € per ettaro.

Nel caso in cui si è ipotizzato un medio effetto degli erbicidi residuali alla semina, il controllo delle erbe infestanti in post-emergenza ha consentito un recupero delle perdite di cui sopra: le stesse infatti sono andate da circa 75 a oltre 180 €/ha. Quest'ultimo scenario sembra ben rappresentare il rischio derivante da una eventuale non completa efficacia dei trattamenti in pre-emergenza, sia per non completa attivazione degli erbicidi che per indisponibilità di alcuni od ancora per errata scelta degli stessi.

Infine nel caso in cui il controllo risulti ottimale sin dalla semina (ottima efficacia dei principi attivi residuali) il ricorso ai trattamenti fogliari non è risultato conveniente ed il danno economico assai limitato. Infatti le perdite per ettaro sono state comprese, a seconda delle situazioni, fra i 5 e 17 €.

Dallo studio si evince pertanto l'importanza delle scelte tecniche fatte dall'imprenditore agricolo sul reddito finale della coltura e come queste influiscono significativamente sull'economia del comparto specifico oggetto dello studio.

Infine appare di assoluta importanza l'influenza della logica operativa legata al contoterzismo sulla dimensione economica della problematica causata dalle erbe infestanti nel mais. In questo contesto, particolarmente significativo, si trovano impegnate le strutture operanti nei territori che forniscono consulenza tecnica, le cui scelte tendono a facilitare la gestione delle erbe infestanti del mais, consentendo anche all'agricoltore "medio", che non sempre dispone di attrezzature proprie per i trattamenti, di limitare le perdite economiche, oggi non più facilmente sopportabili a causa della accentuata competitività delle produzioni agricole sui mercati internazionali.

Monitoraggio della terbutilazina nell'acquifero dell'alto vicentino

S. OTTO¹, G. ZANIN²

¹*Istituto di Biologia Agro-ambientale e Forestale (IBAF) CNR, sede di Legnaro (PD)*

²*Dipartimento di Agronomia Ambientale e Produzioni Vegetali, Università di Padova*

La terbutilazina è un erbicida molto usato da circa 15 anni, ed è tra i fitofarmaci che gli Enti di Controllo ricercano regolarmente nelle campagne di monitoraggio delle acque.

Meno frequenti sono gli studi sui bilanci di massa, che tentano di determinare la frazione della sostanza applicata che esce dal comparto “terreno” e entra in quello “acqua”, con stima della reale suscettibilità al trasferimento verso comparti non bersaglio e possibilità di operare confronti realistici fra sostanze con diverso carico ambientale.

Nel 2004 è stato condotto uno studio per stimare il bilancio di massa della terbutilazina utilizzata nelle campagne della zona di ricarica di un importante acquifero del Nord-Est (Acquifero dell'Alto Vicentino), e i risultati saranno pubblicati a breve su rivista specializzata internazionale.

La qualità dell'acquifero è continuamente monitorata e per lo studio sono state considerate le concentrazioni di terbuthylazine rilevate in vari pozzi-spia nel periodo 1998-2004, compresi i dati riportati come “inferiori al limite di rilevabilità”. Il carico totale di terbutilazina nell'area è stato stimato sulla base delle superfici coltivate e delle pratiche agricole seguite. Il bilancio dell'acqua dell'acquifero è stato derivato da precedenti studi specifici.

E' risultato che la terbutilazina applicata nella zona di ricarica è in grado di raggiungere l'acquifero. Le concentrazioni rilevate sono state molto inferiori al limite EU di potabilità, con una media di 0,013 µg/L, con una frazione dell'applicato molto probabilmente inferiore allo 0,2%.

Piano di controllo degli effetti ambientali dei prodotti fitosanitari

P. PARIS

Agenzia per la protezione dell'Ambiente e per i Servizi tecnici (APAT)

Il “Piano di Controllo degli Effetti dei Prodotti Fitosanitari sull’ambiente” è uno dei piani triennali di sorveglianza sanitaria e ambientale dei prodotti fitosanitari previsti dall’Accordo Stato-Regioni dell’8 maggio 2003, che rende operativo quanto già stabilito dal Decreto Legislativo n. 194 del 17 marzo 1995 in materia di immissione in commercio di prodotti fitosanitari.

Il piano riguarda il triennio 2003 – 2005 e ha come obiettivo principale quello di valutare l’esposizione delle acque, vale a dire la presenza di residui di prodotti fitosanitari nelle acque superficiali e sotterranee. L’APAT ha il compito di coordinare le indagini previste dal piano ed è, pertanto, chiamata a dare indirizzi tecnici alle regioni che devono attuare il piano sul territorio, a raccogliere i risultati, valutarli e formulare proposte di misure cautelative in relazione ad eventuali effetti indesiderati dei prodotti fitosanitari.

Nella relazione vengono illustrati il contesto normativo e le finalità del piano e vengono presentati i risultati relativi all’anno 2003, che è il primo dei tre anni di indagini previsti (attualmente è in corso l’elaborazione dei dati del 2004).

La contaminazione puntiforme delle acque sotterranee da agrofarmaci. Strategie per la mitigazione

E. CAPRI

Istituto di Chimica Agraria ed Ambientale, Università Cattolica del Sacro Cuore - 29100 Piacenza

Le direttive europee sulla qualità dell'acqua per usi potabili prevedono un residuo massimo ammissibile di 0,1 µg/L per ogni singolo principio attivo e di 0,5 µg/L per il totale (98/83/EC). La direttiva europea 91/414/EC sull'autorizzazione alla commercializzazione dei prodotti fitosanitari, definisce inoltre ulteriori standard di qualità per i singoli principi attivi, a rispetto e tutela degli organismi viventi *non target*. Il rispetto di questi standard richiede enormi costi sociali, sia per il trattamento di depurazione delle acque, sia per i controlli ambientali, nonché per i costi di cui devono farsi carico le aziende produttrici di antiparassitari.

Ricerche condotte negli ultimi anni dimostrano che solo una piccola percentuale della dose di antiparassitari applicata raggiunge le acque superficiali e profonde a causa della *contaminazione diffusa*, dovuta ai fenomeni di percolazione, scorrimento superficiale, drenaggio laterale e deriva. In studi di bacino, diversi Autori hanno misurato perdite dell'ordine di 1-2 % riconducibili alla contaminazione diffusa, mentre i casi quantitativamente più rilevanti di contaminazione sono dovuti a incidenti, usi agronomici non corretti dei prodotti fitosanitari, inadeguate condizioni di conservazione e di preparazione delle miscele. Tutte queste sorgenti di contaminazione di origine aziendale o dovute a cattive pratiche agricole sono definite *contaminazioni ambientali di tipo puntiforme*, poiché caratterizzate dal fatto che il contatto tra il prodotto fitosanitario e la matrice ambientale avviene su una superficie ristretta, ma a concentrazioni maggiori rispetto alla contaminazione diffusa, quindi con maggiore probabilità di contaminazione delle acque, soprattutto in considerazione della mancata attenuazione del fenomeno da parte del suolo.

Il presente lavoro è una rassegna di queste esperienze recenti e delle tecniche disponibili per ridurre le conseguenze ambientali, sociali e politiche di questo fenomeno.

La contaminazione diffusa delle acque sotterranee da agrofarmaci. L'individuazione delle aree vulnerabili.

M. TREVISAN, G. FAIT, M. BALDERACCHI, F. FERRARI, E. CAPRI

*Istituto di Chimica Agraria ed Ambientale, Facoltà di Agraria, Università Cattolica del Sacro Cuore,
29100 Piacenza, Italy*

La legge 152/99 e successivi aggiornamenti prevede che le Regioni e le Province autonome individuino le aree in cui richiedere limitazioni o esclusioni d'impiego, anche temporanee, di prodotti fitosanitari autorizzati, allo scopo di proteggere le risorse idriche e altri comparti rilevanti per la tutela sanitaria o ambientale, ivi inclusi l'entomofauna utile e altri organismi utili, da possibili fenomeni di contaminazione. Un'area è considerata area vulnerabile quando l'utilizzo al suo interno dei prodotti fitosanitari autorizzati pone in condizioni di rischio le risorse idriche e gli altri comparti ambientali rilevanti. L'allegato prevede due fasi per l'individuazione delle aree vulnerabili: una indagine di riconoscimento (prima individuazione) e un'indagine di maggiore dettaglio (seconda individuazione).

L'indagine preliminare di riconoscimento viene effettuata a larga scala 1:250.000, e comprende, comunque, le aree per le quali le attività di monitoraggio hanno già evidenziato situazioni di compromissione dei corpi idrici sotterranei sulla base degli standard delle acque destinate al consumo. Appare chiaro che l'uso di dati di monitoraggio per individuare le aree vulnerabili debba essere fatto solo in casi di estrema fretta e in situazioni di acclarato deterioramento della qualità delle acque. Infatti il monitoraggio è sempre una fotografia dello status del corpo idrico indagato dovuto ad attività pregresse non utile per una pianificazione territoriale, come quella di definizione di aree vulnerabili.

Un'alternativa molto interessante all'adozione di piani di monitoraggio è quello di integrarli con l'uso di approcci di tipo modellistico. Ovvero utilizzare modelli previsionali per circoscrivere le aree dove effettuare i campionamenti. L'uso di modelli è una pratica già ampiamente diffusa e pure prevista dalla legislazione italiana ed europea, ma ancora pochi sono gli esempi di applicazione di modelli per l'implementazione di piani di monitoraggio. Invece molto più diffuso è il loro uso come previsto dall'allegato 7 per l'individuazione delle aree vulnerabili. Il problema è che spesso sono usati modelli non adatti o non sufficientemente validati. Al riguardo, a livello europeo, esiste un organismo deputato alla razionalizzazione del loro uso e alla certificazione delle loro previsioni, chiamato FOCUS (FORum for the Co-ordination of pesticide fate models and their USe) che come scopo principale ha avuto quello di individuare i modelli più adatti alle previsioni e di uniformare il loro uso.

Questo approccio è stato testato con la Terbutilazina.

