

AperTO - Archivio Istituzionale Open Access dell'Università di Torino

Strumenti di supporto alle decisioni nell'IWM e loro valutazione

This is the author's manuscript

Original Citation:

Availability:

This version is available <http://hdl.handle.net/2318/91046> since

Publisher:

SIRFI

Terms of use:

Open Access

Anyone can freely access the full text of works made available as "Open Access". Works made available under a Creative Commons license can be used according to the terms and conditions of said license. Use of all other works requires consent of the right holder (author or publisher) if not exempted from copyright protection by the applicable law.

(Article begins on next page)

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

atti

**La gestione integrata delle malerbe: un
vincolo o una opportunità per una
produzione economicamente e
ambientalmente sostenibile?**

BOLOGNA, 26 MAGGIO 2011

Convegno organizzato in collaborazione con le “Giornate Fitopatologiche”

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

atti

**La gestione integrata delle malerbe: un
vincolo o una opportunità per una
produzione economicamente e
ambientalmente sostenibile?**

a cura di

FRANCESCO VIDOTTO, MARILISA LETEY e ALDO FERRERO

BOLOGNA, 26 MAGGIO 2011

Convegno organizzato in collaborazione con le “Giornate Fitopatologiche”

Citazione suggerita:

Vidotto F, Letey M, Ferrero A. editors 2011. Atti del XVIII convegno S.I.R.F.I. “La gestione integrata delle malerbe: un vincolo o una opportunità per una produzione economicamente e ambientalmente sostenibile?”, 26 maggio 2011, Bologna, Italy. 169 p.

Stampato da:

Tipografia Fiordo s.r.l., Galliate (NO), Italy

ISBN 978-88-95616-04-9

ISBN editor: SIRFI

L'Unione europea ha recentemente emanato la Direttiva 2009/128/CE sull'Uso Sostenibile dei Pesticidi, un provvedimento legislativo finalizzato alla riduzione dei rischi e dell'impatto sulla salute umana e sull'ambiente di questi prodotti. La direttiva si affianca ad altre iniziative già precedentemente sviluppate, quali ad esempio il Regolamento (CE) n. 1107/09 sull'autorizzazione dei prodotti fitosanitari, nel quadro di un approccio globale alle problematiche connesse alla loro autorizzazione e impiego.

La direttiva sull'uso sostenibile si articola in una serie di linee e provvedimenti, tra cui merita, in particolare, ricordare la definizione di Piani d'Azione Nazionali (nei quali individuare gli obiettivi di riduzione dei rischi e le misure che verranno adottate dagli stati membri per raggiungerli), la formazione obbligatoria degli utilizzatori e degli addetti alla vendita dei prodotti fitosanitari, l'ispezione periodica delle macchine, le misure per la tutela dell'ambiente acquatico, la promozione della gestione biologica e l'applicazione obbligatoria della difesa integrata.

In relazione a quest'ultimo aspetto e, in particolare, per quanto riguarda la gestione delle piante infestanti, questo nuovo approccio operativo renderà necessaria l'adozione di scelte e strategie operative che consentano di razionalizzare l'impiego degli erbicidi nel quadro dell'intero complesso gestionale delle colture. L'introduzione della difesa integrata è una nuova ed importante sfida per tutto il mondo agricolo, che potrà essere affrontata con successo solo alla condizione che si stabilisca un adeguato collegamento tra la ricerca e tutto il sistema della produzione, per la messa a punto di programmi operativi compatibili con gli obiettivi produttivi e di possibile applicazione pratica.

ATTI DEL XVIII CONVEGNO S.I.R.F.I.
**“La gestione integrata delle malerbe: un vincolo o una opportunità per una
produzione economicamente e ambientalmente sostenibile?”**
Bologna, 26 maggio 2011

INDICE

Presentazioni Orali

Il quadro normativo <i>Galassi T., Mazzini F.</i>	1
La gestione integrata delle malerbe (IWM): stato attuale, prospettive e problematiche applicative <i>Ferrero A., Zanin G.</i>	19
Il contributo del diserbo chimico nella gestione integrata delle malerbe <i>Campagna G., Meriggi P., Rapparini G.</i>	41
Gestione della resistenza nel contesto dell'IWM e della nuova normativa europea <i>Sattin M.</i>	103
Strumenti di supporto alle decisioni nell'IWM e loro valutazione <i>Masin R., Vidotto F., Otto S.</i>	117
Agricoltura sostenibile e sostenibilità economica: riflessi economici dell'IPM in casi di studio <i>Lazzarin C., Barnabè D.</i>	139
Indicatori di sostenibilità ambientale delle produzioni agricole e loro applicazione alla gestione integrata delle erbe infestanti <i>Meriggi P., Marino M., Boeri F., Ruggeri M.</i>	155

IL QUADRO NORMATIVO

GALASSI T., MAZZINI F.

*Servizio Fitosanitario Regione Emilia-Romagna
E-mail: galassi@regione.emilia-romagna.it
fmazzini@regione.emilia-romagna.it*

Riassunto

Il settore del diserbo è stato recentemente caratterizzato da una profonda evoluzione del quadro normativo:

- revisione delle sostanze attive (s.a.) in base alla Direttiva 91/414/CEE: il processo di revisione è stato quasi completato, viene esaminato il quadro completo delle s.a. registrate in Italia; al momento sono utilizzabili 103 diserbanti, di cui 10 tuttora in revisione, mentre sono 79 le s.a. non inserite nell'Annex I o comunque non impiegabili in Italia;
- regolamento sull'autorizzazione alla messa in commercio dei prodotti fitosanitari (Regolamento (CE) n. 1107/2009): vengono richiamati i criteri cut-off e viene fatta una sintesi sulle possibili ricadute sul portafoglio dei diserbanti;
- Direttiva 2009/128/CE sull'uso sostenibile dei pesticidi: vengono richiamati i principi ed i criteri IPM, riportati nell'Allegato III, e alcune considerazioni sulla bozza di "Piano d'Azione Nazionale";
- Legge n. 4/11 sull'istituzione del sistema nazionale di produzione integrata che porta a regime il sistema della difesa integrata che in questi anni si è sviluppata in applicazione dei "Piani di Sviluppo Rurale (Regolamento (CEE) n. 2078/1992, 1257/1999 e 1698/2005) e dei Piani Operativi delle Associazioni di produttori nell'ambito dell'OCM ortofrutta (Regolamento (CE) n. 1234/2007).

Parole chiave

Sostanze attive; Uso sostenibile dei pesticidi; Piani d'Azione Nazionali.

Summary

Legislative framework

Many normative changes on the herbicide sector:

Directive 91/414/EEC: the review process was almost completed; the study considered the full picture of the active substances registered in Italy: 103 herbicides are included, 10 are in evaluation and 79 are out;

Regulation (EC) No 1107/2009: the study considered the cut-off criteria and the possible herbicide portfolio consequences;

Directive 2009/128/EC, sustainable use of pesticides: IPM criteria (Annex III) and Italian NAP draft are considered;

Law n.4/11 on the institution of integrate production system. It confirms Italian works in the application of environmental measures (Regulations (EEC) No 2078/1992, 1257/1999 and 1698/2005) and products association activity (Regulation (EC) No 1234/2007).

Keywords

Active substances; Sustainable use of pesticides; National Action Plans.

Nell'ultimo periodo anche il settore del controllo delle infestanti è stato caratterizzato da un'evoluzione del quadro normativo. In particolare, oltre al Regolamento (CE) n. 1185/2009 sui dati statistici dei prodotti fitosanitari e alla Direttiva 2009/127/CE sulle macchine per l'applicazione dei prodotti fitosanitari, vale la pena concentrare l'attenzione su alcuni provvedimenti strategici:

1. revisione delle s.a. in base a quanto previsto dalla Direttiva 91/414/CEE;
2. nuovo regolamento sull'autorizzazione alla messa in commercio dei prodotti fitosanitari (Reg. 1107/2009);
3. prossima applicazione della Direttiva 2009/128/CE sull'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari;
4. nuova Legge n. 4/11 sull'istituzione del sistema nazionale di produzione integrata.

1. Revisione delle s.a. in base a quanto previsto dalla Direttiva 91/414/CEE

Nel corso dell'ultimo anno si è quasi completata la revisione delle s.a. prevista in applicazione della citata direttiva. In particolare sono stati adottati i seguenti provvedimenti:

- s.a. revocate: clorpropham;
- s.a. inserite in Annex I e sospese in Italia fino al 30 settembre 2011: glufosinate ammonio;
- nuove s.a. registrate in Italia: florasulfuron e tritosulfuron;
- prodotti oggetto di ritiro volontario che sono stati positivamente valutati e che sono stati reinseriti in Annex I: ciclossidim, metsulfuron, cletodym, isoxaben e diclofop-methyl;
- prodotti oggetto di ritiro volontario che non sono ancora stati valutati e che quindi dovrebbero vedere sospeso il loro utilizzo a partire dal 31/12/2012: acetoclor, asulam, ethalfluralin, fluazifop-P, oxyfluorfen, terbuthylazine, thiobencarb;
- prodotti che dopo un primo parere sfavorevole, che non aveva consentito il loro inserimento in Annex I, sono stati positivamente rivalutati e inseriti in Annex I, ma non hanno ancora avuto un'autorizzazione all'impiego in Italia: diuron, flurochloridone, haloxyfop-R e quinmerac;
- prodotti che dopo un primo parere sfavorevole, che non aveva consentito il loro inserimento in Annex I, a seguito di un ricorso sono stati riammessi alla valutazione e possono essere utilizzati in Italia: napropamide;

- prodotti che dopo un primo parere sfavorevole, che non aveva consentito il loro inserimento in Annex I, sono ora oggetto di una procedura urgente di rivalutazione: trifluralin, diclobenil, cyanamide e clorati (di Mg, Na e K).

Di conseguenza la situazione dei diserbanti utilizzabili in Italia viene così aggiornata nelle tabelle seguenti.

GRUPPO	Sostanza attiva	Esclusi	Inclusi	Valutazione
Fenossiderivati	Dichlorprop	X		
	2,4 D		X	
	2,4 DB		X	
	Dichlorprop-P		X	
	MCPA		X	
	MCPB		X	
	Mecoprop		X	
	Mecoprop-P		X	
	Totale	1	7	0
Ariossifenossi propionati FOP	Fluazifop	X		
	Haloxifop	X		
	Haloxifop-r	X ¹		
	Quizalofop	X		
	Fenoxaprop	X		
	Clodinafop		X	
	Cyalofof butyl		X	
	Fenoxaprop-p		X	
	Propaquizafop		X	
	Quizalofop-P		X	
	Quizalofop-P-etile		X	
	Diclofof-methyl		X	
	Fluazifop-P			X ²
Totale	5	7	1	
Cicloesenoni - DIM	Setoxydim	X		
	Alloxydim	X		
	Tepaloxymid		X	
	Tralkoxydim		X	
	Clethodim		X	
	Cycloxydim		X	
	Profoxydim		X	
	Totale	2	5	0

segue:

GRUPPO	Sostanza attiva	Esclusi	Inclusi	Valutazione
Derivati dell'urea	Cycluron	X		
	Diuron	X ¹		
	Ethidimuron	X		
	Benzthiazuron	X		
	Metobromuron	X		
	Metoxuron	X		
	Monolinuron	X		
	Neburon	X		
	Chlorotoluron		X	
	Isoproturon		X	
	Linuron		X	
		Totale	8	3
Imidazolinoni	Imazamethabenz	X		
	Imazapyr	X		
	Imazethabenz	X		
	Imazethapyr	X		
	Imazamox		X	
		Totale	4	1
Triazine	Ametryn	X		
	Atrazina	X		
	Cyanazine	X		
	Desmetryne	X		
	Methoprothryne	X		
	Prometryne	X		
	Secbumeton	X		
	Simazina	X		
	Terbumeton	X		
	Terbutryn	X		
	Terbuthylazine			X ²
	Totale	10	0	1
Triazine asimmetriche	Hexazinone	X		
	Metribuzin		X	
	Metamitron		X	
		Totale	1	2

segue:

GRUPPO	Sostanza attiva	Esclusi	Inclusi	Valutazione
Ammidi	Chlorthiamid	X		
	Dimethenamide	X		
	Diphenamide	X		
	Diclobenil	X		
	Dimethenamide-P		X	
	Napropamide		X	
	Propyzamide		X	
	Isoxaben		X	
	Totale	4	4	0
Carbammati e Tiocarbammati	Butylate	X		
	Chlorbufam	X		
	Epte	X		
	Tiocarbazil	X		
	Propanil	X		
	Chlorpropham		X	
	Desmedipham		X	
	Molinate		X	
	Phenmedipham		X	
	Prosulfocarb		X	
	Asulam			X ²
	Thiobencarb			X ²
Totale	5	5	2	
Cloroacetanilidi	Alachlor	X		
	Metolachlor	X		
	Pretilachlor	X		
	Dimethamide	X		
	Propachlor	X		
	Flufenacet		X	
	S-Metolaclor		X	
	Metazachlor		X	
	Acetochlor			X ²
	Totale	5	3	1
Diazine	Bentazone		X	
	Pyridate		X	
	Chloridazon		X	
	Lenacil		X	
	Bromacil	X		
	Totale	1	4	0

segue:

GRUPPO	Sostanza attiva	Esclusi	Inclusi	Valutazione
Fosfororganici	Fosamine	X		
	Glufosinate ammonio	X ¹		
	Glyfosate		X	
	Totale	2	1	0
DEN	Pinoxaden			X
	Totale	0	0	1
Triazolo Pirimidine	Florasulam		X	
	Metosulam		X	
	Penoxulam		X	
	Totale	0	3	0
Piridine	Fluroxypyr		X	
	Clopyralid		X	
	Triclopyr		X	
	Pycloram		X	
	Totale	0	4	0
Idrossibenzonitrili	Bromoxynil		X	
	Ioxynil		X	
	Totale	0	2	0
Trichetoni	Sulcotrione		X	
	Mesotrione		X	
	Totale	0	2	0
Nitroderivati	Acyfluorfen	X		
	Bromofenoxim	X		
	Fomesafen	X		
	Dinitramine	X		
	Isopropalin	X		
	Trifluralin	X		
	Aclonifen		X	
	Benfluralin		X	
	Bifenox		X	
	Pendimetalin		X	
	Oxyfluorfen			X ²
	Ethalfuralin			X ²
Totale	6	4	2	

segue:

GRUPPO	Sostanza attiva	Esclusi	Inclusi	Valutazione
Solfoniluree	Cinosulfuron	X		
	Primisulfuron	X		
	Amidosulfuron		X	
	Azimsulfuron		X	
	Bensulfuron		X	
	Chlorsulfuron		X	
	Ethoxysulfuron		X	
	Flazasulfuron		X	
	Flupyrsulfuron methyl		X	
	Florasulam		X	
	Floramsulfuron		X	
	Imazosulfuron		X	
	Iodosulfuron-methyl-sodium		X	
	Bispyripac sodium		X	
	Mesosulfuron		X	
	Metsulfuron		X	
	Nicosulfuron		X	
	Oxasulfuron		X	
	Prosulfuron		X	
	Rimsulfuron		X	
	Sulfosulfuron		X	
	Thifensulfuron		X	
	Triasulfuron		X	
	Tribenuron		X	
	Triflusulfuron		X	
	Tritosulfuron		X	
	Halosulfuron methyl			X
Orthosulfamuron			X	
	Totale	2	24	2

segue:

GRUPPO	Sostanza attiva	Esclusi	Inclusi	Valutazione	
Altri	Flurenol	X			
	Fluridone	X			
	Naptalam	X			
	Paraquat	X			
	Perfluidone	X			
	Quinclorac	X			
	TCA	X			
	Tridiphane	X			
	Pyrazoxyfen	X			
	2,3,6 - TBA	X			
	Allyl Alcohol	X			
	Benzoylprop	X			
	Chlorfenprop	X			
	Chlorthal-dimethyl	X			
	Cycloate	X			
	Dalapon	X			
	Difenzoquat	X			
	Dimepiperate	X			
	Endothal	X			
	Flamprop	X			
	Flamprop-M	X			
	Clomazone			X	
	Dicamba			X	
	Flurtamone			X	
	Ethofumesate			X	
	Isoxaflutole			X	
	Oxadiargyl			X	
	Oxadiazon			X	
	Picolinafen			X	
	Prosulfocarb			X	
	Cinidon ethyle			X	
	Carfentrazone			X	
	Pyraflufen ethyle			X	
	Flurochloridone	X ¹			
	Quinmerac	X ¹			
		Totale	23	12	0

1: Sostanze attive favorevolmente rivalutate e inserite in Annex I. Attualmente non sono presenti prodotti autorizzati per l'Italia. 2: Sostanze attive oggetto di ritiro volontario, utilizzabili fino al 31/12/2012 e per le quali è in corso la rivalutazione.

In relazione ai diversi gruppi la situazione dei diserbanti si può quindi sintetizzare nella tabella seguente.

DISERBANTI						
GRUPPI	IN	OUT	Ritiro volontario	Nuovi in valutazione	Totale disponibilità	Totale
Ammidi	4	4			4	8
Carbammati e Tiocarbammati	5	5	2		7	12
Cloroacetanilide	3	5	1		4	9
Arilossifenpropionati FOP	7	5	1		8	13
Cicloesanoni DIM	5	2			5	7
Dervati dell'urea	3	8			3	11
DEN				1	1	1
Diazine	4	1			4	5
Fenossiderivati	7	1			7	8
Fosfororganici	1	2			1	3
Imidazolinoni	1	4			1	5
Idrossibenzonitrili	2				2	2
Nitroderivati	4	6	2		6	12
Piridine	4				4	4
Triazine		10	1		1	11
Triazine asimmetriche	2	1			2	3
Triazolo pirimidine	3				3	3
Trichetoni	2				2	2
Solfoniluree	24	2		2	26	28
Altri	12	23			12	35
GRUPPI	93	79¹	7	3	103	182

1: Per quattro sostanze attive inserite in Annex I attualmente non sono presenti prodotti autorizzati per l'Italia (per i dettagli, si vedano le tabelle precedenti).

2. Regolamento sull'autorizzazione alla messa in commercio dei prodotti fitosanitari (Regolamento (CE) n. 1107/2009)

Molteplici sono le modifiche che saranno introdotte con il nuovo Reg. 1107/09 che entrerà in vigore il prossimo 14 giugno 2011. In particolare è proposto un nuovo sistema di valutazione, il quale determinerà che alcune sostanze attive non potranno più essere inserite in Annex I (cut-off) o che queste potranno essere inserite in una lista di prodotti candidati alla sostituzione. Le s.a. inserite in quest'ultima lista dovranno essere oggetto di periodiche valutazioni comparative per valutarne l'indispensabilità.

Alcuni dei criteri di valutazione con i quali ogni s.a. dovrà essere valutata sono ancora in fase di definizione. Al momento i parametri considerati sono:

Impatto sulla salute umana

Una sostanza attiva può essere approvata soltanto se:

- non è classificata come mutagena di categoria 1A o 1B (corrispondente a Cat. 1 e Cat. 2 mutagenesi);
- non è classificata come cancerogena di categoria 1A o 1B (corrispondente a Cat.1 e Cat. 2 cancerogenesi);
- non è classificata come tossica per la riproduzione di categoria 1A o 1B (corrispondente a Cat. 1 e Cat. 2 teratogenesi e fertilità);
- non è classificata come interferente endocrino (EDs), ossia quando non sono soddisfatte simultaneamente le seguenti classificazioni:
 - Cat. 2 cancerogenesi (R40) e Cat. 2 riproduzione (R62 e R63);
 - Cat. 2 riproduzione (R62 e R63) ed effetti tossici sugli organi endocrini.

Destino e comportamento ambientale

a) Una sostanza attiva, è approvata soltanto se non è considerata inquinante organico persistente (Persistent Organic Pollutant, POP). Una sostanza attiva è considerata POP se soddisfa contemporaneamente tutti e tre i seguenti criteri:

- **Persistenza**

Una sostanza attiva soddisfa tale criterio se:

- il DT₅₀ acqua è superiore a 2 mesi, oppure
- il DT₅₀ suolo è superiore a 6 mesi, oppure
- il DT₅₀ sedimenti è superiore a 6 mesi.

- **Bioaccumulo**

Una sostanza attiva soddisfa tale criterio se:

- il fattore di bioconcentrazione (BCF) o di bioaccumulo (BAF) nelle specie acquatiche è maggiore di 5000 o, in assenza di tali dati, se il coefficiente di ripartizione n-ottanolo/acqua (log Kow) è maggiore di 5, oppure
- ci sia evidenza di una elevata capacità di bioaccumulo in altri organismi non-bersaglio, di una elevata tossicità o di una elevata ecotossicità.

- Capacità di trasporto transfrontaliero

Una sostanza attiva soddisfa tale criterio se:

 - i livelli della sostanza attiva misurati in luoghi distanti dalle fonti di emissione sono potenzialmente preoccupanti, oppure
 - i dati di monitoraggio mostrano che può essersi verificato un trasporto ambientale a lunga distanza della sostanza attiva attraverso l'aria, l'acqua o le specie migratorie, oppure
 - le proprietà che definiscono il destino ambientale e/o i risultati dei modelli dimostrano che la sostanza attiva, possiede una capacità di trasporto transfrontaliero.

Per il comparto aria, una sostanza attiva migra in modo significativo se il suo DT₅₀ aria è superiore a 2 giorni.

b) Una sostanza attiva è approvata soltanto se non è considerata persistente, bioaccumulabile e tossica (PBT). Una sostanza attiva è considerata PBT se soddisfa contemporaneamente tutti e tre i seguenti criteri:

- Persistenza

Una sostanza attiva soddisfa tale criterio se:

 - il DT₅₀ acqua marina è superiore a 60 giorni, oppure
 - il DT₅₀ acqua dolce o di estuario è superiore a 40 giorni, oppure
 - il DT₅₀ sedimenti marini è superiore a 180 giorni, oppure
 - il DT₅₀ sedimenti di acqua dolce o di estuario è superiore a 120 giorni, oppure
 - il DT₅₀ suolo è superiore a 120 giorni.
- Bioaccumulo

Una sostanza attiva soddisfa tale criterio se:

 - il fattore di bioconcentrazione (BCF) è superiore a 2000. La valutazione del bioaccumulo si basa su dati riguardanti il BCF su specie acquatiche.
- Tossicità

Una sostanza attiva è tossica se:

 - il NOEC per gli organismi acquatici (marini o d'acqua dolce) è inferiore a 0,01 mg/l, oppure
 - la sostanza attiva è classificata come cancerogena (Cat. 1A o 1B), mutagena (Cat. 1A o 1B) o tossica per la riproduzione (Cat. 1A, 1B o 2), oppure

- vi sono altre prove di tossicità cronica, identificata dalle classificazione STOT RE1 o STOT RE2. La classificazione STOT RE1 (frase H372) identifica sostanze che provocano danni agli organi in caso di esposizione prolungata o ripetuta (corrispondente alle attuali frasi di rischio R48/23, R48/24, R48/25). La classificazione STOT RE2 (frase H373) identifica sostanze che possono provocare danni agli organi in caso di esposizione prolungata o ripetuta (corrispondente alle attuali frasi di rischio R48/20, R48/21, R48/22 e R33).

c) Una sostanza attiva, è approvata soltanto se non è considerata molto persistente e molto bioaccumulabile (vPvB). Una sostanza è considerata vPvB se soddisfa i seguenti criteri:

- **Persistenza**
Una sostanza attiva è “molto persistente” se:
 - il DT50 acqua marina, d’acqua dolce o di estuario è superiore a 60 giorni, oppure
 - il DT50 sedimenti marini, d’acqua dolce o di estuario è superiore a 180 giorni, oppure
 - il DT50 suolo è superiore a 180 giorni.
- **Bioaccumulo**
 - Una sostanza attiva è “molto bioaccumulabile” se il suo fattore di bioconcentrazione (BCF) è superiore a 5000.

Criteria per l’individuazione di sostanze attive candidate alla sostituzione

Una sostanza attiva viene definita “sostanza candidata alla sostituzione” se è verificata una delle seguenti condizioni:

1. la sua ADI, la sua ARfD o il suo AOEL sono significativamente inferiori a quelli della maggior parte delle sostanze attive approvate nell’ambito di gruppi di sostanze/categorie d’impiego;
2. soddisfa due dei criteri che definiscono una sostanza PBT;
3. suscita preoccupazioni legate alla natura degli effetti critici (ad esempio effetti neurotossici o immunotossici sullo sviluppo) che, in combinazione con il tipo di utilizzo/esposizione, determinano situazioni d’uso che potrebbero restare preoccupanti, ad esempio hanno un elevato potenziale di rischio per le acque di falda, anche con misure molto restrittive per la gestione del rischio (come completo uso dei Dispositivi di Protezione Personale (DPI) o zone buffer molto ampie);

4. contiene una proporzione significativa d'isomeri non attivi;
5. è o deve essere classificata come cancerogena di Cat. 1A o 1B, ma non esclusa secondo i criteri di cut-off perché l'esposizione umana, in condizioni realistiche di uso, proposto per la sostanza attiva, è trascurabile;
6. è o deve essere classificata come tossica per la riproduzione Cat. 1A o 1B, ma non esclusa secondo i criteri di cut-off perché l'esposizione umana in condizioni realistiche di uso, proposto per la sostanza attiva, è trascurabile;
7. è classificata come interferente endocrino (EDs), ma non esclusa secondo i criteri di cut-off perché l'esposizione umana in condizioni realistiche di uso, proposto per la sostanza attiva, è trascurabile.

Al momento vi è ancora incertezza sui parametri con i quali individuare le sostanze EDs che per il momento verranno valutate con criteri provvisori che dovrebbero essere superati con criteri definitivi a partire dal 2013.

Chiaramente c'è ancora una certa incertezza su come usciranno i diserbanti da questo nuovo processo di valutazione.

Pochi sono gli studi di simulazione al momento disponibili. Sicuramente molto interessanti gli studi condotti a livello italiano dall'Enea, dal PSD in Gran Bretagna e dal Kemi in Svezia.

Delle 103 s.a. attualmente disponibili in Italia come diserbanti, potrebbero intercettare criteri cut-off una quarantina:

- prodotti cut-off: 7 secondo Kemi, 6 secondo PSD e 8 secondo Enea;
- prodotti candidati alla sostituzione: 18 secondo PSD e 18 secondo Enea; Kemi non ha fatto questa valutazione;
- prodotti incerti: 8 secondo PSD;
- prodotti incerti: 3 candidati alla sostituzione che potrebbero essere cut-off secondo Enea;
- prodotti incerti: 9 possibili cut-off secondo Enea.

3. Direttiva 2009/128/CE sull'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari

Molteplici sono gli interventi che vengono proposti ed introdotti con questa nuova direttiva:

- formazione degli utilizzatori professionali, dei consulenti e dei distributori di prodotti fitosanitari e obbligo di specifiche autorizzazioni per chi procede alla vendita, all'acquisto e all'utilizzo di prodotti fitosanitari;

- controllo funzionale delle macchine irroratrici di prodotti fitosanitari;
- divieto di irrorazione aerea;
- misure specifiche per la tutela dell'ambiente acquatico e dell'acqua potabile e per la riduzione dell'uso dei prodotti fitosanitari o dei rischi in aree specifiche;
- obbligo di predisporre programmi di informazione e di comunicazione sui rischi derivanti dall'applicazione dei prodotti fitosanitari;
- corretta manipolazione e stoccaggio dei pesticidi e trattamento dei relativi imballaggi e rimanenze;
- obbligo di applicare la difesa integrata da parte di tutte le aziende agricole.

La direttiva fissa inoltre in uno specifico allegato, il terzo, i principi dell'IPM:

- 1. La prevenzione e/o la soppressione di organismi nocivi dovrebbero essere perseguite o favorite in particolare da:
 - rotazione colturale;
 - utilizzo di tecniche colturali adeguate (ad esempio falsa semina, date e densità della semina, sottosemina, lavorazione conservativa, potatura e semina diretta);
 - utilizzo, ove appropriato, di «cultivar» resistenti/tolleranti e di sementi e materiale di moltiplicazione standard/certificati;
 - utilizzo di pratiche equilibrate di fertilizzazione, calcitazione e di irrigazione/drenaggio;
 - prevenzione della diffusione di organismi nocivi mediante misure igieniche (per esempio mediante pulitura regolare delle macchine e attrezzature);
 - protezione e accrescimento di popolazioni di importanti organismi utili, per esempio attraverso adeguate misure fitosanitarie;
 - l'utilizzo di infrastrutture ecologiche all'interno e all'esterno dei siti di produzione.
- 2. Gli organismi nocivi devono essere monitorati con metodi e strumenti adeguati, ove disponibili. Tali strumenti adeguati dovrebbero includere, ove possibile, osservazioni sul campo nonché sistemi di allerta, previsione e diagnosi precoce scientificamente validi, così come l'utilizzo di pareri di consulenti qualificati professionalmente.
- 3. In base ai risultati del monitoraggio, l'utilizzatore professionale deve decidere se e quando applicare misure fitosanitarie. Valori soglia scientificamente attendibili e validi costituiscono elementi essenziali ai fini delle decisioni da prendere. Per gli organismi nocivi, i valori soglia definiti per la regione, aree e colture specifiche e

condizioni climatiche particolari devono essere presi in considerazione, ove possibile, prima del trattamento.

- 4. Ai metodi chimici devono essere preferiti metodi biologici sostenibili, mezzi fisici e altri metodi non chimici se consentono un adeguato controllo degli organismi nocivi.
- 5. I pesticidi sono quanto più possibile selettivi rispetto agli organismi da combattere e hanno minimi effetti sulla salute umana, gli organismi non bersaglio e l'ambiente.
- 6. L'utilizzatore professionale dovrebbe mantenere l'utilizzo di pesticidi e di altre forme d'intervento ai livelli necessari, per esempio utilizzando dosi ridotte, riducendo la frequenza dei trattamenti o ricorrendo a trattamenti parziali, avendo cura che il livello di rischio per la vegetazione sia accettabile e che non aumenti il rischio di sviluppo di meccanismi di resistenza in popolazioni di organismi nocivi.
- 7. Ove il rischio di resistenza a una misura fitosanitaria sia conosciuto e il livello di organismi nocivi richieda trattamenti ripetuti di pesticidi sulla coltura, le strategie antiresistenza disponibili dovrebbero essere messe in atto per mantenere l'efficacia dei prodotti. Ciò può includere l'utilizzo di diversi pesticidi con diversi modi di azione.
- 8. Sulla base dei dati relativi all'utilizzo dei pesticidi e del monitoraggio di organismi nocivi, l'utilizzatore professionale dovrebbe verificare il grado di successo delle misure fitosanitarie applicate.

Particolarmente nutrito il calendario con le scadenze applicative: la nuova direttiva è stata adottata il 24/11/2009 e dovrà essere recepita da tutti i Paesi Membri della UE entro il 24/11/2011; entro il 24/11/2012 ogni Paese dovrà definire un proprio Piano d'Azione Nazionale (PAN); entro il primo gennaio 2014 tutte le aziende agricole dovranno applicare la difesa integrata utilizzando supporti che dovranno essere predisposti dagli Stati Membri entro il 30 giugno 2013.

In Italia i Ministeri competenti stanno lavorando alla definizione del recepimento della direttiva, e si stanno attivando per definire il Piano d'azione Nazionale sulla base di una prima bozza predisposta nell'ottobre del 2009. Secondo la bozza di PAN la difesa integrata potrebbe essere applicata su due livelli applicativi:

- un livello di IPM base obbligatorio per tutte le aziende con l'applicazione dei criteri previsti dall'allegato III della Direttiva 2009/128/CE;
- un livello di IPM avanzato, volontario con la possibile concessione di aiuti nell'ambito di nuovi progetti comunitari (PSR o OCM) con la scelta dei prodotti fitosanitari, inizialmente secondo i criteri definiti dalla Decisione UE 3864/96 (attualmente utilizzati in Italia per

l'applicazione dell'IPM nell'ambito dei PSR e degli interventi OCM) e poi selezionando o escludendo i prodotti che, secondo i criteri precedentemente richiamati del Reg. (CE) 1107/09, dovessero essere definiti come “cut-off” e/o “Candidati alla sostituzione”.

Per quel che riguarda il livello base la bozza di PAN prevede il potenziamento di servizi di supporto (monitoraggio dei parassiti, sistemi di previsione e avvertimento sullo sviluppo dei parassiti, bollettini territoriali IPM e programmi di informazione per i produttori agricoli) e la realizzazione di diversi manuali:

- Soluzioni Tecniche per un'agricoltura eco-sostenibile;
- Gestione delle colture con strategie eco-sostenibili;
- Agricoltura biologica.

Per quel che riguarda il livello avanzato la bozza di PAN prevede che oltre al potenziamento dei servizi di supporto, richiamati per il livello base, si operi con la definizione di specifici disciplinari di difesa integrata che rappresentino la sostanziale continuazione delle attività di sostegno alla difesa integrata che si sono sviluppati in Italia negli ultimi 15 anni nell'ambito dei PSR e degli OCM.

4. Legge n. 4/11 – Istituzione del sistema nazionale di produzione integrata

La Legge n. 4 del 3 febbraio 2011, pubblicata sulla GU n. 41 del 19-2-2011, relativa a “Disposizioni in materia di etichettatura e di qualità dei prodotti alimentari”, prevede ai commi 3, 4, 5 e 6 dell'articolo 2, la istituzione del Sistema di qualità nazionale di produzione integrata. Tale provvedimento porta a regime il sistema della difesa integrata che in questi anni era stato garantito dal funzionamento del Comitato nazionale difesa integrata, ora Gruppo Difesa Integrata, che aveva prodotto le “Linee Guida Nazionali di Difesa Integrata” e la relativa verifica di tutte le norme tecniche predisposte dalle singole Regioni e Provincie Autonome.

Ora non ci potrà più essere confusione ed il sistema nazionale di produzione integrata, nell'ambito del quale si inserisce la difesa integrata, è formalmente definito e costituito.

Conclusioni

Il quadro normativo è quindi in costante evoluzione e finalmente si stanno portando a regime tante iniziative che, autonomamente, il nostro Paese aveva sviluppato negli ultimi anni. Le sfide sono sempre più difficili, ma le prospettive sono di sicuro interesse.

Molto importante è che il sistema agricolo si prepari ad affrontare i nuovi impegni in modo coeso per trasformare costruttivamente i problemi futuri in un'opportunità attraverso la quale valorizzare l'agricoltura italiana che da sempre si è impegnata per lo sviluppo di un'agricoltura sostenibile ed ecocompatibile.

Bibliografia

Direttiva 2009/128/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 21 ottobre 2009, che istituisce un quadro per l'azione comunitaria ai fini dell'utilizzo sostenibile dei pesticidi (Testo rilevante ai fini del SEE), GU L 309 del 24.11.2009, pp. 71-86.

Direttiva 91/414/CEE del Consiglio, del 15 luglio 1991, relativa all'immissione in commercio dei prodotti fitosanitari, GU L 230 del 19.8.1991, 32 p.

Forbes VE, Hommen U, Thorbek P, Heimbach F, van den Brink PJ, Wogram J, Thulke HH, Grimm V (2009). Ecological models in support of regulatory risk assessments of pesticides: developing a strategy for the future. *Integrated Environmental Assessment and Management* 5 (1): 167-172.

Mazzini F, Rosso M (2010). Aggiornamento del quadro normativo degli agrofarmaci. *Intervento Convegno Giornate Fitopatologiche*, Cervia (Italia).

PSD (Safety for people and environmental) (2008). *Revised assessment of the impact on crop protection in the UK of the 'cut-off criteria' and substitution provisions in the proposed Regulation of the European Parliament and of the Council concerning the placing of plant protection products on the market*. Green York (United Kingdom).

Rapagnani MR, Magliuolo M, Picciolo M (2010). Valutazione dell'impatto dei criteri di cut-off e di individuazione delle sostanze candidate alla sostituzione sulla futura disponibilità delle sostanze attive fitosanitarie nei programmi di difesa integrata della Regione Emilia-Romagna. *Intervento Convegno Prodotti fitosanitari: effetti dei nuovi provvedimenti europei*, Ferrara (Italia).

Regolamento (CE) n. 1107/2009 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 21 ottobre 2009, relativo all'immissione sul mercato dei prodotti fitosanitari e che abroga le direttive del Consiglio 79/117/CEE e 91/414/CEE, GU L 309 del 24.11.2009, 50 p.

Saglia AA, Galassi T (2010). L'evoluzione della disponibilità dei principi attivi nel settore della lotta contro le piante infestanti. *Intervento Convegno Giornate Fitopatologiche*, Cervia (Italia).

LA GESTIONE INTEGRATA DELLE MALERBE (IWM): STATO ATTUALE, PROBLEMATICHE APPLICATIVE

FERRERO A.¹, ZANIN G.²

1. Dipartimento di Agronomia, Selvicoltura e Gestione del territorio, Università di Torino

2. Dipartimento di Agronomia Ambientale e Produzioni Vegetali, Università di Padova

E-mail: aldo.ferrero@unito.it

Riassunto

La gestione delle malerbe è una pratica fondamentale per il raggiungimento di elevati livelli produttivi, realizzata in questi ultimi decenni principalmente mediante il ricorso ai diserbanti. Questi prodotti sono stati favoriti nella loro diffusione da una buona efficacia e semplicità d'impiego, ma hanno determinato in alcune situazioni lo sviluppo di problemi agronomici ed ambientali, rappresentati dallo sviluppo flore di compensazione e di popolazioni resistenti e da episodi di contaminazione delle acque. Una possibile soluzione a queste problematiche è rappresentata dall'IWM (Integrated Weed Management), una strategia di gestione delle malerbe basata sulla combinazione di misure proattive e reattive rappresentate prevalentemente da mezzi colturali, genetici, biologici, meccanici e chimici. La messa a punto dei programmi IWM richiede una buona conoscenza della biologia delle malerbe, dei loro rapporti competitivi con le colture e dei diversi strumenti di lotta applicabili, chimici e non chimici. L'IWM è stato accolto con grande interesse dalla comunità scientifica, dai servizi tecnici pubblici, dai politici e dall'opinione pubblica, ma ha avuto un certo seguito tra gli agricoltori solo per le forme più semplificate, legate all'impiego di misure reattive, quali ad esempio il diserbo localizzato sulla fila e la tecnica delle dosi molto ridotte. Pressoché nullo, a livello applicativo è risultato, invece, nel nostro paese l'interesse per le forme più avanzate di IWM, come ad esempio i Sistemi Esperti e i Sistemi di Aiuto alle Decisioni. Le ragioni del mancato successo di questi sistemi sono principalmente legate alla loro maggiore complessità rispetto alla gestione tradizionale e alla conseguente necessità di disporre di maggiori conoscenze, oltre che alla mancanza di un adeguato incentivo economico. Un esempio positivo di supporto all'applicazione dell'IWM è rappresentato in Italia dalla costituzione del Gruppo Italiano di Ricerca sulla Resistenza (GIRE), grazie alla fattiva collaborazione fra ricercatori di organismi pubblici e privati, tecnici dell'industria agro-chimica e dei servizi di assistenza tecnica e agricoltori.

Parole chiave

Biologia delle malerbe; Sistemi esperti; Sistemi di aiuto alle decisioni; Diserbo localizzato; DMR; GestInf; AlertInf; GIRE.

Summary

Integrated weed management (IWM): recent status, perspectives and application problems

Weed management is fundamental practice to obtain high yield levels, which in the last decades has mainly been done by means of herbicides. The development of herbicides has been favored in the last decades by their good efficacy and ease of application, but generated also a series of agronomical and environmental issues represented by the development of selection flora, weed resistance and cases of water contamination. One of the possible solutions to these problems is the adoption of the Integrated Weed Management (IWM), a strategy of weed management based on the combination of proactive and reactive measures, mainly represented by cultural, genetic, biological, mechanical and chemical means. The development of IWM needs a good knowledge of the biology of the weeds, their competitive relationships with crops, and different and chemical and non-chemical means of control. IWM had a good success among researchers, public technical services, politicians and public opinion, but just caught on appreciably at farmer level only with simple tools, related to reactive measures, like the localised chemical weed control and RHR (Reduced Herbicide Rates) technique. Quite totally unsuccessful had been, in Italy, more advanced tools, such as expert systems and decision support systems. The limited development of this IWM approach in weed management is mainly related to a higher complexity in comparison with conventional management, a need of greater knowledge, and a lack of financial support. An example of a positive support to IWM application in Italy is represented by constitution of GIRE (Group of Research on Resistance), thanks to the very active collaboration between farmers, researchers from public and private organisms, technician from agrichemical companies and technical services.

Keywords

Weed biology; Expert systems; Decision support systems; Localized chemical weed control; Reduced herbicide rates; GestInf; AlertInf; GIRE.

*tosto si vedrà de la ricolta
de la mala coltura, quando il loglio
si lagnerà che l'arca li sia tolta*

Dante, Paradiso, XII, 118-120

Origine e sviluppo di un approccio sostenibile

L'agricoltura del nostro paese, come più in generale quella di tutto il pianeta è stata caratterizzata in questi ultimi decenni da un crescente aumento dei costi di produzione e da una sensibile riduzione della superficie coltivabile (soprattutto a seguito del crescente sviluppo dell'urbanizzazione). Si è assistito parallelamente, anche, alla richiesta di produzioni agricole con sempre più elevati standard qualitativi ed ottenute con tecniche rispettose

dell'ambiente. In tale scenario, per il raggiungimento di questi obiettivi la malerbologia riveste un ruolo di primo piano.

L'esigenza fortemente avvertita dalla società civile di stimolare lo sviluppo di produzioni agricole di qualità e rispettose dell'ambiente ha trovato una concreta espressione nella definizione degli obiettivi dell'agricoltura sostenibile data da Schaller (1993): *“conservare le risorse naturali e proteggere l'ambiente per tempi indeterminati, accrescere la salute e la sicurezza delle popolazioni e produrre quantità adeguate di alimenti, con profitto per gli agricoltori”*.

In relazione a queste esigenze si sono parallelamente introdotte disposizioni legislative che hanno via, via determinato cambiamenti sostanziali nella gestione della lotta alle malerbe e, più in generale, di tutta la difesa delle colture agrarie. In queste condizioni gli agronomi ed i malerbologi hanno cercato di individuare soluzioni in grado di conciliare gli obiettivi produttivi dell'agricoltore con i vincoli dettati dalle norme legislative.

Quantificare i danni economici derivanti dalle malerbe in una coltura non è sempre facile, poiché l'effetto delle infestanti in un campo non si manifesta sulla coltura con segni palesi come in presenza di attacchi fungini o di fitofagi.

L'entomologia e la patologia vegetale si sono sviluppate prima della malerbologia, e con maggiore rapidità, anche a seguito della maggiore facilità di individuare gli strumenti da adottare per contrastare un agente dannoso (batterio, fungo o insetto) ben preciso e circoscritto, isolabile, identificabile (Zimdhal, 1991). Per contro, il rapporto “causa-effetto” tra presenza delle malerbe nella coltura e contrazione della resa unitaria non è altrettanto diretto ed in ogni caso variabile tra le diverse specie (Sattin, 1997).

Si calcola che le perdite economiche dovute alla presenza delle infestanti nelle colture, nonostante i provvedimenti adottati, si attestino, a livello mondiale, intorno al 13% (Zoschke e Quadranti, 2002), valore che si eleverebbe complessivamente al 34% (Oerke, 2006) se non venissero adottate le misure di contenimento attualmente già messe in atto. Non dissimile è la situazione nel nostro paese, dove sono state stimate del 23-30% nel grano, del 34-37% nel mais, del 33% nella soia, del 50% nella bietola (Zanin *et al.*, 1992) e perdite superiori al 50% nel riso (Vidotto e Ferrero, 2009). In queste condizioni, la produzione agraria, per essere economicamente sostenibile, non può, quindi, prescindere dal controllo delle malerbe.

I diserbanti, introdotti in Italia verso la metà degli anni '50, hanno avuto in breve tempo una diffusione su ampia scala su tutte le principali colture del nostro paese, grazie alla semplicità applicativa, alla affidabilità e in molti casi alla relativa economicità. Utilizzati per molti anni come principale e spesso unico mezzo per la lotta alle malerbe, questi prodotti hanno

gradualmente portato allo sviluppo di una serie di problemi agronomici ed ambientali, principalmente rappresentati dalla comparsa e sviluppo di flore di compensazione e di popolazioni resistenti e da episodi di contaminazione delle acque superficiali e profonde. La diffusione di queste problematiche nella gestione delle malerbe e, più in generale, nella difesa delle colture, ha ben presto indotto l'opinione pubblica e una parte della comunità scientifica ad interrogarsi sull'opportunità di modificare le pratiche gestionali delle colture agrarie, con particolare attenzione ai protocolli adottati nella difesa. In un suo intervento alla Conferenza di Strasburgo nel 2001, l'allora Presidente della Commissione europea Romano Prodi ebbe a sottolineare l'esigenza di adottare forme di agricoltura più compatibili con la salvaguardia della salute e della tutela dell'ambiente con queste parole: *“Se in passato lo sviluppo sostenibile è stato considerato un lusso, oggi la crescente consapevolezza di gravi problemi impone un'inversione di rotta prima che sia troppo tardi”* (Prodi, 2001).

Il *know how* dei malerbologi, origine e fondamento di una corretta gestione delle malerbe

Le principali difficoltà nell'adozione dei nuovi indirizzi produttivi sono legate all'esigenza di salvaguardare la redditività della produzione agricola riducendo, ove possibile, il ricorso a fattori di produzione non rinnovabili (concimi, agrofarmaci, carburanti) (Tilman *et al.*, 2002). In queste condizioni i malerbologi sono stati investiti del compito di proporre accorgimenti e strategie in grado di razionalizzare la gestione delle malerbe, limitando il ricorso al mezzo chimico. Particolarmente significativi sono stati, a questo riguardo, gli studi volti ad aumentare le conoscenze sui meccanismi biologici che regolano i rapporti fra piante infestanti e gli altri elementi dell'agro-ecosistema. Considerazioni di carattere agronomico e studi eco-fisiologici relativi alle specie infestanti, via, via affiancati da conoscenze sul comportamento ambientale dei diserbanti, hanno portato gradualmente alla messa a punto di strategie di contenimento delle malerbe articolate, basate principalmente sulla integrazione delle pratiche agronomiche con i mezzi chimici di lotta. Si è seguito a tal fine un approccio di tipo olistico, dove cognizioni e apprendimenti sia teorici, sia applicativi, tratti da discipline quali la botanica, la genetica, l'ecologia, la biologia molecolare, la fisiologia, la chimica e biochimica, la matematica, e l'informatica, contribuiscono, influenzandosi e integrandosi fra di loro, a delineare una corretta ed efficace strategia di gestione delle malerbe (Sattin, 1997).

La conoscenza approfondita della biologia delle piante infestanti e dei principi ecologici che regolano gli agro-ecosistemi costituisce il supporto teorico richiesto ai malerbologi affinché forniscano efficaci soluzioni al contenimento delle infestanti nel medio-lungo periodo. La

gestione corretta delle malerbe è, infatti, una strategia operativa basata sulla prevenzione, non una tattica legata alla contingenza, risoltrice del danno immediato, ma priva di lungimiranza (Sattin, 1997; Ferron e Deguine, 2005). Alla base di questo concetto si colloca la consapevolezza della dinamicità degli agro-ecosistemi.

La sfida dei malerbolgi si concentra, oggi, sull'adeguamento dei metodi di lotta ai continui cambiamenti dell'insieme coltura-pianta spontanea-ambiente: un *work in progress* senza limiti temporali definiti, volto a prevedere e prevenire, non a inseguire i problemi conseguenti all'evoluzione della flora infestante, delle colture, delle tecniche agronomiche e dei mezzi di lotta. Con questo approccio si mira, infatti, ad interrompere quel circolo vizioso "erbicidi-meccanismi di resistenza-evoluzione della flora infestante", che prende avvio a seguito all'impiego prolungato di erbicidi con meccanismi di azione simili. L'evoluzione floristica è largamente attribuibile ai fenomeni di compensazione messi in atto dalle associazioni floristiche come conseguenza della sempre più spinta selettività degli erbicidi utilizzati nella monosuccessione colturale. Il cambiamento del quadro malerbologico non è solo correlato alla variazione della disponibilità sul mercato dei diserbanti, ma risulta anche legato all'introduzione, più o meno volontaria, da altri Paesi di specie esotiche o pre-adattate (*sensu* Cousens e Mortimer, 1995), le quali, non trovando antagonisti sul nostro territorio, assumono gradualmente le caratteristiche di invasive (Ferrero *et al.*, 2010).

Criteria base e linee guida dell'Integrated Weed Management

L'attenzione, attualmente, si focalizza, quindi, non più sull'eradicazione delle infestanti, ma su una loro efficace e razionale gestione, in grado non solo di contenere il più possibile i danni direttamente monetizzabili, ma di valutare, anche, le conseguenze indirette, in termini bio-ecologici e sociologici di ogni intervento. L'accresciuta consapevolezza della problematiche emerse nel tempo, pone l'esigenza di mettere in atto misure di contenimento che si avvalgano di tutte le conoscenze disponibili, integrando i diversi mezzi di intervento e ponderando le conseguenze future di ogni azione. Viene così a delinearsi una strategia di gestione delle infestanti di medio, lungo periodo sempre più complessa, in cui tecnologia e scienza, agiscono sinergicamente (Zimdhal, 1991). Questo approccio operativo costituisce il Sistema Integrato di Lotta alle Malerbe (IWM, Integrated Weed Management), una applicazione dell'IPM (Integrated Pest Management) alla gestione delle malerbe, comunemente definito come l'applicazione di tutte le tecnologie, cioè la combinazione di

mezzi colturali, genetici, biologici, meccanici e chimici, che permettono, di limitare l'interferenza delle piante infestanti sulle attività umane (Buchanan, 1976; Sattin, 1997). Secondo Shaw (1982) l'obiettivo è più specificamente quello di "gestire le malerbe nella maniera più economica, più favorevole all'ambiente e socialmente accettabile", definizione che sottolinea l'esigenza di ampliare le conoscenze a livello quantitativo e qualitativo, tenendo in considerazione le ricadute sull'agro-ecosistema.

Nell'IWM il bagaglio conoscitivo multidisciplinare sostituisce, in misura proporzionale alla sua stessa vastità ed entità, i mezzi di lotta (Pretty, 2008).

Secondo la teoria di Sullivan (2003), gli accorgimenti da mettere in atto secondo i principi dell'IWM sono di due tipi: misure "proattive" in grado di creare nell'agro-ecosistema un ambiente ecologico sfavorevole all'insediamento e allo sviluppo delle infestanti nella coltura, e di misure "reattive", rappresentate da sistemi e strumenti di lotta da adottare nei confronti di una infestazione già in corso. Nel primo caso le linee guida proposte dal malerbologo e tradotte in pratica dall'agricoltore si concentrano sulle "Pratiche agronomiche soppressive" (*Weed suppressive agronomic practices*), cioè sugli accorgimenti della tecnica colturale che determinano condizioni ecologiche-ambientali sfavorevoli all'insediamento delle popolazioni di malerbe, concorrendo a limitarne la densità e a contenere il successivo ricorso a misure reattive più impattanti (Liebman *et al.*, 2001; Anderson, 2007).

Per contrastare l'insediamento delle popolazioni di malerbe è assai utile conoscere la fisiologia dei semi delle specie infestanti e la dinamica della banca semi (*seed bank*), essendo molteplici i cambiamenti a cui essa può andare incontro in seguito a interventi agronomici e colturali. Le diverse lavorazioni e le differenti modalità di gestione del suolo possono, ad esempio, determinare un differente rimescolamento dei semi lungo il profilo del terreno, agendo sulla loro germinabilità. Un approccio integrato, in grado di limitare l'espansione o addirittura ridurre la banca semi, attraverso interferenze con la dormienza dei semi o con le loro esigenze germinative, delinea per l'IWM nuovi spazi propositivi e lascia ampi margini di miglioramento (Barberi *et al.*, 2010). In questo ambito, i numerosi argomenti, ancora solo parzialmente indagati, come, ad esempio il tasso di predazione dei semi, aprono ai malerbologi nuovi spazi di ricerca, destinati a migliorare l'approccio integrato e a potenziarne l'applicazione (Bhowmik, 1997).

Va inoltre considerato che, pratiche agronomiche, quali ad esempio la preparazione del terreno, la falsa semina, le modalità e l'epoca di semina, la concimazione, la gestione dei residui colturali, l'avvicendamento colturale, possono indurre nelle popolazioni infestanti mutamenti adattativi quali-quantitativi (Berti *et al.*, 2001). La comprensione delle dinamiche

di popolazione conseguenti agli interventi agrotecnici risulta, pertanto, di fondamentale importanza nell'IWM. Merita ricordare, ad esempio, che in assenza di lavorazioni si determina un forte cambiamento della composizione floristica, con un significativo aumento delle piante emicriptofite e biennali, delle camefite, delle nanofanerofite, delle specie a diffusione ornitocora ed anemocora, delle graminacee e delle composite e in generale di tutte le specie indifferenti (Zanin *et al.*, 1997).

I criteri fondamentali dell'IWM sono dettati, anche, da considerazioni relative alla capacità delle malerbe di competere con le colture. La valutazione dell'interazione competitiva tra coltura e infestanti ha condotto i malerbologi a definire indici competitivi dipendenti dalla densità (*i* e *a*) e indici temporali legati alla durata della competizione tollerata dalle colture (DCT) e al periodo richiesto di assenza dalle malerbe (PRAM). Questi due ultimi parametri consentono di stabilire il Periodo Critico (PC), cioè il periodo di tempo durante il quale le infestanti devono essere controllate per prevenire perdite produttive di un dato livello (comunemente è considerata accettabile una perdita di produzione pari al 5%) (Sattin e Tei, 2001).

Alcune strategie volte a modulare i rapporti competitivi tra malerbe e coltura sono basate sulla scelta della cultivar più idonea da seminare. Il miglioramento genetico ha, infatti, consentito di sviluppare nuove selezioni in grado di difendersi maggiormente dalle malerbe. In particolare, la conoscenza dei rapporti allelopatici intercorrenti fra specie coltivate e infestanti ha fornito informazioni utili alla selezione genetica di individui dotati di superiore capacità allelopatica, adatti sia all'impiego come coltura principale, sia come coltura di copertura o da sovescio (*cover crop* o *mulch*), ampliando le possibilità applicative dell'allelopatia (Tesio e Ferrero, 2010; Tesio *et al.*, 2010; Khanh *et al.*, 2005).

Occorre tenere presente che più il sistema coltura-pianta-ambiente viene mantenuto stabile nel tempo, e le comunità di malerbe equilibrate, minore è il rischio di indurre nella flora infestante processi evolutivi dannosi per l'agro-ecosistema (Sattin, 1997), per il contenimento dei quali si rende sempre più necessario ricorrere ad accorgimenti reattivi.

L'aggressività e l'impatto di questi ultimi è inversamente proporzionale all'impiego di corretti accorgimenti proattivi.

Nell'ambito delle misure reattive è indispensabile pianificare gli interventi chimici e meccanici, sfruttandone le sinergie, valutare la persistenza del prodotto chimico impiegato in pre-emergenza, privilegiare gli interventi di post-emergenza (più mirati ed in generale meno inquinanti), intervenire con tempestività, approfondire gli studi relativi alla cinetica di degradazione delle molecole chimiche e alle dinamiche di dispersione dei diserbanti

nell'ambiente. In tal senso, merita ricordare il buon successo a livello applicativo, a partire dai primi anni '90, di tecniche di razionalizzazione del diserbo chimico in grado di limitarne il carico ambientale e i costi. Significativi a questo riguardo sono state la tecnica della localizzazione del diserbo chimico e quella delle Dosi Molto Ridotte (DMR) (Ferrero *et. al.*, 2010). La prima, applicabile soprattutto nelle colture a file distanziate (mais, fruttiferi), prevede l'integrazione del diserbo chimico con interventi meccanici nell'interfila, consentendo di ridurre fino a circa il 70% il quantitativo di prodotti impiegati, rispetto ai trattamenti a pieno campo. La tecnica delle DMR prevede, invece, l'impiego a dosaggi molto contenuti (fino ad un 1/10 di quelli di etichetta) di miscele di erbicidi nel periodo di massima vulnerabilità delle infestanti (prime fasi di sviluppo). In quest'ultimo caso l'aspetto più critico è rappresentato dalla tempestività nel monitoraggio degli inerbimenti e nell'applicazione degli erbicidi.

L'attenzione della ricerca e le sperimentazioni si sono focalizzate, in un primo tempo, soprattutto, su questa componente dell'IWM, tanto che Morse e Buhler (1997) hanno ritenuto opportuno precisare il dualismo fra "IPM strategica", ritenuta la soluzione ideale in grado di sintetizzare e concretizzare tutti i principi del sistema e "IPM tattica" volta semplicemente a impiegare meno e meglio gli erbicidi e considerata "espressione debole dell'ideale".

Il diserbo è riconosciuto come il segmento della tecnica colturale che probabilmente ha usufruito in questi ultimi anni del tasso di innovazione più elevato, sia a livello di prodotto (nuovi erbicidi nuove formulazioni, nuove irroratrici, ecc.), sia a livello di processo (tecniche innovative di distribuzione, colture resistenti agli erbicidi, sistemi informatici di aiuto alle decisioni) (Rossi *et al.*, 1997).

La dinamicità correlata al rapidissimo *turnover* dei prodotti chimici sul mercato e, conseguentemente, il progressivo adattamento della flora infestante, hanno reso necessaria la rimodulazione dei programmi di gestione delle malerbe ogni 4-5 anni.

Criticità dell'IWM

L'IWM è stato accolto con grande interesse nella comunità scientifica, dai servizi tecnici pubblici e dall'opinione pubblica, ma, soprattutto nelle sue forme più avanzate e complesse, non ha avuto molto seguito tra gli agricoltori.

I motivi di questo parziale insuccesso sono da ricercarsi in molteplici fattori, legati, da un lato, allo stesso sistema proposto e, dall'altro, ad una non corretta o insufficiente analisi del

contesto operativo e socio-culturale in cui il mondo agricolo si muove. In primo luogo, infatti, i fondamenti dell'IWM si innestano su concetti teoricamente validi, ma, con ogni probabilità, eccessivamente complessi per trovare facile applicazione nella pratica agricola. Inoltre, la ricerca nell'ambito dell'IWM è stata talvolta più fine a se stessa che risolutiva dei reali problemi degli agricoltori; essa ha avuto, frequentemente, come principale obiettivo la diffusione nel contesto scientifico dei risultati degli studi e non l'applicazione sul piano operativo di questi stessi risultati. È mancato il coordinamento fra due mondi, quello della ricerca, da un lato, e quello produttivo, dall'altro, caratterizzati da interessi e da criteri di valutazione dei principi e degli strumenti di lotta alle malerbe non sempre collimanti.

Va inoltre osservato che l'esigenza di acquisire in tempi relativamente brevi indici bibliometrici, indispensabili ai ricercatori per la valutazione della loro attività di ricerca e quindi, anche, della loro progressione di carriera, si è conciliata male con la necessità di condurre studi lunghi e costosi, fondamentali per acquisizione delle informazioni necessarie per l'applicazione dell'IWM (Moss, 2008).

Si è talvolta dato erroneamente per scontato che i mezzi di lotta ritenuti validi ed efficaci dai ricercatori, e messi a disposizione degli agricoltori attraverso divulgazione e assistenza tecnica, rispondessero alle reali esigenze del settore agricolo. La mancanza di dialogo e collaborazione tra ricercatori ed agricoltori e la non adeguata intermediazione di coloro che si occupano di informazione, formazione e supporto tecnico, hanno portato ad una limitata adozione dell'IWM nella gestione aziendale.

Si ha talvolta anche la convinzione che la ricerca si sia scarsamente impegnata nel trasferimento a livello operativo delle conoscenze acquisite sul piano sperimentale; questo giudizio è spesso condiviso anche dai ricercatori malerbologi (Forcella, 1997; Bhowmik, 1997, Mortensen *et al.*, 2000; Norris, 1997; Sanyal, 2008). I ricercatori non sono usciti a trasferire i risultati della sperimentazione di laboratorio e di campo alla scala aziendale, cioè di tradurre le acquisizioni sperimentali in scelte gestionali da inserire nei diversi sistemi colturali (Moss, 2008).

Occorre, tuttavia, considerare che l'ampiezza delle conoscenze necessarie all'IWM e la loro interdisciplinarietà, con la conseguente difficoltà a integrarle e organizzarle compiutamente, richiedono un eccessivo investimento nell'apprendimento da parte degli agricoltori (Pretty, 2008), poco motivati all'acquisizione di quel vastissimo bagaglio di conoscenze, appannaggio e conquista, per contro, dei ricercatori.

In sostanza, manca una coincidenza tra le priorità dei ricercatori e quelle degli agricoltori, essendo diverse le logiche e le motivazioni alla base delle loro scelte; la percezione dei

problemi e la propensione al rischio degli agricoltori sono fattori legati alle specifiche esperienze degli stessi agricoltori, che spesso sfuggono alla sensibilità dei ricercatori.

Oggi, il malerbologo tende a rivalutare l'importanza della predisposizione intellettuale e dell'*iter* motivazionale dell'agricoltore, cercando di fornire spiegazioni ragionate alla scarsa diffusione dell'IWM a livello applicativo.

La rilevanza della dimensione umana nell'agricoltura, con particolare riferimento alla gestione delle malerbe, è stata sostenuta in alcuni recenti studi (Wilson *et al.*, 2008; Riemens *et al.*, 2010; Doohan *et al.*, 2010; Lichtfouse, 2010), spesso pubblicati su riviste estranee al circuito agronomico, quali *Sociologia Ruralis*, *Rural Sociology*, *Ecological Economics*, *Risks analysis*. Viene, così, a consolidarsi l'opinione che fu di Radosevich e Ghersa (1990), secondo cui la sociologia è una delle sei discipline scientifiche (fisiologia e botanica, chimica, genetica, ecologia, economia e, sociologia) alla base della malerbologia.

Grande impulso all'accettazione di sistemi innovativi deriva, generalmente, dalla constatazione sul campo dei reali esiti positivi che i nuovi approcci propongono.

In tal senso si ritiene che un ruolo fondamentale nel favorire il convincimento degli agricoltori sulla validità e sulla applicabilità dell'IWM sia rivestito dalle aziende dimostrative; si ritiene che esse costituiscano il più efficace metodo di trasferimento tecnologico dell'innovazione nella pratica agricola e, in particolare, nella gestione delle malerbe (Sanyal *et al.*, 2008). Ad oggi, purtroppo, sono state create solo poche aziende dimostrative con un limitato impatto nella dimostrazione dei reali vantaggi legati all'adozione dell'IWM.

Se in Gran Bretagna, come denuncia Moss (2008) sono state destinate poche risorse alle iniziative di trasferimento tecnologico, la situazione nel nostro paese non è certo più confortante, tenuto conto dello stato dei servizi di assistenza tecnica, pressochè smantellati nel corso degli ultimi anni, e dei tempi necessari per la loro riattivazione.

La limitata applicazione dell'IWM nelle aziende è legata, oltre che a fattori di ordine sociologico, anche a motivazioni di carattere prettamente economico. L'IWM godrebbe, con ogni probabilità, di un'attuazione su più vasta scala se fossero disponibili per gli agricoltori incentivi economici di livello adeguato. La politica agricola europea, dalla riforma Fischler del 2003 in poi, ha legato la concessione del sostegno economico "al rispetto di una serie di obblighi rappresentativi di valori desiderabili dal punto di vista ambientale e sociale" (De Castro, 2010), al fine di implementare certi comportamenti attivi nei confronti della società, ivi comprese le pratiche agricole dell'IWM. Merita, al riguardo, interrogarsi se un significativo aumento di questi incentivi non possa contribuire ad accelerare i processi di

applicazione dell'IWM (in particolare per quanto riguarda le misure proattive), nei sistemi agricoli (Pretty, 2008).

Occorre, infatti, tenere presente che la gestione integrata delle malerbe è frequentemente considerata un sistema di contrasto allo sviluppo delle infestanti più rischioso rispetto a quello tradizionale (Greene *et al.*, 1985; Swanton *et al.*, 2008), sebbene non tutti gli esperti del settore concordino su questa affermazione. Secondo Jones *et al.* (2006) in condizioni deterministiche l'IWM determina un incremento del beneficio economico del 6% rispetto ai sistemi tradizionali di gestione delle malerbe. Si tratta di un valore ritenuto troppo basso per indurre gli agricoltori ad adottare il sistema. In condizioni stocastiche, che considerano cioè la variabilità spaziale e stagionale e la conseguente variabile risposta gestionale tattica, il beneficio aumenterebbe di dieci volte.

Nella valutazione di tecnologie come l'IWM, che coinvolgono risposte biologiche e dinamiche complesse, non deve venire ignorato l'impatto della variabilità stagionale e la progressione concatenata delle decisioni che possono essere prese. Anche Wu (2001) sostiene che la gestione basata su regole dinamiche che si modificano nel tempo, plasmandosi sulle condizioni climatiche e floristiche, aumenta il margine di profitto per l'agricoltore senza richiedere un parallelo incremento delle quantità di erbicidi. Le comparazioni tra sistemi differenti di contenimento non dovrebbero mai essere eseguite in condizioni statiche come purtroppo avviene nella maggior parte delle sperimentazioni.

Tentativi di applicazione dell'IWM: modelli di simulazione e Sistemi di Aiuto alle Decisioni

Rispetto ai vecchi indirizzi di lotta alle malerbe, che prevedevano l'impiego di erbicidi nell'intento di eradicarle, l'IWM si basa su un processo decisionale più articolato, nel quale vengono considerate contemporaneamente tutte le opzioni di controllo delle infestanti, compresa quella di non trattare, tenendo in considerazione il risultato economico raggiungibile da ciascuna di essa (Berti *et al.*, 2001).

A questo scopo la ricerca si è impegnata nello sviluppo di modelli di simulazione in grado di prevedere la comparsa e lo sviluppo delle malerbe, di definire possibili strategie e di suggerire quelle più favorevoli anche sul piano economico.

Le scelte strategiche prevedono una pianificazione fin dall'inizio del ciclo colturale e richiedono, quindi, una buona conoscenza di vari elementi, quali ad esempio l'entità e la

composizione specifica dell'infestazione attesa e il loro comportamento nell'ambiente, lo spettro di azione degli erbicidi disponibili e le eventuali limitazioni operative.

Cardine della modellizzazione è la conoscenza preliminare delle dinamiche di infestazione; la comprensione del ritmo di emergenza delle malerbe costituisce, ad esempio, l'elemento indispensabile per prevedere la comparsa del danno e le conseguenze derivanti dall'impiego di differenti erbicidi (Sartorato, 1997).

Nel caso dei trattamenti di pre-emergenza la modellizzazione presenta minori criticità perché i diserbanti impiegati a questo scopo sono generalmente dotati di ampio spettro d'azione e di buona persistenza. Le maggiori incertezze sono legate al comportamento nella degradazione delle molecole chimiche in campo e alla variabilità della loro efficacia in relazione all'umidità del suolo.

La modellizzazione dei trattamenti di post-emergenza risulta alquanto più complessa, essendo l'efficacia del trattamento fortemente dipendente dallo stadio di sviluppo delle malerbe.

Gli agricoltori hanno spesso notevoli difficoltà ad utilizzare a livello operativo i sistemi modellistici senza una adeguata assistenza, tenuto anche conto delle difficoltà a mantenersi aggiornati in un settore caratterizzato da un elevato tasso di innovazione.

Per questo motivo sono stati proposti sistemi informativi interattivi (Sistemi di Aiuto alle Decisioni, SAD) con lo scopo di offrire agli agricoltori differenti opzioni di gestione delle infestanti (Ferrero *et al.*, 2010) e di orientarli verso le soluzioni più valide dal punto di vista tecnico-economico e ambientale. Essi costituiscono un potente strumento informativo in grado di fornire all'agricoltore le informazioni aggiornate necessarie per l'adozione delle decisioni più idonee nelle diverse specifiche condizioni operative (Berti *et al.*, 2003).

I SAD prevedono l'acquisizione di dati reali sugli inerbimenti mediante interventi di *scouting*, cioè con sopralluoghi per determinare le malerbe presenti e la loro densità in un appezzamento. Lo *scouting* costituisce l'elemento cardine dei SAD, in quanto fornisce le informazioni su cui si basa tutto il processo di elaborazione delle proposte operative del sistema (Rossi *et al.*, 1997).

I rilievi delle malerbe possono essere eseguiti con diverse metodologie, da quelle più tradizionali fino alle più recenti e moderne, che si avvalgono di tecnologie innovative e dispositivi sofisticati per la rilevazione automatica delle infestanti. In relazione a quest'ultimo aspetto gli studi finora condotti si sono principalmente basati sul riconoscimento morfologico, sull'esame dello spettro di riflessione e sull'analisi della *texture* visiva. Questi ultimi sistemi, pur non avendo ancora avuto un concreto sviluppo applicativo, a causa della loro limitata affidabilità (Slaughter *et al.* 2008), lasciano, però, intravedere ampie possibilità di

applicazione nel prossimo futuro. Molto stimolanti, appaiono in questo quadro anche le tecnologie legate alle nuove frontiere dell'agricoltura di precisione, quali ad esempio il diserbo a tratti, basato sulla modulazione del diserbo chimico in relazione alla variabilità spaziale delle infestazioni (Ferrero *et al.*, 2010).

I SAD si basano, dal punto di vista teorico, sull'applicazione del concetto di Soglia Critica (SC) e permettono di valutare la sostenibilità economica degli interventi di gestione; individuano valori limite di densità e/o copertura delle malerbe, oltre i quali l'intervento chimico diventa economicamente conveniente (Ferrero *et al.* 2010).

Uno dei più significativi esempi di sistemi decisionali computerizzati è stato GestInf, la cui storia offre spunti di riflessione particolarmente interessanti. Il sistema è stato messo a punto dal Centro di Studio sulla Biologia ed il controllo delle Piante Infestanti del CNR e dal Dipartimento di Agronomia Ambientale e Produzioni Vegetali dell'Università di Padova per agevolare le scelte dei diserbanti più idonei per i trattamenti di post-emergenza su grano e soia, sulla base delle caratteristiche agronomiche, economiche ed ambientali del contesto in cui si opera (Berti, 1997, Berti e Zanin, 1997).

Nonostante lo sforzo economico richiesto per la messa a punto del sistema (circa 600 milioni di lire, negli anni '90) (Zanin, 1997), GestInf ha riscontrato un successo piuttosto limitato presso gli agricoltori e non ha avuto le ricadute pratico-applicative attese. La sua diffusione nelle aziende è stata scarsa, soprattutto se considerata in relazione all'elevato numero di lavori scientifici prodotti nel tempo dalla ricerca in questo ambito. Il sistema è stato impiegato pressoché solo a livello sperimentale; è stato saggiato per diversi anni consecutivi in una grande azienda del litorale veneto (Rossi *et al.*, 1997) e, per un biennio, in provincia di Treviso dai tecnici della Coldiretti. Anche in Piemonte ne è stata indagata la validità attraverso sperimentazioni condotte nel 1996 in alcune località della regione (Poirino, Savigliano, Fossano) (Ferrero *et al.*, 1997).

GestInf si basa sul concetto di "densità equivalente", mediante la quale è possibile stabilire soglie critiche nelle infestazioni plurispecifiche, quelle ordinariamente presenti nelle realtà agricole (Berti e Zanin, 1994). Il sistema è in grado di suggerire la soluzione economicamente più vantaggiosa e, contemporaneamente, fornire indicazioni sulla densità di infestanti che permangono nella coltura, dopo l'intervento. Si tratta di informazioni relative alla capacità di disseminazione delle infestanti, riguardanti, cioè, il danno che esse possono causare nel medio, lungo termine. GestInf consente anche di calcolare l'impatto potenziale sulle acque di falda delle proposte di diserbo offerte, attraverso la definizione di un indice ambientale (GWDI) (Berti *et al.*, 1995).

Valutazione dei SAD: criticità e pregi

Gli strumenti informatici di aiuto alle decisioni hanno fatto registrare un'insoddisfacente diffusione sul piano applicativo.

Benché i modelli costituiscano un importante strumento operativo per l'applicazione dell'IWM, occorre riconoscerne i limiti. Infatti, la modellizzazione si è, finora, eccessivamente concentrata su singoli aspetti (gestione della resistenza agli erbicidi, riduzione dell'*input* chimico, rapporti competitivi tra malerbe e colture) trascurando la visione d'insieme e l'analisi nel medio, lungo periodo.

In linea generale, i modelli di lotta alle malerbe non sono stati in grado di fornire soluzioni a livello del sistema produttivo globale, poiché si sono concentrati eccessivamente sul mezzo chimico e sulla valutazione della soglia chimica di infestazione, trascurando i mezzi di lotta non chimici (Doyle, 1997). Inoltre, il criterio fondamentale di valutazione adottato dai modelli teorici, finalizzati a pianificare gli interventi di lotta alle malerbe, è stato il vantaggio economico, mentre non sono stati considerati altri aspetti (ad esempio ambientali, ed ecologici) non direttamente monetizzabili, ma di altrettanto rilievo.

Un evidente difetto dei sistemi di aiuto alle decisioni riguarda, spesso, la mancanza di collaborazione tra i ricercatori dei diversi settori scientifici e tra questi e gli agricoltori. Numerosi sistemi di simulazione (ad esempio CROPSIST) non integrano programmi in grado di valutare l'interferenza delle malerbe, una componente di grande rilievo nell'agroecosistema, essendo responsabile, come precedentemente osservato, di perdite di produzione di oltre il 30%. Va inoltre osservato che nella maggior parte dei casi non si è riusciti a stimolare l'interesse degli agricoltori a sviluppare le conoscenze necessarie per un loro utilizzo in modo autonomo. Dopo le prime applicazioni dimostrative, realizzate da tecnici esperti e terminato il periodo formativo, gli agricoltori non hanno proseguito nell'utilizzo di questi sistemi, reputandoli troppo complessi e gravosi, preferendo l'approccio tradizionale, ormai acquisito e di più immediata e facile gestione. Troppo poco, in sostanza, è stato investito sia in termini di tempo, sia di impegno economico, nell'addestramento degli operatori del settore e nel trasferimento delle conoscenze necessarie all'applicazione dei programmi gestionali.

Per godere di larga diffusione un sistema di aiuto alle decisioni, dovrebbe essere il più possibile accessibile e snello e consentire agli agricoltori di interfacciarsi agevolmente con il programma. L'impegno necessario all'apprendimento dei programmi informatici è stato giudicato dagli agricoltori eccessivo rispetto ai vantaggi derivanti dalla loro adozione.

I provvedimenti tecnici e i processi d'intervento suggeriti dai sistemi di ausilio decisionale comportano, talvolta, costi effettivi più elevati rispetto alle metodologie di lotta tradizionali. Sul conto economico dell'approccio modellistico incidono, in particolare, i costi delle operazioni di *scouting*, che deve essere eseguito in maniera accurata e basato su criteri statistici, per evitare l'inserimento nel sistema informatico di dati non rappresentativi, con conseguenti risposte errate, inutili, se non addirittura dannose (Berti *et al.*, 1992). Gli agricoltori hanno considerato lo *scouting* un'operazione impegnativa e di difficile esecuzione soprattutto a causa della necessità di riconoscere le malerbe negli stadi precoci (plantula).

Altri importanti limiti all'applicazione di questi sistemi sono inoltre rappresentati dal lungo periodo di tempo richiesto per la loro messa a punto e dalla continua evoluzione registrata nelle infestazioni delle colture agrarie. Si verifica, in queste condizioni, un forte rischio che al momento dell'applicazione pratica i diserbanti considerati dal sistema risultino superati, a causa del rapido avvicendamento nel mercato di questi prodotti o della variazione del quadro malerbologico.

L'introduzione e la rapida diffusione nelle colture agrarie di nuove malerbe richiedono un continuo e rapido aggiornamento del sistema. Al momento dell'applicazione di GestInf erano presenti nei campi coltivati nuove malerbe di elevata pericolosità, non previste nel programma informatico, perché inesistenti o irrilevanti al momento della messa a punto del sistema. Con riferimento a queste problematiche, si ritiene che possano risultare di maggior interesse sistemi di aiuto alle decisioni più semplici e più adatti a fornire le informazioni richieste per la programmazione delle strategie di gestione delle malerbe. Ne è un esempio AlertInf, uno strumento che consente di prevedere l'emergenza delle malerbe nel mais (Masin *et al.*, 2010).

Questo sistema è stato inserito nel sito dell'ARPA del Veneto ed è utilizzabile liberamente dagli agricoltori; basta cliccare la stazione meteo ARPA più vicina alla azienda del richiedente inserire la data di semina e l'icona con l'infestante per ottenere in tempo reale la percentuale di emergenze raggiunta dalla stessa infestante. Nel 2010, primo anno di prova, il sito ha avuto quasi 2000 visite.

Sono in corso studi volti a mettere a punto un sistema più completo dei precedenti, basato sull'integrazione di AlertInf e GestInf per fornire un'assistenza all'agricoltore più completa e precisa (Masin *et al.*, 2011). Nella messa a punto di questo nuovo sistema ci si deve comunque sempre interrogare su quale possa essere la risposta degli agricoltori, tenendo conto che questo come altri simili strumenti si inseriscono principalmente nell'IWM tattica.

Cogliere le innovazioni, aggiornarsi sui continui mutamenti in corso in questi settori e, quindi, elaborare rapidamente nuove proposte gestionali è impegnativo e richiede la disponibilità di adeguate risorse finanziarie.

Il GIRE, iniziativa di successo per l'IWM

Un esempio concreto di azione integrata e condivisa è la costituzione del GIRE, Gruppo Italiano Resistenza agli Erbicidi, il cui successo è confermato dall'autorevolezza e dalla credibilità che esso ha acquisito nel tempo e che gli vengono ormai ampiamente riconosciuti. Si tratta di una concreta esperienza di collaborazione fra ricercatori di organismi pubblici e privati, tecnici dell'industria agro-chimica e dei servizi di assistenza tecnica e agricoltori.

GIRE è stato costituito nel 1997 in risposta ai sempre più frequenti casi di resistenza in alcune infestanti nel riso e in altre colture agrarie.

Il fenomeno della resistenza agli erbicidi interessa oggi, a livello mondiale, 194 specie infestanti, 19 delle quali presenti anche sul territorio italiano (Heap, 2011). In Italia le popolazioni resistenti si sono diffuse principalmente a seguito dell'impiego ripetuto di un unico erbicida o di diserbanti dotati del medesimo meccanismo di azione, a causa della monosuccessione colturale o delle rotazioni strette (GIRE, 2006; Follis *et al.*, 2011).

La presenza in GIRE di competenze legate al mondo della ricerca, dell'industria e della produzione agricola ha contribuito a migliorare la comprensione delle cause e delle conseguenze del fenomeno della resistenza e favorito la diffusione di un approccio responsabile nell'utilizzo dei diserbanti e lo sviluppo di strategie di gestione della resistenza basate sull'applicazione di programmi di lotta integrata alle malerbe.

In relazione a quest'ultimo aspetto, il compito di GIRE è stato principalmente quello di promuovere, a livello operativo, i principi dell'IWM nella gestione delle resistenze (Wilson *et al.*, 2008), in analogia con le esperienze sviluppate con successo in altri paesi da HRAC (*Herbicide Resistance Action Committee*) e dal gruppo di lavoro dell'EWRS (*European Weed Research Society*).

In questo quadro, un ruolo di notevole importanza è stato attribuito alla prevenzione della resistenza, attraverso diverse misure in grado di aumentare la capacità competitiva delle colture nei confronti delle malerbe (ad esempio la scelta della modalità di preparazione del letto di semina, dell'epoca e della densità di semina più favorevoli, l'adozione della falsa semina) o accorgimenti per limitare la diffusione della resistenza (quali ad esempio la raccolta

e lo sfalcio delle piante sfuggite ai trattamenti per impedirne la disseminazione o l'impiego alternato o in miscela di diserbanti dotati di meccanismo d'azione).

In questo modo, GIRE si pone l'obiettivo di fornire agli agricoltori le competenze e gli strumenti per esercitare un ruolo attivo nella prevenzione della resistenza, in modo da consentire al diserbo di essere un mezzo tecnologico importante nella gestione delle malerbe (Murphy e Lemerle, 2006). Il successo di GIRE, come quello di simili strutture in altri paesi è legato alla convergenza degli obiettivi dei diversi componenti, che favorisce l'adozione di programmi gestionali virtuosi, non dettati da interessi immediati di parte.

In questo quadro, si rende necessaria anche una riflessione sui risvolti economici che la gestione delle resistenze comporta, soprattutto in termini di prevenzione (Llewellyn *et al.*, 2007). La decisione della Società Monsanto di dare agli agricoltori americani un contributo di 20 dollari ad acro per l'impiego di un erbicida di pre-emergenza con lo scopo di limitare la diffusione nel cotone di malerbe resistenti al glifosate pone chiaramente in luce l'importanza del problema della resistenza anche in chiave economica (Volkman, 2010).

Conclusioni

Gli indirizzi della ricerca malerbologica in questi ultimi anni sono stati prevalentemente finalizzati ad ottimizzare l'impiego degli erbicidi, ma non hanno permesso di ridurre in maniera significativa, come richiesto dalla società civile, la dipendenza dal mezzo chimico.

In generale, in questi ultimi anni si è assistito ad una significativa riduzione delle quantità di diserbanti impiegati, forse più per il crescente impiego di nuovi erbicidi, efficaci a dosaggi molto bassi, che per un minor consumo di prodotti.

In questo quadro gli studi sull'IWM hanno avuto soprattutto l'obiettivo di mantenere elevato il livello di efficacia dei diserbanti, nel rispetto dell'ambiente e della qualità delle produzioni, in relazione ad un quadro malerbologico in continua evoluzione, soprattutto a causa della crescente pressione di selezione cui le infestanti sono sottoposte da parte delle molecole di nuova introduzione e dalla semplificazione degli avvicendamenti colturali. Si può dire, un po' provocatoriamente, che molti sforzi della ricerca in questo ambito sono serviti a correggere "gli effetti negativi" prodotti dall'impiego del mezzo chimico.

La sempre maggior difficoltà a individuare prodotti con nuovi meccanismi di azione rende sempre più urgente non solo mettere a punto interventi in grado di migliorare l'efficienza

degli erbicidi, ma, soprattutto, inserire nel processo produttivo tecniche che consentono di ridurre la dipendenza dal mezzo chimico.

Non deve sembrare eccessivo affermare che le azioni da mettere in campo si conoscono.

Cuppari (1896), allievo di Ridolfi, nelle “Lezioni di Agricoltura” tracciava già le linee per una impostazione proattiva della gestione delle malerbe. Ecco alcuni brevi passi:

“ Le cattive erbe poi invadono tanto più le dimestiche quanto meno le trovano adatte ai terreni che occupano e quanto più frequentemente riseminate”.

“In natura le piante di diversa indole sono consociate, vivono le une accanto alle altre, e si cedono a vicenda il posto, dove si alternano. L'arte contrariando questa legge naturale vuole ricoprire larghe falde di terreno colla stessa pianta, che vi fa tornare di frequente. Non è quindi da fare meraviglie, se le tendenze naturali tentano di riprendere il loro corso a dispetto dell'uomo, il quale è forzato a contenerle con cure eccessive. Da questo un avvicendamento ben concertato, allungando il giro e variando le colture, può far sostenere la lotta con meno spesa”.

L'opera del Cuppari è un trattato sull'IWM, essendo a quel tempo la gestione delle malerbe quasi esclusivamente basata sulle tecniche agronomiche.

Nei tempi a noi più vicini, gli ordinamenti produttivi e le scelte colturali sono state dettate, frequentemente, più dai prezzi dei prodotti agricoli e dal contenimento dei costi che dalle esigenze agronomiche, facendo apparire le tradizionali pratiche colturali e le misure proattive sempre meno vantaggiose nel processo produttivo, e rendendo sempre più vincolante il ricorso al mezzo chimico.

Ora, però, si rende sempre più necessario rivedere gli indirizzi seguiti nella gestione delle malerbe e, più in generale, di tutta la difesa delle colture, per adattarsi alle recenti normative sanitarie e in particolare alla direttiva sull'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari.

Per soddisfare queste nuove esigenze, si potranno mettere in atto anche solo alcune tra le varie scelte operative adottabili, quali ad esempio: l'adozione di avvicendamenti basati sull'alternanza di colture autunno-primaverili con colture estive; la gestione delle malerbe più difficili (ad esempio quelle vivaci) nelle colture dove il controllo è più agevole sia tecnicamente, sia economicamente; il monitoraggio costante a livello aziendale per impedire la diffusione di malerbe ruderali od esotiche; lo sfruttamento dei periodi di intercoltura, come

momenti privilegiati per interrompere il ciclo biologico delle malerbe e per bonificare i terreni dalle piante vivaci.

Se, finora, ci si è interessati delle malerbe nell'ambito di una coltura e durante il suo ciclo colturale, bisognerà iniziare ad occuparsi delle malerbe anche nei periodi di assenza delle colture ed inoltre a tenere in considerazione non solo i campi coltivati, ma anche tutto l'ambiente agricolo.

Il maggior problema nella adozione di questo approccio operativo è principalmente legato alla difficoltà di organizzare le diverse soluzioni adottabili in un itinerario tecnico razionale che non potrà essere né schematizzabile, né necessariamente ripetibile, dovendo adattarsi alle mutevoli condizioni pedoclimatiche e colturali. A questo scopo la sensibilità dell'agricoltore, sostenuta da un ricco bagaglio di conoscenze, sarà l'elemento fondamentale per il successo delle scelte.

In questo quadro va infine sottolineata l'utilità delle aziende dimostrative, sia per mettere in atto, a livello applicativo, i nuovi itinerari tecnici e sia, soprattutto, per consentire agli agricoltori di verificare concretamente la validità e l'adattabilità delle tecniche proposte alle loro specifiche condizioni operative.

Bibliografia

Anderson RL (2007). Managing weeds with a dualistic approach of prevention and control. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 27: 13-18.

Barberi P, Burgio G, Dinelli G, Moonen AC, Otto S, Vazzana C, Zanin G (2010). Functional biodiversity in the agricultural landscape: relationships between weeds and arthropod fauna. *Weed Research* 50: 388-401.

Berti A, Zanin G, Baldoni G, Grignani C, Mazzoncini M, Montemurro P, Tei F, Vazzana C, Viggiani P (1992). Frequency-distribution of weed counts and applicability of a sequential sampling method to integrated weed management. *Weed Research* 32: 39-44.

Berti A, Zanin G (1994). Density Equivalent. A method for forecasting yield loss caused by mixed weed populations. *Weed Research* 34: 327-332.

Berti A, Zanin G, Otto S, Trevisan M, Capri E (1995). Evaluation of the cost-risk relationship of groundwater contamination in weed control of soybean. *European Journal of Agronomy* 4: 491-498.

Berti A, Zanin G (1997). GESTINF: A decision model for post-emergence weed management in soybean (*Glycine max* (L) Merr). *Crop Protection* 16: 109-116.

Berti A (1997). GESTINF: programma di gestione delle malerbe in post-emergenza su grano e soia. *Atti del Convegno Strumenti informatici per il controllo delle infestanti: dalla teoria alla pratica*, Agripolis-Legnaro, pp 27-39.

- Berti A, Zanin G, Onofri A, Sattin M (2001). Sistema Integrato di Gestione delle Malerbe. In: Catizone P. e Zanin G. (Eds), *Malerbologia*, Patron Editore, Bologna, pp 659-710.
- Berti A, Bravin F, Zanin G (2003). Application of decision-support software for postemergence weed control. *Weed Science* 51: 618-627.
- Bhowmik PC (1997). Weed biology: importance to weed management. *Weed Science* 45: 349-356.
- Buchanan GA (1976). Weeds and Weed Management in cotton. In: *Proceedings Beltwide Cotton Production Research Conference*, pp 166-168.
- Cousens R, Mortimer M (1995). *Dynamics of weed populations*. Cambridge University Press.
- Cuppari P (1896). *Lezioni di Agricoltura*. Pisa: Edizioni Nistri.
- De Castro P (2010). *L'agricoltura europea e le nuove sfide*. Roma: Donzelli Editore.
- Doohan D, Wilson R, Canales E, Parker J (2010). Investigating the human dimension of weed management: new tools of the trade. *Weed Science* 58: 503-510.
- Doyle CJ (1997). A review of the use of models of weed control in Integrated Crop Protection. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 64: 165-172.
- Ferrero A, Vidotto F, Saglia AA (1997). Esperienze di utilizzo di GESTINF in Piemonte. *Atti del Convegno Strumenti informatici per il controllo delle infestanti: dalla teoria alla pratica*, Agripolis-Legnaro, pp 51-60.
- Ferrero A, Vidotto F, Costa E, Zanin G, Catione P (2010). *Storia della lotta alle malerbe*. 55 pp. Perugia: SIRFI.
- Ferron P, Deguine JP (2005). Crop protection, biological control, habitat management and integrated farming. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 25: 17-24.
- Follis F, Tesio F, Saglia AA, Vidotto F, Ferrero A (2011). La resistenza agli erbicidi ALS inibitori in risaia. *Terra e Vita* 52 (10): 24-27.
- Forcella F. (1997). My view. *Weed Science* 45: 327.
- GIRE, Gruppo Italiano di Lavoro sulla Resistenza agli Erbicidi (2006). L'evoluzione della resistenza del papavero agli erbicidi. *L'informatore Agrario* 62 (21): 71-76.
- Greene CR, Kramer A, Norton GW, Rajotte EG, McPherson RM (1985). An economic analysis of soyaben integrated pest management. *American Journal of Agricultural Economics* 63: 567-572.
- Heap I (2011, 21 maggio). The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Online. Internet. Disponibile presso www.weedscience.com.
- Jones R, Cacho O, Sinden J (2006). The importance of seasonal variability and tactical responses to risk on estimating the economic benefits of integrated weed management. *Agricultural Economics* 35: 245-256.
- Khanh TD, Chung MI, Xuan TD, Tawata S (2005). The exploitation of crop allelopathy in sustainable agricultural production. *Journal of Agronomy and Crop Science* 191: 172-184.
- Lichtfouse E, Hamelin M, Navarrete M, Debaeke P, Henri A (2010). Emerging agrosience. *Agronomy for Sustainable Development* 30: 1-10.
- Liebman M, Mohler CI, Staver CP (2001). *Ecological management of agricultural weeds*. 532 pp. Cambridge: Cambridge University Press.

- Llewellyn RS, Lindner RK, Pannell DJ, Powles SB (2007). Herbicide resistance and the adoption of integrated weed management by western Australian grain growers. *Agricultural Economics* 36: 123-130.
- Masin R, Cacciatori G, Zuin MC, Zanin G (2010). AlertInf: emergence predictive model for weed control in maize in Veneto. *Rivista Italiana di Agrometeorologia* 1: 5-9.
- Masin R, Vasileiadis V, Loddo D, Otto S, Zanin G (2011). A single time survey method to predict the daily weed density for weed control decision-making. *Weed Science* 59: 270-275.
- Morse S, Buhler W (1997). IPM in developing countries: the danger of an ideal. *Integrated Pest Management Reviews* 2: 175-185.
- Mortensen DA, Bastiaans L, Sattin M (2000). The role of ecology in the development of weed management systems: an outlook. *Weed Research* 40: 49-62.
- Moss SR (2008). Weed research: is it delivering what it should? *Weed Research* 48: 389-393.
- Murphy CE, Lemerle D (2006). Continuous cropping systems and weed selection. *Euphytica* 148: 61-73.
- Norris RF (1997). Weed Science Society of America weed biology survey. *Weed Science* 45: 343-348.
- Oerke EC (2006). Crop losses to pests. *Journal of Agricultural Science* 144: 31-43.
- Pretty J (2008). Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 363: 447-465.
- Radosevich SR, Ghersa CM (1990). Weed science: a microcosm of agriculture neckriddle. *North-Central Weed Science Society Proc.* 45: 4-8.
- Riemens MM, Groeneveld RMW, Kropff MJ, Lotz LAP, Renes RJ, Sukkel W, Weide RJ van der (2010). Linking farmer weed management behaviour with weed pressure: more than just technology. *Weed Science* 58: 490-496.
- Rossi E, Miotto P, Montanari R (1997). Esperienze aziendali di utilizzo di GESTINF. *Atti del Convegno Strumenti informatici per il controllo delle infestanti: dalla teoria alla pratica*, Agripolis-Legnaro, pp 41-50.
- Sanyal D, Bowmik PC, Anderson RL, Shrestha A (2008). Revisiting the perspective and progress of integrated weed management. *Weed Science* 56: 161-167.
- Sartorato I (1997). La scelta delle strategie di diserbo: un approccio modellistico. *Atti del Convegno Strumenti informatici per il controllo delle infestanti: dalla teoria alla pratica*, Agripolis-Legnaro, pp 73-81.
- Sattin M (1997). Ruolo delle conoscenze biologiche nella malerbologia. *Atti del Convegno Strumenti informatici per il controllo delle infestanti: dalla teoria alla pratica*, Agripolis-Legnaro, pp 15-26.
- Sattin M, Tei F (2001). Malerbe componente dannosa degli agroecosistemi. In: Catizone P e Zanin G (Eds), *Malerbologia*, Patron Editore, Bologna, pp 171-245.
- Schaller N (1993). The concept of agricultural sustainability. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 46 (1-4): 89-97.
- Shaw WC (1982). Integrated weed management systems technology for pest management. *Weed Science* 30 (suppl. 1): 2-12.

- Slaughter DC, Giles DK, Downey D (2008). Autonomous robotic weed control systems: a review. *Computers and Electronics in Agriculture* 61: 63-78.
- Sullivan P (2003). Principles of sustainable weed management for croplands *ATTRA* 1-14. (www.attra.ncat.org).
- Swanton CJ, Mahoney KJ, Chandler K, Gulden RH (2008). Integrated Weed Management: knowledge-based weed management systems. *Weed Science* 56: 168-172.
- Tesio F, Ferrero A (2010). Allelopathy, a chance for sustainable weed management. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology* 17 (5): 377-389.
- Tesio F, Weston LA, Vidotto F, Ferrero A (2010). Potential allelopathic effects of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) leaf tissues. *Weed Technology* 24: 378-385.
- Tilman D, Cassman KG, Matsons PA, Naylor R, Polasky S (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418: 671-677.
- Vidotto F, Ferrero A (2009). Interactions between weedy rice and cultivated rice in Italy. *Italian Journal of Agronomy* 4: 127-136.
- Volkman K (2010). Monsanto offers millions in rebates to farmers. *St Louis Business Journal*, 19 ottobre.
- Wilson RS, Tucker MA, Hooker NH, LeJeune JT, Doohan D (2008). Perceptions and beliefs about weed management: perspectives of Ohio grain and produce farmers. *Weed Technology* 22: 339-350.
- Zanin G, Berti A, Giannini M (1992). Economics of herbicide use on arable crops in North-Central Italy. *Crop Protection* 11: 174-180.
- Zanin G (1997). Presentazione dell'incontro. *Atti del Convegno Strumenti informatici per il controllo delle infestanti: dalla teoria alla pratica*, Agripolis-Legnaro, 11-14.
- Zanin G, Otto S, Riello L, Borin M (1997). Ecological interpretation of weed flora dynamics under different tillage systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 66: 177-188.
- Zimdhal RL (1991). *Weed Science. A plea for thought*. U.S.D.A. Cooperative State Research Service, *A symposium Preprint*, pp 34.
- Zoeschke A, Quadranti M (2002). Integrated weed management-quo vadis?. *Weed Biology and Management* 2: 1-10.
- Wu JJ (2001). Optimal weed control under static and dynamic decision rules. *Agricultural Economics* 25: 119-130.

IL CONTRIBUTO DEL DISERBO CHIMICO NELLA GESTIONE INTEGRATA DELLE MALERBE

CAMPAGNA G.¹, MERIGGI P.², RAPPARINI G.¹

- 1. Centro di Fitofarmacia – DIPROVAL – Università degli Studi di Bologna*
- 2. Horta – Spin off Company Università Cattolica Piacenza*
E-mail: giovanni.campagna@coprob.com

Riassunto

La crescente esigenza di produzioni agricole da destinare all'alimentazione umana e animale, nonché per il settore delle bioenergie, richiede l'impiego di notevoli input colturali, che debbono essere effettuati mediante criteri di ridotto impatto ambientale. Da qui l'esigenza di una gestione integrata delle malerbe (IWM), dove il contributo del diserbo chimico ricopre un ruolo di notevole importanza a integrazione delle pratiche non-chimiche. L'IWM è inoltre in grado di valorizzare le tecniche applicative, alla luce dell'evoluzione e delle conoscenze acquisite in questi ultimi tempi dalla tecnologia informatica, dalla biologia, fisiologia, ecc. In funzione della revisione europea dei principi attivi e della più ridotta disponibilità di erbicidi, nonché delle normative che indirizzano verso criteri di sostenibilità ed eco-compatibilità, sono messi in evidenza alcuni esempi che riguardano la gestione integrata delle malerbe nelle principali coltivazioni erbacee estensive ed arboree.

Parole chiave

Malerbe; Erbicidi; IWM; Misure agronomiche.

Summary

The role of herbicides in the Integrated Weed Management

The increasing demand of agricultural products for human and animal consumption and for energy, requires a large use of technical inputs, which must be applied through environmental criteria. Hence the need for an Integrated Weed Management (IWM), where the contribution of chemical weed control plays a very important role to integrate the non-chemical practices. The IWM is also able to enhance the application techniques, as a result of developments and knowledge acquired in recent times by information technology, biology, physiology, etc. According to the European pesticide review, the more reduced availability of herbicides and the legislation that will address to sustainable cropping systems, some examples involving the integrated management of weeds in the major field crops and extensive fruits have been highlighted.

Keywords

Weeds; Herbicides; IWM; Agronomic measures.

Introduzione

La lotta alle malerbe richiede una crescente professionalità, quale conseguenza dei cambiamenti della flora infestante, dell'evoluzione delle tecniche di coltivazione e dei nuovi riferimenti normativi. I mezzi fisici, agronomici e le lavorazioni meccaniche interferiscono sulla dinamica di emergenza e di sviluppo delle malerbe, oltre a condizionare l'attività dei diserbanti. Ne scaturisce il concetto di strategia di lotta integrata mediante la gestione razionale della coltura nell'ambito di una corretta rotazione, che favorisce la più equilibrata presenza delle specie avventizie (Zanin, 2000; Swanton e Murphy, 1996). L'impiego di semente esente da semi estranei, la scelta della varietà più competitiva e del momento più opportuno di semina, l'eliminazione meccanica delle malerbe che sono state favorite a emergere anticipatamente con la tecnica della "falsa semina" mediante la preparazione anticipata dei terreni, la scelta dell'ottimale investimento e della modalità di somministrazione dei concimi a favore dello sviluppo della coltura (Evans *et al.*, 2003), sono tutte pratiche utili a ridurre la presenza e la competizione della flora infestante. La corretta applicazione della tecnica del diserbo chimico, opportunamente integrata con le pratiche agronomiche, contribuisce in modo determinante al contenimento della flora infestante.

Il contributo del mezzo chimico nella gestione integrata delle malerbe riveste un ruolo di notevole importanza nella maggior parte delle coltivazioni, tra cui in particolare le erbacee estensive, comprese quelle arboree nonostante la loro maggior capacità competitiva nei confronti delle malerbe. Tutte le colture beneficiano dell'applicazione integrata delle tecniche di difesa, anche se maggiori difficoltà risiedono nelle colture minori dove la disponibilità di erbicidi è molto limitata, in cui l'integrazione con le altre pratiche assume un ruolo preminente.

L'evoluzione della pratica del diserbo chimico

L'impulso che ha avuto la tecnica del diserbo negli ultimi decenni del secolo scorso è stato rilevante sia per l'evoluzione delle conoscenze biologiche applicate che per l'innovazione apportata con le nuove molecole, nel contesto di aumentare il livello produttivo delle coltivazioni e ridurre l'impegno derivante da scerbature e zappature.

Notevoli progressi sono stati realizzati nella comprensione dei meccanismi d'azione degli erbicidi da parte della ricerca pubblica e privata a partire dal dopoguerra sulla base delle conoscenze acquisite in biochimica e fisiologia vegetale. Con la scoperta dei principi attivi di nuova generazione inibitori dell'acetolattato sintetasi (ALS), si è aperto un nuovo aspetto

della chimica, caratterizzato da elevato grado di controllo e flessibilità d'impiego accompagnato da una maggior sicurezza per l'uomo e l'ambiente.

La registrazione di nuovi principi attivi e il progressivo affinamento dei momenti di intervento, delle dosi di applicazione e le combinazioni degli erbicidi, hanno permesso di soppiantare da alcuni decenni, almeno per le colture estensive, gli interventi manuali di scerbatura e zappatura. Il miglioramento delle tecnologie applicative ha portato ad una progressiva riduzione delle dosi e dell'impatto ambientale. Le nuove formulazioni hanno contribuito a conseguire questo importante risultato, rendendo disponibili prodotti più efficaci e compatibili con le esigenze operative ed ambientali (Meriggi e Sgattoni, 2000). Gli erbicidi continuano a detenere il primo posto in ordine di importanza per quanto riguarda il settore dei fitofarmaci, confermando l'accertata utilità nel diserbo delle colture in tutti i Paesi, compresi quelli in via di sviluppo. L'applicazione massiva degli erbicidi, in particolare su colture erbacee estensive (cereali vernini, mais, soia, riso, ecc.), ma anche su colture arboree da frutto, è ormai affermata da un mezzo secolo rappresentando il progresso sociale nelle campagne e l'affrancamento dell'agricoltura specializzata. D'altro canto l'eccessivo impiego di molecole persistenti, tra cui in particolare quelle di prima generazione (triazine, nitroanilidi, cloacetammidi), ha comportato talvolta fenomeni di inquinamento. La crescente sensibilità nei confronti della salvaguardia dell'ambiente giustifica il monitoraggio dei possibili fattori di inquinamento causati da un'agricoltura intensiva, con lo scopo di ricercare una strategia sostenibile nell'ambito di uno scenario mutevole e sempre più rivolto verso l'aumento della popolazione, lo sfruttamento delle risorse e lo sviluppo delle energie rinnovabili. Il ruolo dell'agricoltura è sempre più orientato oltre che sul fronte alimentare e mangimistico, anche su quello energetico e industriale. Occorre pertanto conciliare il giusto rapporto con l'ambiente tramite uno sforzo innovativo che non passa attraverso la rinuncia del diserbo chimico, bensì alla sua razionalizzazione e valorizzazione in una chiave rivolta ai benefici mediante l'utilizzo degli erbicidi meno persistenti calati in un'ottica di strategia integrata. Si riapre pertanto l'interesse nella ricerca di tecniche di lavorazione più adeguate ai tipi di suolo, alla sua fertilità biologica e produttività, senza trascurare la messa a punto di nuovi erbicidi che rispondano a questi requisiti. I cambiamenti introdotti e la ricerca di tecnologie innovative per il contenimento della flora infestante svolgono un ruolo di sfida e di opportunità nello sviluppo e nell'evoluzione del diserbo (Piccardi, 2000).

L'evoluzione delle altre pratiche

Le altre pratiche intese come agronomiche in senso lato, ovvero i mezzi non chimici, si sono anch'essi evoluti sulla base dello sviluppo di nuove conoscenze, che vanno applicate mediante itinerari tecnici integrati affinché possano rispondere alle esigenze pratiche di campo (Paolini, 2000). Di fatto forniscono un contributo alla conservazione delle risorse non rinnovabili, tra cui la fertilità del sistema agro-ambientale, priorità consolidata dai Paesi ad agricoltura avanzata e condiviso da parte di tutti gli interessati al processo (agricoltori, consumatori, agroindustria, ricercatori, politici, ecc.).

Tra i mezzi fisici la pacciamatura trova una giusta collocazione in particolare nelle colture orticole, dove gli erbicidi rivestono minore importanza a causa spesso della scarsità di principi attivi. Può rivestire un importante ruolo in frutticoltura, in particolare durante i primi anni di impianto allo scopo di ottimizzare le strategie di gestione integrata. I film plastici biodegradabili offrono una buona opportunità, rivolta in particolare verso la sostenibilità e la riduzione dell'impatto ambientale.

I mezzi agronomici più specifici svolgono un ruolo di notevole importanza per valorizzare e ottimizzare il diserbo chimico, in un'ottica di riduzione del numero di interventi e delle dosi di applicazione, a beneficio sia della coltura che dell'ambiente. Un ruolo determinante viene svolto dalla corretta rotazione, come pure le lavorazioni principali tra cui l'aratura e quelle secondarie come l'estirpatura effettuata prima della semina allo scopo di stimolare le emergenze per mettere in pratica la falsa semina, ma anche l'adattamento dell'epoca di quest'ultima per determinare da un lato una maggior competizione della coltura (Campagna e Rapparini, 2009) e dall'altro eliminare il maggior numero di malerbe a seguito dello sfasamento temporale della nascita. Le lavorazioni principali invece influiscono notevolmente nell'evoluzione e nella pressione di selezione della flora infestante, al pari o addirittura superiore al diserbo chimico, sia in termini diretti che indiretti, come ad esempio l'aratura quale fonte di disturbo per le malerbe e nel contempo miglioramento delle condizioni di sviluppo per la coltura (Barberi e Paolini, 2000). In primo luogo le specie perennanti che si moltiplicano prevalentemente mediante organi vegetativi, tendono a regredire con l'adozione dell'aratura rispetto alla minima lavorazione, indipendentemente dal buon uso dei mezzi chimici. Inoltre tra le specie annuali regrediscono le composite favorite dalla non-lavorazione (es. *Erigeron canadensis*, *Sonchus* spp., *Senecio vulgaris*), ma anche le specie dotate di semi meno longevi, come le graminacee (Campagna e Rapparini, 2008). Pertanto in un'ottica di

gestione integrata la scelta delle lavorazioni principali assume un ruolo di notevole importanza che si apprezza maggiormente in tempi non immediati.

Le pratiche conservative tra cui l'utilizzo di colture di copertura e le consociazioni, trovano una rispondenza valida più in termini di coltivazione biologica dove il ricorso ai mezzi chimici non è ammesso, mentre in un contesto produttivo ed estensivo trovano una più difficile applicazione e rispondenza pratica, se non limitatamente ai terreni meno argillosi.

I mezzi meccanici, in attesa di un'evoluzione di macchine "intelligenti e robotizzate" in grado di effettuare precise sarchiature, possono essere maggiormente valorizzati in un'ottica integrata, tra cui la strigliatura, ma soprattutto la sarchia-rincalzatura, in virtù del valore aggiunto che possono svolgere, tra cui le finalità agronomiche e i benefici della "sarchiata", ma anche in un'ottica di riduzione della pressione selettiva a sfavore di una flora di sostituzione o resistente.

L'intensificazione colturale sostenibile e il contributo degli erbicidi

L'aumento della popolazione mondiale comporta una crescente richiesta di alimenti per l'uomo e gli animali (*Food and Feed*), nonché di energie rinnovabili che richiedono anche la produzione di biomasse.

Le malerbe sono una delle prime cause di contrasto della buona pratica di coltivazione con riduzione delle produzioni sia a livello qualitativo che quantitativo.

D'altro canto è necessaria la riduzione dell'impatto ecologico allo scopo di preservare l'ambiente.

Tutto ciò può essere conciliato con il ricorso ad un approccio multidisciplinare di gestione integrata delle malerbe con tutti i mezzi a disposizione, dove una delle definizioni più moderne e complete presuppone lo sviluppo di una complessa strategia di lungo periodo per mantenere elevate le produzioni mediante tecniche economiche e pratiche che consentano di ridurre al minimo l'impatto ambientale verso gli organismi non dannosi alle colture nel rispetto della biodiversità, messa in atto a livello comprensoriale e non aziendale previo fattivo coordinamento tecnico.

Fatta questa premessa, i vantaggi di carattere non solo economico derivanti dall'impiego degli erbicidi sono certamente indiscussi, tuttavia l'irrazionale impiego può comportare aspetti che preoccupano la salvaguardia della salute dell'uomo e dell'ambiente, nonostante le forti restrizioni operate a livello normativo e comunitario (Zaghi e Caffarelli, 2007).

Il ricorso ai fitofarmaci da un lato è incentivato dalla crescente richiesta di produzioni a livello mondiale, tuttavia l'adozione di misure più restrittive, la revisione comunitaria dei principi attivi, nonché il ruolo delle strategie di lotta integrata, in parte già adottate nell'ambito dei sistemi di coltivazione più evoluti, favoriscono la razionalizzazione dell'impiego degli erbicidi.

Tra le prospettive future l'impiego di varietà geneticamente modificate tolleranti gli erbicidi non sembra facilmente realizzabile, nonostante l'uso mirato di queste innovative tecnologie potrebbe contribuire nel conseguimento dei predetti importanti obiettivi (Knezevic e Cassman, 2003). Contemporaneamente il numero di principi attivi disponibili è in riduzione a seguito della revisione europea e a causa della mancanza di nuovi erbicidi (Rapparini *et al.*, 2008), se non per le grandi colture che suscitano interesse a livello mondiale, come cereali vernini, mais e riso. Tutto ciò comporta l'esigenza di incentivare i sistemi di gestione integrata delle malerbe, dove il contributo del diserbo chimico rimane in ogni caso rilevante. Di fatto si possono armonizzare le pratiche colturali con l'ambiente, conciliando un'esigenza di base con un maggior rispetto dell'ecosistema e una condivisione sociale, mediante le misure di mitigazione per l'uso sostenibile dei diserbanti.

Evoluzione della tecnologia applicativa dei mezzi chimici

Sul fronte della distribuzione degli erbicidi si è assistito in questi ultimi anni ad una notevole evoluzione tecnica, accompagnata da un maggior ricorso all'elettronica finalizzata a migliorare il grado di efficacia, come pure la sicurezza dell'operatore e la salvaguardia ambientale (Balsari e Tamagnone, 2000). Accanto alle irroratrici di nuova concezione è stata intrapresa in parallelo un'azione di divulgazione e formazione degli operatori, nonché di controllo funzionale delle irroratrici aziendali.

Il ruolo dell'evoluzione meccanica nel settore applicativo è molto importante ai fini di aumentare la produttività di lavoro nel rispetto dell'ottimizzazione del grado di efficacia, riducendo talvolta le dosi di impiego, ma soprattutto limitare gli effetti negativi nei confronti dell'ambiente. Sono state adottate soluzioni in grado di migliorare il grado di efficacia e ridurre le dosi di distribuzione, in particolare nelle applicazioni di post-emergenza dove è necessaria una maggiore penetrazione degli erbicidi all'interno della vegetazione ed un omogeneo raggiungimento di gocce sulle infestanti. Tra queste la tipologia degli ugelli, l'adozione di barre aeroassistite e dotate di congegni stabilizzatori muniti di sensori di livello, sistemi di distribuzione proporzionali alla velocità di avanzamento e in grado di evitare

sovrapposizione di trattamento non solo mediante settori di barra, ma fino al singolo ugello, grazie alla tecnologia GPS.

Un'altra sfida in via di messa a punto è il diserbo cosiddetto "a tratti", mediante il riconoscimento delle malerbe e la distribuzione localizzata sulla reale presenza, ma anche sulla base di un precedente *scouting* e mappatura georeferenziati.

Il diserbo localizzato sulla fila nonostante la sua validità non solo teorica, applicabile in particolare nei confronti delle colture sarchiate seminate ad una distanza di 45-75 cm, non si è ampiamente diffuso nelle colture estensive nonostante la possibilità di risparmio di prodotto fino ad oltre il 50% e perfettamente integrabile con i mezzi meccanici di sarchia-rincalzatura. Ha trovato notevole successo invece nel diserbo delle colture arboree, dove spesso si ricorre con duplice finalità erbicida e spollonante, mediante il ricorso di apposite irroratrici schermate. Una possibile evoluzione è la localizzazione di formulati liquidi tal quali o mediante ultrabassi volumi, allo scopo di limitare il peso delle seminatrici e quindi la costipazione dei terreni in questa delicata fase, oltre a valorizzare e semplificare le operazioni di rifornimento e a contenere i tempi di inattività.

Le soluzioni meccaniche che permettono di contenere i dannosi effetti della deriva sia nei confronti dell'ambiente che delle colture limitrofe, sono gli ugelli antideriva, le barre aeroassistite soprattutto per i trattamenti in vegetazione, lo sviluppo dei sistemi di schermatura, che al momento sono disponibili solo per le colture arboree.

Allo studio e in fase applicativa sono le soluzioni che permettono di bonificare e facilitare il lavaggio dei contenitori vuoti dei fitofarmaci, come pure il lavaggio dei circuiti, aspetto questo determinante per evitare danni da inquinamento alle colture che vengono trattate successivamente, soprattutto con l'impiego degli erbicidi attivi a bassissime concentrazioni, come le solfoniluree. Inoltre si sono diffusi e sono stati perfezionati i serbatoi supplementari di premiscelazione, che oltre a migliorare la sicurezza dell'operatore permettono di ottimizzare l'introduzione e la miscelazione degli erbicidi nel serbatoio delle irroratrici.

La regolazione e l'utilizzazione dei mezzi irroranti che operano nelle aziende agricole

Una corretta applicazione degli erbicidi per una soddisfacente eliminazione delle infestanti nel rispetto della selettività, si basa oltre che sulla scelta dei principi attivi, della dose e dell'epoca di impiego più ottimali, anche sulla regolazione dell'apparecchiatura irrorante, con particolare riguardo ai volumi di acqua da distribuire, i quali in una moderna agricoltura vengono sempre

più ridotti (fino al limite della conservazione dell'attività biologica) al fine di ridurre i costi dei trattamenti.

Per ottenere una buona distribuzione dell'erbicida occorre verificare preliminarmente la perfetta funzionalità dei diversi elementi che costituiscono l'irroratrice (Balsari *et al.*, 2008).

- Controllo della funzionalità degli ugelli: questi debbono erogare la stessa quantità di acqua e debbono essere ben orientati l'uno rispetto all'altro. Per il controllo della portata di ogni singolo ugello occorre effettuare la taratura meccanica delle attrezzature presso centri autorizzati.
- Regolazione dell'altezza della barra sul piano di campagna o della vegetazione da trattare: la posizione deve essere regolata in modo da assicurare la perfetta distribuzione del liquido, in modo che l'incrocio, cioè la sovrapposizione dei getti, sia perfetto in funzione della distanza fra gli ugelli e dell'angolo del ventaglio o del cono di nebulizzazione. Di conseguenza l'altezza della barra dal terreno o dalla vegetazione sarà stabilita in funzione dell'angolo di apertura del getto e della distanza fra gli ugelli: in genere la distanza ottimale è di circa 50 cm.
- Verifica del volume di acqua per ettaro da distribuire: considerando che è opportuno bagnare uniformemente la vegetazione utilizzando volumi d'acqua adeguati, che possono variare da un minimo di 100-150 l/ha ad un massimo di 300-500 l/ha in relazione al tipo e densità di infestazione e al tipo di apparecchiatura irrorante. Occorre poi verificare in campo l'effettiva portata per calcolare l'esatta quantità di erbicida da introdurre nel serbatoio. Per la correzione di piccole quantità del volume per ettaro calcolato rispetto a quello stabilito, si può agire sulla pressione, mentre per quantità più elevate occorre modificare la velocità o sostituire gli ugelli. Le moderne attrezzature sono equipaggiate di computer di bordo che facilita tali operazioni.
- Miscelazione e omogeneizzazione della sospensione erbicida: è spesso difficile da realizzare, in particolare per le polveri bagnabili. Pertanto occorre riempire il serbatoio con acqua fino ai 2 terzi, mettere in funzione l'agitatore e aggiungere l'erbicida dopo averlo dosato e diluito con un po' di acqua in un altro recipiente seguendo scrupolosamente le indicazioni riportate in etichetta. In particolare per i prodotti in polvere bagnabile è necessario mantenere in funzione l'agitatore idraulico sia durante il riempimento del serbatoio che nel corso della distribuzione, mentre per altri prodotti non risulta indispensabile.

- Pulizia del mezzo irrorante: ha lo scopo di eliminare i residui del diserbante impiegato, di impedire la corrosione delle parti meccaniche e di evitare danni alle colture che verranno diserbate in seguito. In particolare occorre effettuare ripetuti lavaggi con acqua ed eliminare gli eventuali depositi solidi accumulatisi sul fondo del serbatoio e nei filtri, che è sempre necessario rimuovere. E' inoltre necessario smontare gli ugelli e far funzionare la pompa per un tempo prolungato al fine di scaricare tutti i residui dal circuito, utilizzando eventualmente appositi detergenti.

Inoltre è opportuno:

- non disperdere le rimanenze delle sospensioni erbicide e le acque di lavaggio dei serbatoi e dei circuiti irroranti nei cortili, capezzagne e fossi;
- prelevare l'acqua da irrorare da appositi serbatoi e non direttamente da acque di pozzi e canali allo scopo di non contaminare l'ambiente e di non interferire sull'attività e selettività degli erbicidi con acque sporche e cariche di sospensioni organiche o inorganiche.

Relativamente alla problematica della gestione delle rimanenze delle sospensioni con prodotti fitosanitari si stanno sviluppando in Europa dei sistemi chiamati di "bio-depurazione" che consentono di trattare i liquidi contaminati in azienda. Questi sistemi di prevenzione della contaminazione sono originari della Svezia e sono parte di aree attrezzate per le operazioni di riempimento e di lavaggio delle macchine irroratrici. In linea generale le acque contaminate vengono fatte passare attraverso dei filtri biologici comunemente denominati "letti di decontaminazione biologica" (biobed) costituiti da materiale organico di varia provenienza. Sulla base dei principi del biobed, sono stati sviluppati e attuati altri sistemi quali per esempio il biofiltro, Biomassbed, Phytobac e Biobac, adattati alle diverse tipologie aziendali e realtà agricole, alle condizioni climatiche locali e alla disponibilità e tipologia del substrato organico.

Un altro sistema innovativo per la gestione dei reflui di fine trattamento è rappresentato da Heliosec che si basa sul principio della disidratazione naturale sfruttando l'effetto combinato dell'irradiazione solare e del vento (De Wilde *et al.*, 2007).

Il ruolo della gestione integrata delle malerbe

Dagli anni '80 è stato definito il concetto della gestione integrata delle malerbe (IWM: Integrated Weed Management) mediante il coordinamento della tecnica agronomica con i

differenti mezzi di controllo delle malerbe (Elmore, 1996). Se da un lato i mezzi chimici dagli anni '70 hanno svolto un ruolo di centralità, gli altri mezzi non sono mai stati abbandonati, ma occorre valorizzarli soprattutto alla luce delle nuove conoscenze per trovare un'ottimale combinazione che permetta di razionalizzare la gestione delle malerbe mediante la riduzione degli input chimici (Masin *et al.*, 2007).

Onde contenere fenomeni di comparsa di malerbe di sostituzione e limitare il rischio di popolazioni resistenti, nonché ridurre l'impatto ambientale, occorre innanzitutto adottare le pratiche di coltivazione che consentano di ottemperare la riduzione della pressione di selezione appunto mediante il maggior ricorso e valorizzazione di tutti i mezzi di contenimento delle malerbe (Campagna *et al.*, 2008). Determinante risulta l'applicazione sostenibile degli erbicidi mediante criteri che diversifichino l'agroecosistema con metodi diversi da quelli chimici, come in genere si è propensi nella moderna pratica agricola (Shaw, 1982). Oltre ad applicare e approfondire gli studi relativi a biologia, fisiologia ed ecologia delle malerbe, occorre applicare tutte le tecniche di lotta integrata, con l'obiettivo di ridurre la pressione di selezione delle malerbe di più difficile contenimento e poter dar maggior vita agli erbicidi (Sattin, 2006), nonostante i maggiori costi che si possono riscontrare nel breve periodo.

Determinante risulta l'applicazione delle pratiche agronomiche, che debbono prendere in giusta considerazione l'appropriata rotazione con alternanza di lavorazioni diversificate ed effettuate anche ad una certa profondità, sfruttando la tecnica della falsa semina preventiva (es. *Avena* su cereali vernini, graminacee estive su sorgo, ecc.), ritardando la semina vera e propria con l'intento di favorire la nascita della maggior parte delle malerbe prima dell'emergenza delle colture, allo scopo di devitalizzare le infestanti (Froud-Williams, 1988).

Un aspetto determinante da prendere in considerazione è la riduzione degli stock di semi nel terreno attraverso la limitazione della disseminazione delle malerbe, ma anche favorire l'emergenza delle malerbe della falsa semina prima della coltura o nel periodo intercolturale. Inoltre ciò permette di ridurre il carico di malerbe con coltura in atto riducendo la competizione durante le prime fasi di sviluppo (Harlan, 1982; Minoti e Sweet, 1981), ma anche nel caso in cui non venga superata la soglia di intervento e si opti unicamente a interventi meccanici di strigliatura o di sarchia-rincazzatura. Ciò richiede un approfondimento delle conoscenze biologiche e fisiologiche delle malerbe, allo scopo di favorire la messa a punto dei tempi e delle pratiche più rispondenti (Swanton e Weise, 1991). In tale contesto occorre approfondire le conoscenze in merito alle relazioni tra flora infestante e colture, effetti delle pratiche colturali, degli avvicendamenti e delle coltivazioni di copertura sulla

produzione dei semi, meccanismi di dormienza e germinazione, predazione e mortalità dei semi nel terreno, esigenze luminose e relativo impatto delle pratiche agronomiche, effetti delle lavorazioni del terreno, definizione complesse delle soglie, ecc. (Campagna e Rapparini, 2002).

Il ruolo degli insetti per il contenimento delle malerbe non è molto attivo, se non limitato a determinati aspetti come per esempio *Gastroidea polygoni* nei confronti di *Polygonum aviculare* (Campagna e Rapparini, 2006) o alla predazione dei semi direttamente sulle piante prima della disseminazione o nel terreno o in superficie. A maggior ragione il ruolo del contenimento delle malerbe da parte di agenti fungini è molto specifico e non trova al momento risvolti di fattiva applicabilità.

In pratica per le specie a limitata longevità come ad esempio le graminacee, ma anche per quelle che germinano in superficie come le composite, risulta utile l'aratura.

Per quanto riguarda l'impiego degli erbicidi, sono da evitare gli utilizzi ripetuti degli stessi principi attivi o comunque quelli caratterizzati dallo stesso meccanismo d'azione. Inoltre occorre favorire la maggiore efficacia nei confronti delle malerbe, senza ridurre eccessivamente le dosi di impiego e impostando tecniche di diserbo che contemplino miscele o meglio alternanza di erbicidi a differente meccanismo d'azione utilizzati in diverse epoche di impiego (es. erbicidi residuali in pre-emergenza alternati in differenti annate ad erbicidi ad azione fogliare in post-emergenza). Le applicazioni oltre ad essere effettuate con volumi di acqua non troppo ridotti e attrezzature idonee e ben tarate, debbono essere effettuate nei momenti più favorevoli all'ottimizzazione dell'esplicazione dell'efficacia erbicida e con malerbe allo stadio di sviluppo più sensibile. Per questo sono da evitare interventi ritardati con malerbe eccessivamente sviluppate e in condizioni pedoclimatiche sfavorevoli.

D'altro canto risulta determinante l'importanza dell'individuazione degli eventuali focolai di malerbe non sufficientemente contenute, impedendo la diffusione del polline per le specie a fecondazione incrociata come ad esempio *Lolium*, e soprattutto del seme. In questi casi risulta indispensabile, in particolare per scongiurare la diffusione di eventuali malerbe resistenti, prestare molta attenzione alla pulizia delle macchine agricole, raccogliere separatamente gli appezzamenti con sospetta presenza di malerbe onde evitare la diffusione dei semi, utilizzare mezzi alternativi al diserbo chimico, come ad esempio l'erpice strigliatore, ecc. (Walker e Buchanan, 1982).

Inoltre risulta determinante mettere in atto tutte le misure necessarie per individuare prontamente l'eventuale comparsa di malerbe resistenti, che per una sicura identificazione non è sufficiente effettuare semplici osservazioni di campo, bensì sarebbe necessario

effettuare analisi sul seme o effettuare test di efficacia presso centri specializzati, che permette di tenere sotto stretta osservazione questo preoccupante fenomeno (Catizone e Zanin, 2001).

Tali misure risultano determinanti in quanto gli erbicidi sono sempre più specifici e a ridotto impatto ambientale, in quanto sono sottoposti a dossier registrativi sempre più restrittivi. Questo significa che i costi per immettere un nuovo principio attivo sul mercato sono sempre maggiori e ciò determina ai fini pratici una drastica riduzione di nuovi principi attivi. Se a questo aggiungiamo la restrizione di vecchi principi attivi in fase di revisione, le armi di difesa sono sempre più limitate e pertanto occorre mettere in atto tutte le misure necessarie per una gestione sostenibile e strategica delle malerbe.

Pertanto la razionalizzazione dell'impiego degli erbicidi può essere attuata attraverso una serie di decisioni sia strategiche che tattiche (Figura 1). Le decisioni strategiche sono quelle fatte in genere a livello preventivo con effetti di lunga durata per cercare di ottimizzare la gestione delle malerbe indipendentemente dalla quantità e specificità della infestazione presente al momento della decisione. Quelle tattiche sono invece quelle realizzate a breve termine in risposta agli eventi. Nel caso del controllo delle infestanti sono condizionate dall'andamento meteorologico, dalle condizioni della specie coltivata e delle malerbe stesse, dall'aver fatto precedenti interventi di controllo (meccanici o chimici), ecc.

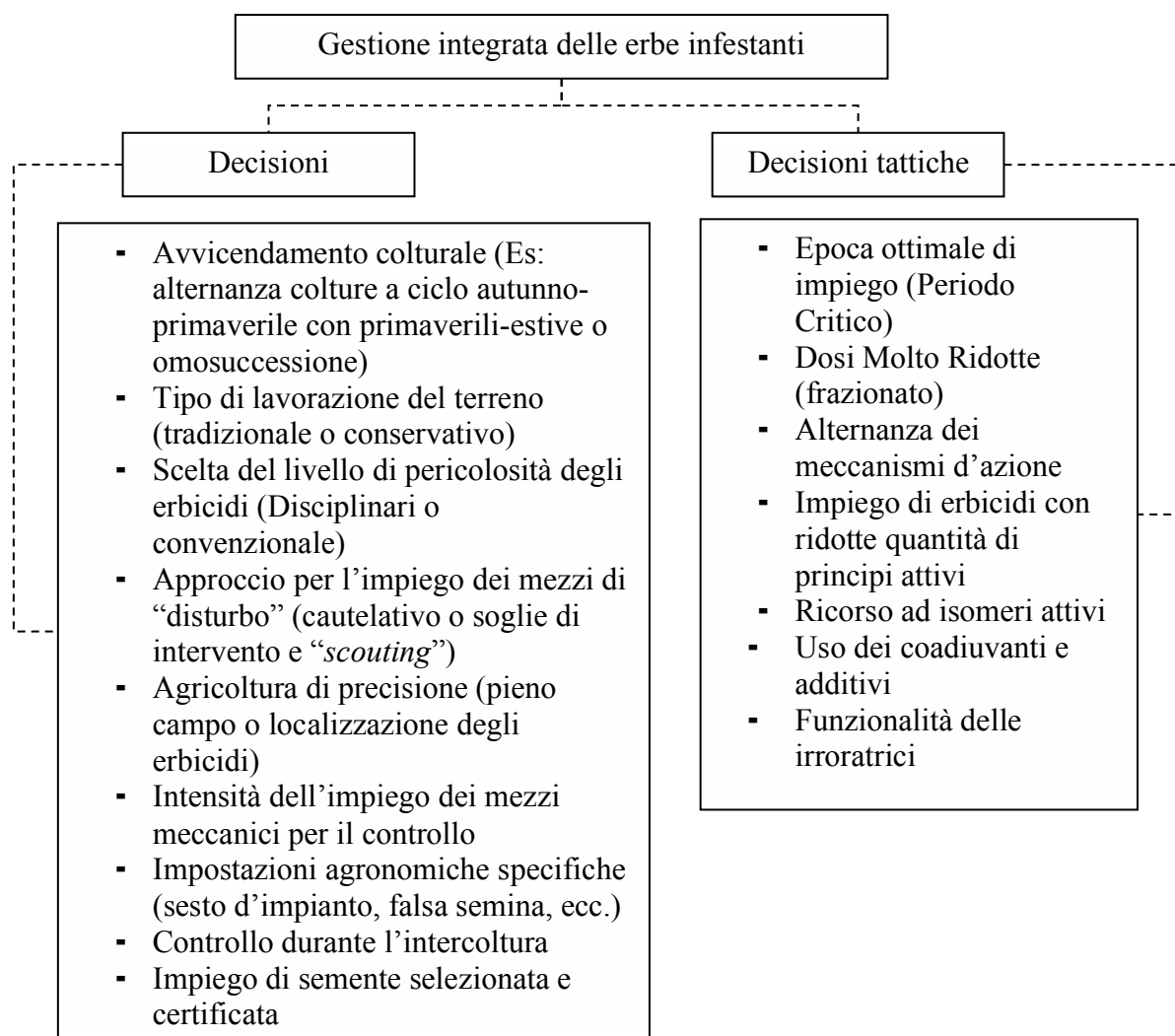


Figura 1. Gestione integrata delle erbe infestanti. Principali scelte strategiche e tattiche.

La scelta di un razionale avvicendamento che eviti la omosuccessione e che favorisca la logica alternanza di colture monocotiledoni con specie dicotiledoni è un presupposto fondamentale per realizzare una corretta difesa integrata dalle erbe infestanti.

Inoltre un'importante decisione strategica è anche quella di definire il regime di lavorazione del terreno. Da un lato la lavorazione principale tradizionale (aratura o attrezzi combinati) facilita l'integrazione dei mezzi chimici con quelli agronomici (lavorazioni interfilari, strigliatura, falsa semina, ecc.). Dall'altro le tecniche di coltivazione conservative fino al limite della non lavorazione, implicano una serie di conseguenze sulla dinamica della flora infestante, ma anche la necessità tattica di dover ricorrere all'impiego massivo di erbicidi totali in pre-semina o la necessità di dover intervenire esclusivamente in post-emergenza.

Le soglie di intervento accompagnate da *scouting* per le applicazioni estintive, permettono di stabilire l'utilità o meno del trattamento in funzione della densità delle malerbe, ma soprattutto della specie più o meno competitiva e dannosa. Infatti se per alcune specie la presenza è tollerata, per altre invece può essere pressoché pari a zero, soprattutto a causa della disseminazione per gli anni successivi e non solo per la capacità di arrecare danno limitatamente alla coltura in atto (Covarelli, 2007).

Una tecnica in grado di ridurre sostanzialmente l'impiego delle quantità complessive di prodotto è la localizzazione, almeno per le colture a file distanziate come le colture arboree (Rapparini *et al.*, 2009), ma anche le sarchiate estive (mais, soia, ecc.).

Tra le principali scelte strategiche sono anche incluse le complementari lavorazioni interfilari nelle colture sarchiate o la falsa semina o ancora il controllo nell'intercoltura. Infine la decisione di seminare i cereali autunno vernini con seme riprodotto a livello aziendale può, soprattutto nelle aree con problemi di infestanti resistenti, accrescere la diffusione di queste ultime e di conseguenza complicare significativamente il controllo delle erbe infestanti.

Tra le scelte tattiche di grande utilità è la determinazione dell'epoca di applicazione degli erbicidi in post-emergenza in funzione del periodo critico della coltura (Knezevic *et al.*, 2002), ma soprattutto per ottimizzare il grado d'azione erbicida, che permette di ridurre le dosi di impiego.

Le applicazioni frazionate di erbicidi nei confronti delle malerbe ai primi stadi di sviluppo permettono di ridurre le dosi complessive di principio attivo, come nel caso più diffuso di diserbo della barbabietola da zucchero, ma anche della soia, del mais, ecc.

L'alternanza e la miscela dei principi attivi permettono di ridurre le problematiche di selezione floristica, che nel medio-lungo periodo si ripercuote sul mantenimento delle dosi più ridotte di utilizzo.

Altro aspetto determinante per la razionalizzazione del diserbo chimico è la tecnologia applicativa e la regolazione delle irroratrici.

I più recenti erbicidi attivi a dosi infinitesimali (es. solfoniluree) permettono di ridurre i quantitativi complessivi di sostanze chimiche immesse nell'ambiente, con una favorevole riduzione dell'impatto ambientale.

Il ricorso agli isomeri più attivi, tra cui fluzifop-p-butile, quizalofop-p-etile, fenoxaprop-p-etile, S-metolaclof, dimetenamide-P, ecc., ha permesso di ridurre sostanzialmente i quantitativi distribuiti, mantenendo inalterata l'efficacia erbicida.

L'utilizzo degli antidoti (Campagna e Rapparini, 2007) permette di ottimizzare l'impiego degli erbicidi a miglior profilo nel rispetto della selettività colturale.

Le nuove formulazioni permettono spesso di ottimizzare il grado di azione erbicida, in particolare in condizioni critiche di intervento, grazie alla presenza di coformulanti più idonei. Talvolta è necessaria l'aggiunta di coadiuvanti estemporanei per ottimizzare il grado d'azione, in funzione dello stadio di sviluppo delle malerbe, ma soprattutto delle condizioni di stress, come ad esempio l'assenza prolungata di piogge e bassa umidità relativa.

Gli aspetti collaterali delle applicazioni erbicide

Gli erbicidi residuali che in genere vengono applicati in pre-emergenza agiscono per via radicale o sui germinelli delle malerbe durante la fase di nascita, mentre quelli estintivi distribuiti in post-emergenza vengono assorbiti tramite l'apparato fogliare. Per i primi il grado di efficacia dipende prevalentemente dalle condizioni pedoclimatiche, mentre per quelli fogliari sono decisivi numerosi aspetti collaterali che ne determinano l'azione devitalizzante finale. L'erbicida oltre ad essere intercettato e trattenuto dovrà superare le barriere naturali della pianta per essere assorbito. Qui gioca un ruolo determinante oltre che la morfologia della pianta, l'espansione e le caratteristiche della superficie fogliare (per esempio graminacee e liliacee trattengono meno le soluzioni erbicide rispetto a malerbe a foglia larga e non cerosa), anche la cuticola di natura idrofoba che protegge e avvolge gli organismi vegetali regolando il bilancio idrico. Per questo in condizioni ambientali caldo-secche lo strato cuticolare che si disidrata divenendo impermeabile, a differenza di quando il sistema suolo-atmosfera è ricco di umidità, limita maggiormente l'assorbimento e quindi il grado di azione dell'erbicida (Campagna e Rapparini, 2010). Inoltre la natura della molecola diserbante, lipofila o idrofila (polare), è influenzata nell'assorbimento attraverso la cuticola formata da strati lipidici e quindi idrofobi, seguendo vie lipidiche (la maggior parte degli erbicidi, con i quali ci si avvantaggia nell'aggiunta di oli) o acquose (per esempio diquat, ormonici, ecc., per i quali è indispensabile che lo stato fisiologico delle piante sia ottimale o almeno che la bagnatura sia abbondante).

Un ruolo di fondamentale importanza rivestono le formulazioni, i coadiuvanti e gli additivi, tra cui bagnanti, oli, solfato ammonico, ecc., che agiscono sulla soluzione irrorante aumentando la tensione superficiale del liquido o modificando il pH, oppure agiscono direttamente sulla cuticola modificandola o dissolvendola.

Una volta distribuiti, gli erbicidi vengono definiti di contatto quando sono già in grado di agire, a differenza di quelli sistemici che debbono essere traslocati fino al sito d'azione. Per i primi, più veloci nell'azione, è importante trattare tutto l'apparato fogliare e preferibilmente

durante i primi stadi di sviluppo delle malerbe annuali, che risultano più sensibili. Elevata luminosità e temperatura aumentano in genere la velocità d'azione a scapito del grado di efficacia finale. I prodotti sistemici vengono traslocati per via xilematica o floematica, o più semplicemente tramite la linfa grezza per gli erbicidi che assorbiti dalle radici vengono traslocati in senso acropeto, cioè verso l'alto, o tramite la linfa elaborata, per i principi attivi assorbiti dalle foglie che vengono traslocati in senso basipeto, cioè verso il basso (organi di accumulo e anche tessuti meristemati). Tra questi ultimi riveste un ruolo di determinante importanza l'efficienza fisiologica della pianta, notevolmente influenzata oltre che dai fattori ambientali e dal momento della giornata (Rapparini *et al.*, 2006), anche dall'età della pianta e dalla fase del suo ciclo. Per esempio in genere è più recettiva una pianta durante la prima metà della giornata e in particolare per le essenze perenni durante la seconda metà del ciclo, quando è prevalente il flusso floematico su quello xilematico. Gli interventi effettuati in diversi momenti della giornata possono determinare sensibili variazioni di efficacia erbicida, in quanto i fattori ambientali possono cambiare notevolmente, determinando, in funzione delle caratteristiche intrinseche degli erbicidi, condizioni favorevoli o sfavorevoli alla loro azione. Inoltre ai fini pratici durante l'esecuzione dei trattamenti è opportuno prestare particolare attenzione a direzione e velocità del vento, che oltre a causare una riduzione di efficacia per un rapido asciugamento delle gocce, può aumentare i rischi da deriva dei prodotti su colture sensibili. Con pressione di esercizio elevata e gocce di irrorazione fini, la deriva può interessare le colture vicine con una velocità del vento superiore a 10-15 km/ora. La tipologia degli ugelli utilizzati assume notevole importanza, infatti studi ed esperienze condotte a livello internazionale, evidenziano che la rilevanza delle attrezzature di scarsa qualità o mal regolate, insieme alle condizioni di eccessiva ventosità, può influire per oltre i due terzi sulla riduzione del grado di efficacia, mentre la parte restante è da imputare maggiormente a problematiche di carattere fisiologico delle malerbe, sempre riconducibile a complicazioni climatiche. I fattori di regolazione assumono in questi casi carattere di primaria importanza, tra cui l'altezza della barra, l'angolo di apertura e la direzione degli ugelli rispetto al bersaglio, rappresentato dalla coltura nel caso di applicazioni di post-emergenza. In assenza di vento tali fattori possono risultare trascurabili, mentre assumono un'importanza crescente all'aumentare della velocità dello stesso.

Per avere gocce più grosse e quindi ridurre i problemi di deriva, occorre utilizzare additivi in grado di aumentare il grado di viscosità del liquido, ridurre la pressione di esercizio e utilizzare ugelli a ventaglio con orifizio più grosso preferibilmente assistiti da flusso d'aria, oppure ugelli antideriva (Campagna *et al.*, 2009). Il diametro delle gocce può variare da

alcuni micron, come nel caso degli atomizzatori ad aeroconvezione impiegati nei frutteti, ad alcune decine di micron con irroratrici ad alta pressione di esercizio, fino a centinaia di micron (anche 1 mm) con irroratrici a bassa pressione (inferiore a 3 bar).

In alcune regioni europee soggette a frequenti condizioni climatiche ventose, hanno adottato strategie di carattere agronomico che si integrano perfettamente con quelle meccaniche, come le barriere frangivento con effetti diretti sia sulla riduzione della velocità del vento che sulla captazione delle gocce alla deriva.

Attualmente una soluzione efficace è anche l'adozione di barre a manica d'aria, malgrado la necessità di dover ricorrere a un maggior investimento iniziale. Nel caso dei terzisti per esempio, che si vedono talvolta costretti ad intervenire anche in condizioni anomale, e che in ogni caso debbono aumentare il numero delle ore disponibili di applicazione (Allegri *et al.*, 2004), può risultare necessario fare un investimento di questo tipo. D'altra parte è possibile intervenire con soluzioni decisamente meno costose mediante l'utilizzo degli ugelli antideriva, che influiscono prevalentemente sulla dimensione delle gocce, in particolare per quelle con diametro inferiore a 100 micron. Per contro può aumentare il rischio di eccedere nel diametro delle gocce (oltre 600 micron), in funzione del volume di acqua e della dose di erbicida utilizzati, con possibile aumento delle perdite dovute a ruscellamento e di riduzione del numero degli impatti. La conseguenza pratica è quella di limitare il grado di efficacia erbicida, in particolare nel caso dei diserbanti maggiormente attivi se distribuiti in gocce piccole (fenmedifam, desmedifam, bentazone, bromoxinil, ecc.), mentre è praticamente ininfluente la dimensione delle gocce per altri erbicidi come glifosate, per il quale assume maggiore importanza il volume e la qualità dell'acqua. In via teorica la dimensione ottimale delle gocce è quella che fornisce il maggior grado di copertura, mentre in pratica è necessario ricercare il giusto compromesso tra la migliore bagnatura e le minori perdite per deriva. Inoltre a parità di volume d'acqua distribuita, variando la dimensione delle gocce varia il numero delle stesse e la superficie coperta. Per esempio da una goccia di 1 mm si possono ottenere 1000 goccioline di 100 micron di diametro, le quali sono in grado di coprire una superficie notevolmente superiore rispetto a gocce più grossolane. Questo è un concetto indispensabile nella tecnica di distribuzione con volumi ridotti. In tal caso risulterebbe indispensabile favorire il trasporto delle gocce più fini sul bersaglio mediante un flusso d'aria, allo scopo di evitare sia la deriva che limitare il grado di penetrazione. Un altro elemento di fondamentale importanza per ottimizzare il grado di efficacia è l'omogeneità della dimensione e della distribuzione delle gocce. Per controllare l'effettivo grado di uniformità di bagnatura, densità e numero di impatti per unità di superficie, ci si può avvalere delle cartine

idrosensibili, ricoperte di un film giallastro che si colora di blu al contatto dell'acqua. Queste possono essere posizionate a terra o sulle foglie delle colture a diversa altezza.

Nel caso di applicazioni di erbicidi residuali in assenza di coltura, la dimensione e l'omogeneità delle goccioline rivestono un ruolo di minore importanza purché siano ben ripartite per unità di superficie, in quanto l'umidità del terreno o le piogge contribuiranno a migliorare la distribuzione e il grado di azione. Maggiore potrà essere il diametro delle gocce (250-400 micron) per gli erbicidi fogliari sistemici o citotropici, i quali sono in grado di penetrare e di agire all'interno delle piante. Da qui emerge l'importanza di conoscere e di tenere sotto controllo le numerose variabili che entrano in gioco: condizioni ambientali, caratteristiche degli erbicidi e delle irroratrici, loro regolazione e volume di acqua adottato per la distribuzione, ecc. Operativamente però, spesso ci si trova ad avere a che fare con la tempestività di intervento che non concilia con le avverse condizioni ambientali, pertanto si dovrà intervenire agendo sui diversi parametri e fattori allo scopo di raggiungere il miglior compromesso minimizzando i rischi e massimizzando il grado di azione compatibilmente con quelle determinate condizioni di trattamento: ridurre la velocità di lavoro e abbassare l'altezza della barra, aumentare la dimensione delle gocce aggiungendo bagnanti e agendo sulla riduzione della pressione, assicurando in ogni caso la migliore bagnatura e l'uniformità di distribuzione.

La miscibilità dei prodotti

Nei casi in cui sia necessario impiegare contemporaneamente diversi prodotti ad azione complementare, tra cui i più comuni dicotiledonici e graminicidi fogliari, occorre conoscere o accertare la compatibilità sia chimica che biologica al fine di valutare la convenienza agronomica e il risultato globale della miscela. Qualora nella preparazione e durante la distribuzione delle miscele dei diversi preparati erbicidi non si accertino fenomeni di flocculazione, rimane da stabilire, per conoscenza diretta o indiretta, se si possono manifestare sulla coltura sintomi di fitotossicità ed effetti antagonisti sull'efficacia erbicida nei confronti delle singole infestanti, con particolare riguardo alle specie più concorrenziali. Per l'importanza che oggi rivestono le uniche applicazioni di prodotti dicotiledonici e graminicidi fogliari, occorre accertare preventivamente tramite consultazione dell'etichetta e di note tecniche, se esistono incompatibilità tra i formulati di diversi principi attivi e quali precauzioni debbono essere prese quando esistono condizioni positive per la loro miscelazione. Tra i prodotti ad azione dicotiledonica e graminicida, occorre considerare che

in generale si assiste ad un incremento dell'attività verso le infestanti a foglia larga, per l'aumento dell'adesività e della penetrazione dei principi attivi, a causa dell'apporto di maggiori quantità di coadiuvanti presenti nei graminicidi. Normalmente si verifica invece una diminuzione dell'attività graminicida, che può essere eliminata o attenuata utilizzando i prodotti graminicidi più attivi verso le infestanti di più difficile eliminazione, evitando la miscela con i dicotiledonicidi quando si devono eliminare infestanti graminacee presenti in elevata quantità e nei più avanzati stadi di sviluppo. Inoltre non è consigliabile utilizzare le miscele tra prodotti graminicidi e dicotiledonicidi quando sussistono condizioni sfavorevoli di applicazione: carenza di umidità atmosferica e del terreno, scarsa competitività della coltura, attrezzature non razionali, ecc.

I trattamenti erbicidi e le epoche di impiego

Nelle condizioni tecniche ed economiche di una moderna ed estensiva coltivazione, in cui l'agricoltore dispone di una determinata gamma di erbicidi in grado di rispondere alla maggior parte dei suoi problemi, la scelta dei prodotti e della loro epoca di impiego sarà influenzata oltre che dai principali fattori agronomici (tipo di rotazione, terreno, clima e flora infestante della sua azienda) anche dalle conoscenze delle caratteristiche dei diserbanti, del loro modo d'azione e della biologia delle singole specie di malerbe.

In relazione alle caratteristiche dei prodotti, alle condizioni pedoclimatiche e al tipo di flora infestante, il diserbo può essere eseguito nelle seguenti epoche del ciclo colturale:

- in pre-semina, su terreno sodo o prima di una minima lavorazione con devitalizzanti fogliari sistemici a base di glifosate per eliminare le infestanti nate prima della semina (Campagna e Rapparini, 2003) al fine di completare il diserbo con soli trattamenti di post-emergenza;
- in pre-emergenza, su terreni tradizionalmente lavorati e finemente preparati purché non torbosi, per prevenire la nascita di normali infestazioni e allo stesso tempo per prevenire la competizione iniziale con le colture e semplificare l'esecuzione di eventuali trattamenti di post-emergenza;
- in post-emergenza precoce, con interventi eseguiti alle prime foglie delle colture con le stesse finalità dei trattamenti di pre-emergenza e con il vantaggio di poter scegliere i prodotti e le dosi in relazione al tipo di infestanti già nate e di assicurare una maggiore stabilità d'azione per il clima più favorevole all'attivazione dei diserbanti. I prodotti

impiegati in quest'epoca spesso sono gli stessi utilizzati in pre-emergenza con una maggior valorizzazione delle dosi mediante l'aggiunta di oli o bagnanti;

- in post-emergenza per eliminare complesse e intense infestazioni di tutte le specie graminacee e dicotiledoni annuali, ma spesso anche delle specie perenni, con il vantaggio di eliminare con un solo intervento tutte le infestanti.

I prodotti che si possono utilizzare in funzione della selettività e delle possibilità di impiego sono i graminicidi e contro le infestanti dicotiledoni le solfoniluree, i composti ormonici, ecc., dotati di ampio spettro d'azione e in genere di buona miscibilità con i graminicidi fogliari.

Gli aspetti negativi derivanti da un impiego irrazionale degli erbicidi

Gli aspetti negativi derivanti da un impiego irrazionale degli erbicidi sono in primo luogo oltre al costo eccessivo, il rischio di causare danni alle colture poste in normale successione, mentre a più lungo termine la pressione di selezione originata da un ripetuto impiego di erbicidi caratterizzati dallo stesso meccanismo d'azione e con spettro di efficacia simile può comportare l'insorgenza di una flora di sostituzione di più difficile contenimento, ma soprattutto il rischio di ecotipi resistenti. Inoltre il ripetuto utilizzo di erbicidi in aree circoscritte, può comportare l'accumulo di residui oltre che nei terreni anche nelle acque superficiali e di falda.

La persistenza e la percolazione dei residui erbicidi

Le problematiche agronomiche relative ad un'elevata persistenza sussistono in particolare nelle aziende orticole che praticano cicli colturali intensivi, in cui l'assorbimento dei residui degli erbicidi nel terreno da parte delle colture (*carry-over*) che seguono o che eventualmente possono sostituire quelle che accidentalmente hanno subito danni biotici o abiotici, può causare danni da fitotossicità (Rapparini *et al.*, 2010).

Gli studi agronomici effettuati in pieno campo per verificare i possibili danni alle colture di successione e di sostituzione, in particolare se effettuati con test biologici, risultano particolarmente utili per questi scopi (Rapparini *et al.*, 2006). La determinazione della concentrazione residua degli erbicidi mediante dosaggi biologici, congiuntamente alla semina intercalare di differenti specie su terreni sottoposti a varie modalità di lavorazione, risulta particolarmente utile per definire il limite temporale della sensibilità. Queste verifiche effettuate preventivamente in campo o riscontrate a seguito di differenti condizioni

pedoclimatiche e agronomiche, permettono di stabilire per ciascuna specie coltivata, gli intervalli di tempo necessari affinché i residui degli erbicidi scendano sotto il limite di sensibilità biologica, tanto da non causare danni da fitotossicità (Rapparini *et al.*, 2002; Rapparini *et al.*, 2004).

Spesso accade di osservare sintomi in campo in corrispondenza delle testate o di raddoppi di applicazione. Questo empiricamente viene ritenuto un campanello di allarme oltre il quale si possono riscontrare serie problematiche, in particolare per le colture orticole che presentano spesso cicli colturali brevi, con l'esigenza di intercalare più coltivazioni in successione nel corso dell'annata. I rischi si aggravano ulteriormente nel caso si debba ricorrere alla sostituzione di una coltura, da cui la necessità delle verifiche sperimentali.

Le influenze agronomiche sulla persistenza degli erbicidi

Un elevato grado di attenzione deve essere riposto nella scelta degli erbicidi e della più appropriata tecnica agronomica sia per la salvaguardia delle colture di successione e di sostituzione, che per gli aspetti ambientali in particolare qualora si operi in aree vulnerabili, come nei suoli più sabbiosi lungo aree costiere, torrenti, fiumi e laghi, con maggior pericolo per le acque e gli organismi acquatici.

Per quanto riguarda le pratiche agronomiche occorre considerare che la pacciamatura influenza direttamente la dispersione ambientale e la persistenza degli erbicidi applicati in precedenza o successivamente. Nei periodi più freddi può far registrare un aumento della temperatura del terreno con conseguente aumento dei ritmi di degradazione da parte della microflora batterica.

Le pratiche irrigue effettuate a pieno campo ma anche in localizzazione, da un lato incrementano i rischi di possibile raggiungimento delle acque di falda a livello locale prima che sia avvenuta la completa degradazione, in particolare nei suoli più sciolti o con presenza di scheletro. D'altro canto il maggior tenore di umidità del suolo, in particolare nel periodo estivo, influenza direttamente la degradazione dei residui ad opera di una più attiva microflora.

La concimazione organica svolge un'importante ruolo nei confronti del destino degli erbicidi nel suolo, non solo per il maggior potere adsorbente e quindi per la riduzione della mobilità, ma soprattutto per la maggiore attività microbica in grado di accelerare i tempi di degradazione.

L'influenza della distribuzione di fertilizzanti di sintesi può risultare più importante invece nel caso di una degradazione di tipo chimico.

Ai fini prettamente agronomici svolgono un'importante ruolo le energiche lavorazioni effettuate prima della semina di una coltura sensibile all'impiego di un diserbante persistente applicato in precessione, qualora i tempi ridotti e le condizioni sfavorevoli alla degradazione pongano il dubbio di poter arrecare danno alla coltura da seminare. Le arature per esempio permettono di ridurre la concentrazione superficiale di residuo attivo dove le plantule potrebbero assorbire dosi letali di principio attivo, in particolare durante la fase di desorbimento a seguito di piogge o applicazioni irrigue.

L'allontanamento di frazioni biologicamente attive verso gli strati sottostanti pongono la coltura in una condizione di tollerare i residui diluiti sotto la concentrazione letale lasciando tempo alla microflora batterica per la degradazione e alle piante di sviluppare e accrescere il loro grado di tolleranza.

Altri aspetti agronomici da prendere in considerazione sono il rispetto delle dosi in funzione delle caratteristiche pedoclimatiche, l'anticipo delle applicazioni preventive ed eventualmente il ritardo per quelle fogliari per consentire una più completa copertura vegetale qualora vengano utilizzati in post-emergenza erbicidi a duplice azione fogliare e residuale (Rapparini *et al.*, 2010).

La flora di sostituzione

Le comunità vegetali sono entità dinamiche in progressiva evoluzione in funzione della pressione di selezione, che dipende dal tipo di gestione che viene effettuata.

Nel caso di una rotazione stretta congiunta a lavorazioni superficiali, in particolare con l'utilizzo ripetuto degli stessi erbicidi, si selezionano popolazioni che vanno a compensare gli spazi che si liberano, divenendo talvolta molto competitive e di non facile contenimento perchè meno sensibili agli erbicidi. La nuova popolazione infestante viene definita flora di sostituzione e in genere è rappresentata da un minor numero di specie (Covarelli, 1999).

La gestione integrata mediante un'appropriata rotazione e concimazione (in particolare azotata), la cura di fossi e incolti, lavorazioni più energiche alternate a periodiche arature, il razionale utilizzo degli erbicidi, ecc., concorrono a contrastare questi fenomeni. In molteplici esperienze è stato dimostrato che l'abbandono dell'aratura riduce la frequenza di alcune specie dicotiledoni come *Papaver rhoeas*, *Fumaria officinalis*, *Sinapis arvensis*, *Galium aparine*, *Veronica* spp., ecc., ma fa aumentare la presenza della generalità delle specie pluriennali, delle composite (es. *Lactuca serriola*, *Picris echioides*, *Xanthium strumarium*, *Sonchus* spp., *Galinsoga* spp.) o delle ombrellifere (*Daucus carota*, *Ammi majus*, *Torilis* spp.), nonché della generalità delle graminacee (Bucchi *et al.*, 2008) microterme (es. nei

cereali vernini *Bromus* spp., *Avena sterilis*, *Lolium* spp., *Hordeum murinum*, ecc.) e macroterme (es. nelle sarchiate estive *Echinochloa crus-galli*, *Setaria* spp., *Sorghum halepense*, ecc.).

Il rischio di comparsa di resistenze

Il rischio dell'insorgenza di malerbe resistenti agli erbicidi è reale e potenzialmente molto pericoloso, in particolare dove si praticano strette successioni colturali. Negli ultimi anni nei cereali vernini e nel mais vengono effettuate rotazioni sempre più strette, dettate unicamente da criteri economici e non agronomici, con aumento del rischio di comparsa e di estensione del fenomeno delle resistenze.

Le ricadute sul mondo produttivo rischiano di divenire veramente gravi, con una possibile involuzione delle produzioni e di conseguenza della tecnica colturale, la quale potrebbe richiedere la temporanea sospensione della coltivazione, pena il ricorso ad antieconomiche zappature e scerbature, in antitesi con la crescente richiesta di competitività.

L'acquisizione della resistenza da parte delle malerbe

La capacità di alcuni individui di una popolazione infestante di sopravvivere ad un determinato erbicida ripetutamente utilizzato per il loro contenimento, differisce dalla parziale efficacia che si verifica casualmente a seguito di avverse e momentanee condizioni ambientali o agronomiche legate alla modalità di impiego degli erbicidi o allo stadio di sviluppo delle malerbe.

Quest'ultimo fenomeno è temporaneo e gli erbicidi correttamente impiegati in momenti successivi esplicano la loro piena efficacia in condizioni ottimali di impiego (Holt, 1992).

Con la comparsa della resistenza invece, si selezionano biotipi all'interno di una specie sensibile, che non manifestano i classici sintomi di azione a seguito dell'applicazione erbicida, e soprattutto sono in grado di trasmettere per via ereditaria questa caratteristica negativa.

La probabilità e il tempo richiesto per arrivare a ciò dipende da molti fattori, tra i quali la modalità d'azione e la frequenza di impiego dell'erbicida, nonché la tipologia del principio attivo, la variabilità genetica della specie e le relative caratteristiche di adattabilità e di competizione con le altre malerbe.

Tale fenomeno non è di recente comparsa, infatti è da anni segnalato dapprima tra gli insetti e i funghi, e successivamente per alcune specie di malerbe che infestavano coltivazioni di riso, mais e frumento ove si praticava un'agricoltura molto estensiva mediante la lotta con mezzi

chimici senza curare altre possibilità di contenimento integrate delle infestanti (Sattin *et al.*, 2000).

In questi ultimi anni nei Paesi più industrializzati in cui si ricorre unicamente alla meccanizzazione e all'impiego di erbicidi caratterizzati da meccanismi d'azione specifici, il problema può assumere una rilevante pericolosità, che alle prime avvisaglie potrebbe risultare di difficile controllo.

Pertanto occorre mettere in pratica tutte le misure preventive che prevedano strategie integrate di lotta, onde scongiurare la comparsa di fenomeni di resistenza.

Infatti dall'analisi dei casi in cui sono comparse popolazioni di malerbe resistenti, è emerso che le pratiche di coltivazione risultano eccessivamente semplificate e la biodiversità viene fortemente compromessa.

I principali presupposti per la comparsa di resistenze sono l'eccessiva meccanizzazione praticata su appezzamenti di notevoli dimensioni, la completa assenza del ricorso di scerbature di individui di infestanti non devitalizzati dopo l'applicazione degli erbicidi, le minime lavorazioni o le semine su sodo di coltivazioni in monosuccessione (Campagna e Rapparini, 2007), l'impiego ripetuto di un ristretto numero di principi attivi appartenenti alla stessa famiglia chimica caratterizzati dallo stesso meccanismo d'azione, l'utilizzo di dosi ridotte, le condizioni pedoclimatiche sfavorevoli, ecc.

I fenomeni di resistenza possono comparire a seguito di una mutazione, con una frequenza ridottissima, ma che in quelle determinate condizioni colturali eccessivamente semplificate può prendere il sopravvento. Il mutante può presentare un gene in grado di detossificare l'erbicida, oppure altri meccanismi di resistenza prevedono l'acquisizione progressiva di detossificazione che rende l'infestante resistente a un determinato erbicida.

In ogni caso alcuni individui riescono a sopravvivere agli interventi erbicidi e si diffondono infestando la coltura, pertanto si rende necessario il ricorso a pratiche alternative in grado di contenerle, da cui l'importanza delle pratiche di lotta integrata per la gestione delle malerbe

Il controllo integrato nelle principali colture

Vista l'importanza della gestione integrata delle malerbe, si prendono in rassegna le strategie di contenimento nei confronti di alcune coltivazioni erbacee estensive ed arboree, quale contributo del diserbo chimico in sinergia con gli altri mezzi di lotta.

E' evidente che per alcune colture come quelle a ciclo pluriennale l'integrazione delle pratiche è più evidente e di facile gestione, mentre in altre come quelle erbacee estensive

risulta più difficile e l'impiego degli erbicidi tende a prevalere per l'immediatezza dei risultati e spesso anche per il minor costo della tecnica. Tuttavia occorre valorizzare tutte le pratiche in un contesto di obiettivi a lungo termine, con lo scopo di preservare la biodiversità, ridurre la pressione selettiva e la comparsa di una flora di sostituzione, nonché scongiurare i rischi di comparsa di resistenze.

Alla luce della più recente revisione effettuata a livello europeo, sono contemplati gli erbicidi a più favorevole profilo ambientale e tossicologico applicati in pre e post-emergenza, valorizzando la pratica della falsa semina con l'azzeramento delle malerbe in pre-semina mediante glifosate, il quale attualmente rimane quasi l'unica soluzione a seguito della temporanea sospensione di glufosinate, con esclusione degli importanti interventi di pre-emergenza su alcune colture erbacee (barbabietola, patata, cipolla, ecc.) e spollonanti per le colture arboree, nonché di disseccamento di pre-raccolta della patata.

Il diserbo dei cereali vernini

Per quanto riguarda la diffusione delle specie infestanti a nascita autunno-invernale, a parte le tradizionali *Avena* e *Alopecurus* tra le graminacee, le quali mantengono elevata la loro pericolosità in tutto il territorio nazionale, con una maggiore presenza della prima al centro-sud e della seconda al nord, si segnala una maggiore presenza di *Bromus* e *Lolium* a nascita autunnale, soprattutto nelle semine su sodo con terreno non lavorato e a seguito di decorsi stagionali secchi durante le fasi che precedono la semina. In aumento vengono segnalate al centro le falaridi, ma sporadicamente anche in Emilia Romagna, in particolare per quanto riguarda la specie *Phalaris paradoxa*. Queste malerbe notoriamente non sono solo causa di danno per la competizione diretta da sottrazione di luce e sostanze nutritive, ma anche di precoci allettamenti, scarsi accestimenti e ridotta formazione di spighe, oltre alle difficoltà che ne derivano per il contenimento non eseguito in tempo utile o con i prodotti più efficaci. Inoltre non è da sottovalutare il fenomeno della selezione di ecotipi sempre più tolleranti all'impiego degli erbicidi specifici, in particolare per quelle specie che possono essere contenute solo con l'impiego di erbicidi in post-emergenza.

Riguardo alle malerbe a foglia larga a nascita autunnale, ma che possono continuare a germinare anche nei mesi tardo-invernali fino all'inizio della primavera, oltre alle crucifere si riscontra un lieve aumento delle infestazioni di *Papaver*, *Veronica*, *Fumaria* e *Ranunculus*, a causa del ripetuto impiego in questi ultimi anni degli erbicidi solfonilureici. Stabile appare il *Galium* dopo un periodo di forte diffusione registrata nello scorso decennio, al quale si deve

una maggiore e decisiva lotta nei confronti di questa specie. Limitata è, in condizioni normali di coltivazione, l'emergenza della malerbe a nascita primaverile, se si escludono eventuali nascite di *Fallopia convolvulus* al termine della stagione invernale, le quali in concomitanza di decorsi sfavorevoli allo sviluppo della coltura possono sviluppare sulle colture più rade. A seguito del ricorso alle semine su sodo o su minima lavorazione, e per la presenza dei terreni a riposo (set-aside) in cui si rileva un aumento della presenza di composite, si sono diffuse le specie ad emergenza superficiale meno sensibili all'impiego degli erbicidi di post-emergenza, come *Lactuca serriola*, la quale si riscontra sempre con maggiore frequenza nelle coltivazioni di cereali.

In espansione risultano, in particolare al centro, *Matricaria*, *Chrysanthemum*, *Vicia* e ombrellifere, tra cui non sono segnalate solo quelle a nascita autunno-invernale, come *Bifora* e *Scandix*, ma anche quelle primaverili come *Daucus* e *Ammi*, che possono emergere dal frumento più rado e meno competitivo dalla fine dell'inverno. Al sud le più temibili appaiono *Anethum*, *Chrysanthemum*, *Sylibum*, *Gladiolus*, *Oxalis*, *Sinapis*, *Raphanus*, ecc., che tendono ad emergere in epoche scalari e avanzate, rendendo vani i ritardi delle semine in concomitanza di autunni umidi in cui mediante l'ausilio delle lavorazioni è possibile eliminare molte malerbe riducendo la pericolosità delle stesse al punto che, in molti casi, non si ricorre alla pratica del diserbo.

Tra le perenni in aumento generalizzato risultano le infestazioni di *Equisetum* e *Convolvulus*, mentre appaiono stabili quelle di *Cirsium*.

Il contributo del diserbo chimico

Come evidenziato in tabella 1 la gestione integrata delle malerbe può essere realizzata attraverso diversi strumenti e possibilità, sia di natura agronomica che con il mezzo chimico.

Evidentemente non tutti gli interventi possono essere contemplati durante un ciclo colturale, ma per quanto possibile sarebbe opportuno cercare di attuarne il maggior numero possibile alternando quelli chimici a quelli non chimici.

Relativamente al contributo del mezzo chimico, negli ultimi anni è aumentata la tendenza ad eseguire i trattamenti diserbanti alla fine dell'inverno-inizio primavera, a discapito delle applicazioni di pre-emergenza e post-emergenza precoce (2 foglie-inizio accestimento), in considerazione della mutata tecnica di preparazione dei letti di semina e per le sempre più diffuse infestazioni di *Avena*, *Phalaris*, *Galium*, ombrellifere, ecc., le quali debbono essere trattate in post-emergenza con le moderne miscele di graminicidi e dicotiledonici ad azione specifica (Rapparini *et al.*, 2011).

Nelle semine su sodo o anche prima di una minima lavorazione in presenza di malerbe annuali molto sviluppate o con infestanti perenni, si rivelano fondamentali i trattamenti estintivi eseguiti con i devitalizzanti fogliari a base di glifosate, allo scopo di eliminare tutte le infestanti presenti o emergenti dopo la raccolta della coltura precedente, comprese le più difficili infestazioni di *Bromus*, che germinano dopo la caduta di precipitazioni piovose, non sarebbero contenibili con i prodotti selettivi.

Tabella 1. Possibilità di gestione integrata delle erbe infestanti del frumento nelle differenti fasi del ciclo colturale. In grassetto sono evidenziati gli interventi che contemplano l'impiego degli erbicidi.

Fase del ciclo colturale	Possibilità di gestione integrata
Sistema colturale	-Rotazione colturali corrette (alternanza con specie dicotiledoni e/o a semina primaverile) -Lavorazioni profonde (aratura) in presenza di specie annuali con semi poco longevi o che germinano in superficie e specie perenni
Pre-semina e semina	-Erpicatura di affinamento in epoca anticipata (falsa semina) -Disseccamento malerbe con semina su sodo -Seme certificato (esente da seme di erbe infestanti)
Pre-emergenza o post-emergenza precoce (1-3 foglie)	-Impiego di erbicidi specifici per il controllo di infestanti di sostituzione e/o resistenti
Accestimento	-Diserbo in post-emergenza -Strigliatore -Scouting
Levata	-Diserbo integrativo verso specie difficili o perenni
Raccolta	-Raccolta separata in presenza di focolai di malerbe di difficile gestione o resistenti
Intercoltura	-Lavorazioni per favorire emergenza malerbe ed evitare disseminazione -Devitalizzazione chimica perenni

I risultati che si possono conseguire sono soddisfacenti qualora non si verificano abbondanti emergenze di infestanti contemporaneamente alla nascita del frumento a seguito di un andamento di inizio autunno molto siccitoso, in cui sia le lavorazioni che il disseccamento del letto di semina non consentono di devitalizzare le malerbe che non sono ancora nate; per questo può risultare vantaggioso posticipare le semine. La convivenza tra coltura e infestanti nate contemporaneamente può provocare seri danni alla coltura in termini di investimento di piante che di culmi di mancato accestimento, causando serie riduzioni della produzione a seguito di un periodo troppo lungo in cui si sottopone la coltura alla competizione delle

infestanti. Di conseguenza occorre prevedere un intervento di post-emergenza precoce per limitare la competizione nei confronti della coltura. La stessa situazione di danno arrecato dalla competizione floristica si può riscontrare qualora il trattamento primaverile venga ritardato a causa di un anomalo decorso climatico in particolare nelle aree dove l'agibilità del terreno è resa problematica dalla pendenza (ambienti collinari o eccessivamente argillosi), in cui il frumento allo stadio di levata entra in una fase di elevato rischio di danno da competizione, tanto che anche una pressione non eccessivamente elevata può arrecare importanti decrementi produttivi.

La preparazione del letto di semina e il decorso climatico influenzano pertanto la scelta delle strategie di diserbo da applicare. Gli interventi di pre-emergenza trovano una valida giustificazione dove i terreni vengono ben affinati e preparati con la tecnica tradizionale, e qualora si prevedano inerbimenti di *Alopecurus*, *Lolium*, *Poa* e solo in minima parte di *Phalaris* tra le graminacee oltre che di *Veronica*, *Stellaria*, *Papaver*, *Matricaria*, ecc. tra le dicotiledoni. Il vantaggio principale è quello di poter intervenire nel corso della primavera successiva con più mirati trattamenti di post-emergenza da eseguire nella più favorevole epoca di inizio levata in presenza di malerbe perenni come *Cirsium* e *Rumex*, o chiazze di *Avena sterilis* e *Galium aparine*.

Più diffusamente il diserbo chimico del frumento e dei cereali minori viene effettuato in assenza di applicazioni preventive a fine inverno a partire da metà febbraio fino ai primi di aprile su colture in accestimento o in levata quando si prevede che siano già nate tutte le infestanti da combattere. In queste più favorevoli epoche di impiego, dove rimane prevalente l'applicazione dei soli prodotti dicotiledonici, si stanno sempre più espandendo gli interventi con i moderni graminicidi fogliari attivi su *Avena* e in modo differenziato sulle altre infestanti graminacee (*Alopecurus*, *Lolium*, *Poa*, *Phalaris*, ecc.) per lo più in miscela con i più attivi dicotiledonici.

Per la lotta alle infestanti a foglia larga in trattamenti precoci e con temperature di poco superiori ai 5 °C, risultano molto efficaci le solfoniluree tra cui tifensulfuron-metile, utilizzato più diffusamente nella miscela formulata con tribenuron-metile, metsulfuron-metile e triasulfuron per eliminare prevalenti infestazioni di crucifere (*Sinapis*, *Myagrum*), composite (*Matricaria*, *Anthemis*, *Chrysanthemum*) e ombrellifere (*Bifora*, *Scandix*). Non sono in grado tuttavia di eliminare gli inerbimenti di *Veronica*, *Galium*, *Viola*, ecc., richiedendo di essere integrate con prodotti attivi contro queste infestanti e in parte anche verso le poligonacee, con miscele a base di ioxinil + MCPP, in particolare con il più compatibile tribenuron-metile. Per una più specifica lotta contro *Galium aparine*, molto valido risulta l'impiego di fluroxipir e di

amidosulfuron, parimenti attivo verso crucifere e ombrellifere, mentre per completare il suo spettro d'azione dicotiledonica molto efficace risulta la sua miscela con ioxinil + MCPP estere e a volte con altre solfoniluree. In alternativa all'impiego delle solfoniluree, la lotta precoce contro le infestanti dicotiledoni può essere effettuata con florasulam.

Nel caso di un'elevata infestazione di malerbe perenni si richiede un intervento più ritardato, spesso non conciliabile con un razionale contenimento delle specie annuali. Nel caso in cui queste siano presenti in quantità e sviluppo limitato, può risultare opportuno puntare ragionevolmente al contemporaneo controllo in un unico intervento di fine marzo-inizio aprile, altrimenti occorre procedere al doppio intervento, con applicazioni localizzate alle chiazze delle malerbe perenni a sviluppo più tardivo in seconda epoca dopo aver devitalizzato le infestanti annuali in epoca più precoce. Qualora si preveda un'elevato inerbimento di infestanti perenni, può risultare opportuno optare alla scelta di una strategia mirata per contenere la maggior parte delle malerbe annuali in pre-emergenza, rimandando alla bonifica di quelle perenni nell'epoca maggiormente determinante di post-emergenza ritardato. Rimane poi il problema delle sempre più diffuse infestazioni di *Convolvulus arvensis* e di *Equisetum*, per le quali può risultare opportuno intervenire sulle stoppie dopo alcune settimane dalla trebbiatura e a seguito di piogge, affinché venga ricostituito un sufficiente apparato vegetativo in grado di assorbire gli erbicidi più attivi nei confronti di queste malerbe di difficile controllo nei confronti di tutte le colture.

Soluzioni possibili di IWM nei cereali autunno vernini

Infine in figura 2 sono riportati possibili percorsi tecnici "integrati" adottabili nei cereali autunno vernini. In particolare, nei casi più comuni, ove il terreno che ospita la coltura venga preventivamente "lavorato" o con un'aratura od ancora con attrezzi combinati, il controllo delle erbe infestanti viene realizzato integrando il diserbo chimico di post-emergenza con misure di carattere preventivo quali la falsa semina o l'uso dell'erpice strigliatore.

Nelle situazioni nelle quali si operi con una semina su sodo, un apporto fondamentale deriva dal tipo di precedente colturale; la soia o il girasole sono ad esempio specie che non pregiudicano la sanità della coltura relativamente alla problematica delle fusariotossine e soprattutto "lasciano" il terreno in condizioni sufficientemente favorevoli, ad eccezione delle annate estremamente umide e piovose durante la raccolta di queste protoleaginose, per quanto attiene alla struttura dei suoi aggregati. In queste situazioni un intervento in pre-semina con un erbicida totale risulta quasi sempre necessario e può essere ragionevolmente completato con un intervento su coltura in atto in post emergenza della coltura.

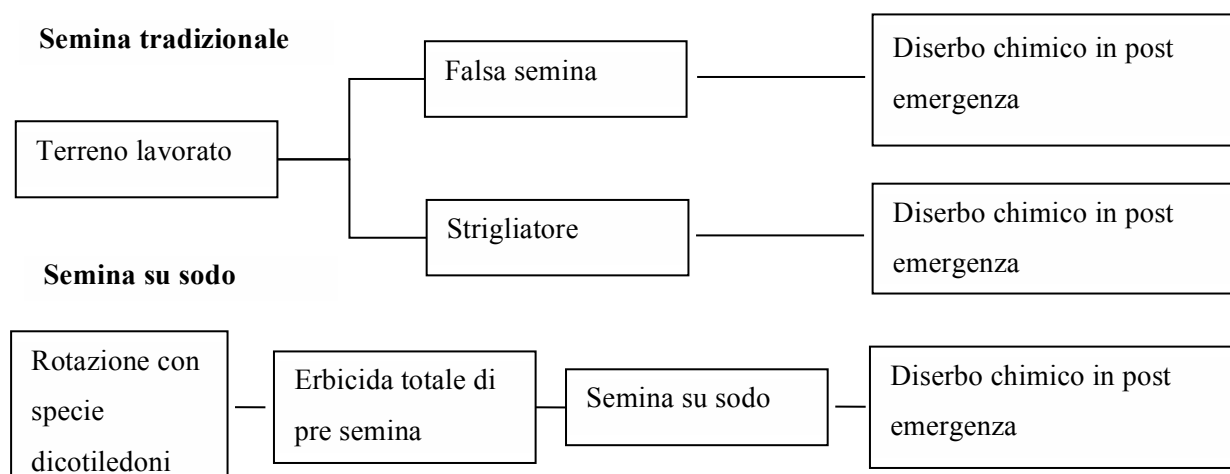


Figura 2. Esempi di soluzioni tecniche di IWM adottate per il contenimento delle erbe infestanti nei cereali autunno vernini.

Il diserbo del mais

L'infestazione maggiormente presente sulla coltura del mais rimane quella classica composta da chenopodiacee (*Chenopodium album*), amarantacee (*Amaranthus retroflexus*), solanacee (*Solanum nigrum*), poligonacee (*Polygonum lapathifolium* e *P. persicaria*), graminacee estive (*Sorghum halepense*, *Echinochloa crus-galli*, *Setaria* spp.), ecc. Vi è da segnalare tuttavia un lieve aumento delle malerbe a nascita più precoce a causa delle semine più anticipate, tra cui in particolare *Fallopia convolvulus* e *Polygonum aviculare*, oltre a *Veronica*, *Matricaria*, *Chenopodium vulvaria*, *C. polyspermum*, ecc. In aumento risultano anche le infestazioni di composite a causa delle frequenti disseminazioni che si registrano negli incolti e nei terreni destinati a set-aside, come pure *Abutilon*, *Bidens*, *Datura* e *Acalypha*, quest'ultima già pericolosamente presente in Friuli, Veneto e in alcune zone confinanti della Lombardia. Nelle zone maidicole piemontesi e lombarde che ricadono nei comprensori risicoli sono in aumento le infestazioni di *Cyperus*. Fra le malerbe di sostituzione preoccupa *Sicyos angulatus*, una cucurbitacea a nascita scalare che dalle sponde delle golene e dei canali si diffonde nelle aree limitrofe caratterizzate da terreni sciolti. In particolare in Piemonte e Lombardia è presente *Humulus lupulus* (luppolo) e la più ubiquitaria *Helianthus tuberosus*, diffusa anche in molti areali di Veneto, Friuli e Italia centrale. In particolare in Toscana vi è poi da segnalare la forte presenza di *Ammi majus*. Fra le specie tradizionali sono ormai scomparse quelle chemioresistenti alle triazine, tra cui *Amaranthus retroflexus*, *Solanum nigrum* e *Chenopodium album*, a causa del generalizzato impiego in pre-emergenza di miscele di più principi attivi e in post-emergenza di un'ampia gamma di possibilità in assenza di preparati

triazinici. Per contro si stanno sempre più diffondendo le nascite scalari e tardive di *Amaranthus albus*, *A. lividus*, *A. blitoides* e *A. graecizans*. Elevato permane il grado di infestazione delle nascite più tardive di *Portulaca oleracea*, così come quello delle graminacee estive rappresentate principalmente da *Echinochloa crus-galli*, ma con un aumento di *Setaria* spp. nei terreni più pesanti e di *Digitaria sanguinalis* in quelli più sciolti. Più localizzate ed endemiche permangono le infestazioni di *Panicum dichotomiflorum* e di *Sorghum halepense* da seme.

Fra le malerbe perenni sempre più frequenti si rinvengono le comparse di *Equisetum*, *Convolvulus arvensis*, *Calystegia sepium* e anche di *Artemisia vulgaris*. Più stabili le presenze di *Sorghum halepense* da rizoma, che tuttavia potrebbe aumentare nei prossimi anni a fronte della riduzione delle superfici a soia dove viene agevolmente contenuto con i graminicidi specifici e per il frequente impiego di isossaflutolo in pre-emergenza che permette di ottenere un parziale e iniziale contenimento, per il quale viene in seguito trascurata la lotta.

Il contributo del diserbo chimico

Analogamente alla specie precedentemente descritta e come evidenziato in tabella 2, la gestione integrata delle malerbe può essere realizzata attraverso diversi strumenti e possibilità, sia di natura agronomica che con il mezzo chimico.

Sempre più in uso appaiono le applicazioni fogliari con devitalizzanti ad azione totale come glifosate, che in particolare con l'anticipo dell'epoca di semina del mais (Fabbi *et al.*, 2005) vengono preferite alle lavorazioni di affinamento tardive effettuate in pre-semina della coltura, a causa della minore praticabilità di campo, la quale esige una preparazione più anticipata dei terreni. Per quanto riguarda i calendari di lotta con gli erbicidi selettivi, a causa della diffusione di pericolose malerbe di difficile contenimento come *Abutilon* e di altre ruderali tra le malerbe a foglia larga e di *Sorghum halepense* tra le graminacee, con l'avvento delle solfoniluree si è passati negli anni scorsi al sempre più frequente ricorso del diserbo di post-emergenza a scapito di quello preventivo.

Un altro radicale mutamento delle strategie di diserbo del mais si è avuto successivamente con l'introduzione di isossaflutolo, che grazie alla sua spiccata attività preventiva nei confronti di *Abutilon* in particolare, ha fatto reintrodurre su larga scala la tecnica del pre-emergenza, anche in limitata presenza di questa infestante ritenuta "chiave" per la buona riuscita del diserbo del mais (Rapparini *et al.*, 2011). Numerosi sono i prodotti di possibile impiego in miscela con isossaflutolo allo scopo di ampliarne lo spettro d'azione, come S-metolaclo, flufenacet, acetoclor o dimetenamide-P come partner graminicida, oltre a

terbutilazina nei casi di difficili inerbimenti allo scopo di completarne lo spettro d'azione dicotiledonicida, migliorando nel contempo l'attività verso le più diffuse graminacee estive, tra cui *Echinochloa crus-galli*. Dove più limitate o assenti sono le infestazioni di *Abutilon* si ricorre ancora alle tradizionali miscele di graminicidi residuali e terbutilazina, e a volte anche all'impiego di pendimetalin, in particolare dove abbondano chenopodiacee e graminacee.

Tabella 2. Possibilità di gestione integrata delle erbe infestanti del mais nelle differenti fasi del ciclo colturale. In grassetto sono evidenziati gli interventi che contemplano l'impiego degli erbicidi.

Fase del ciclo colturale	Possibilità di gestione integrata
Sistema colturale	-Rotazione colturali corrette (alternanza con specie dicotiledoni e/o a semina primaverile) -Lavorazioni profonde (aratura) in presenza di specie annuali con semi poco longevi o che germinano in superficie e specie perenni
Pre-semina e semina	-Erpicatura di affinamento in epoca anticipata (falsa semina) -Disseccamento malerbe con erbicidi ad azione totale
Pre-emergenza	-Localizzazione erbicidi “residuali” sulla fila
Post-emergenza precoce (3-5 foglie)	-Diserbo in post-emergenza -Scouting
Post-emergenza (6-8 foglie)	-Diserbo integrativo verso specie difficili o perenni -Sarchiatura -Rompicrosta -Rincalzatura
Raccolta	-Raccolta separata in presenza di focolai di malerbe di difficile gestione o resistenti
Intercoltura	-Lavorazioni per favorire emergenza malerbe ed evitare disseminazione -Devitalizzazione chimica perenni

In alternativa ai trattamenti di pre-emergenza immediata si tende sempre più a posticipare gli interventi in pre-emergenza ritardata o anche in post-emergenza precoce (1-2 foglie), allo scopo di aumentare la persistenza d'azione di dosi talvolta più ridotte di erbicidi e di rendere più efficace e selettivo, oltre che meno costoso, il loro impiego. Questo soprattutto si rende necessario a causa dell'attuale tendenza di anticipare le semine, con conseguente allungamento dei tempi di emergenza della coltura, esponendola maggiormente a danni parassitari e da freddo. Inoltre aumenta il periodo critico di competizione delle malerbe e il periodo richiesto dal mais per divenire competitivo nei confronti delle malerbe (fino a 4-5 settimane), entro il quale gli erbicidi residuali debbono consentire il contenimento delle

malerbe. Da qui inoltre l'esigenza di anticipare gli interventi di post-emergenza tradizionali dalle 7-8 alle 5-6 foglie, qualora non venga effettuato il trattamento preventivo. È proprio da queste considerazioni che è nata l'opportunità di introdurre la tecnica di diserbo in post-emergenza precoce alla prima foglia del mais, ma che tuttavia non ha trovato un ampio riscontro applicativo a causa spesso delle difficoltà di poter intervenire in tempo utile prima dell'emergenza delle infestanti o entro i primi stadi di sviluppo (1-2 foglie), oltre i quali non risultano più sensibili agli erbicidi residuali.

Attualmente con la disponibilità di nuovi erbicidi fogliari, una quota rilevante di superfici vengono diserbate solo in post-emergenza o a complemento di blandi interventi preventivi o a seguito di applicazioni localizzate. I trattamenti di post-emergenza sono da preferire nel caso di terreni torbosi o qualora si richieda la bonifica di terreni infestati da malerbe perennanti.

A partire dallo stadio di 3 foglie del mais si può utilizzare la miscela di pendimetalin + dicamba, dotata di una più spiccata azione residuale, nonché delle più complete miscele di una solfonilurea a prevalente azione graminicida come rimsulfuron, nicosulfuron o foramsulfuron, insieme a sulcotrione o al simile mesotrione o a prosulfuron, eventualmente addizionate di un prodotto ormonico per estendere l'azione verso tutte le malerbe comprese quelle perenni. A completamento di preventive applicazioni di pre-emergenza, può essere opportuno intervenire verso lo stadio di 6-7 foglie del mais con prodotti ormonici quali MCPA, dicamba o fluroxipir allo scopo di contenere le sempre più diffuse infestazioni di convolvulacee ed equisetacee.

Soluzioni possibili di IWM nel mais

In figura 3 sono riportati possibili percorsi tecnici "integrati" adottabili nel mais.

La coltura può essere impostata anche a 45-50 cm di interfila. Con questo sesto di impianto il rapporto competitivo coltura/infestante è favorito grazie ad una "chiusura" anticipata dell'interfila. In queste situazioni possono essere effettuati o dei pre-emergenza a pieno campo o localizzati oppure dei post-emergenza a pieno campo completati da sarchiatura o fresatura interfilare.

Con una semina classica più distanziata (75 cm) è possibile operare sia preventivamente che in post-emergenza con applicazioni anche localizzate e completare il controllo con sarchiature o fresature meccaniche preferibilmente abbinate alla rincalzatura.

Anche per la coltura del mais si rivela utile la tecnica della preparazione anticipata del letto di semina (falsa semina) e l'eliminazione delle infestanti in pre-semina con erpicature o erbicidi

totali. In queste situazioni un trattamento in post-emergenza può rappresentare la soluzione ideale, sempre completato con scerbature meccaniche interfilari.

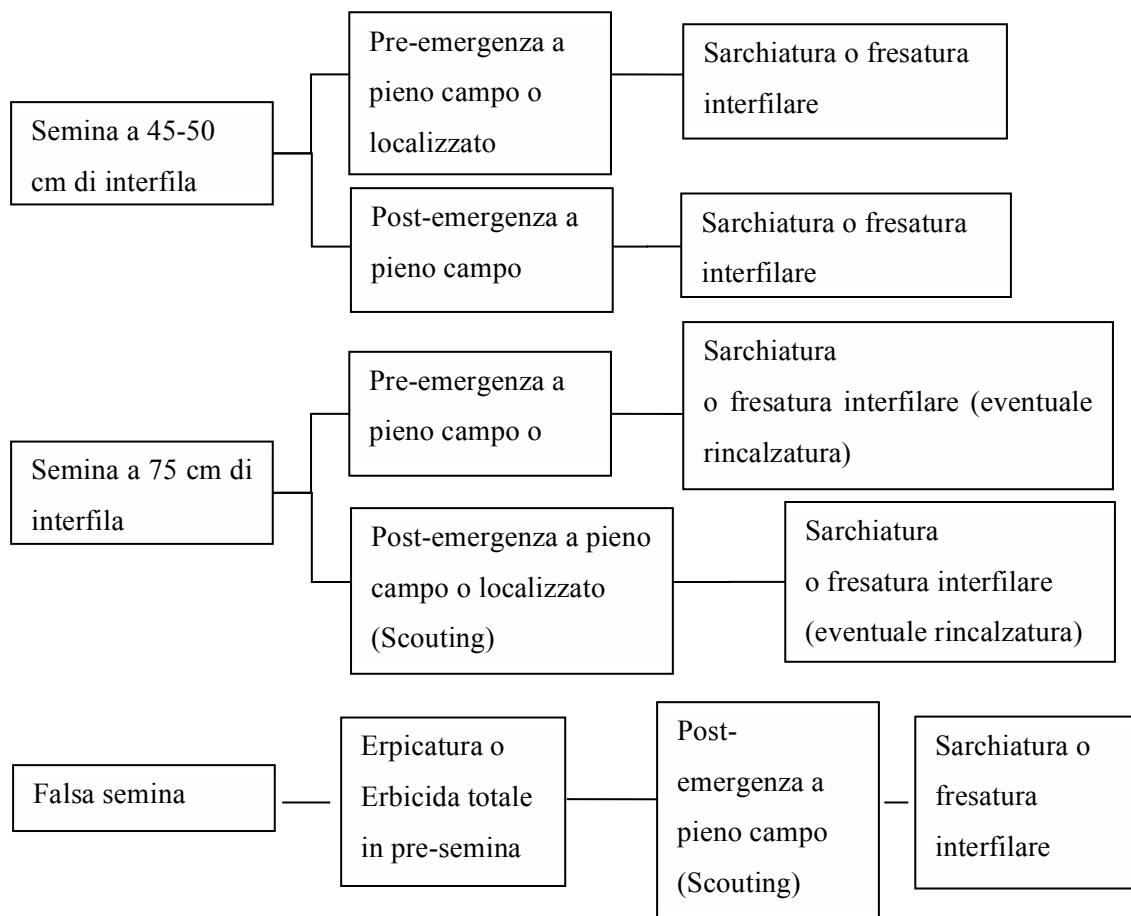


Figura 3. Esempi di soluzioni tecniche di IWM adottate per il contenimento delle erbe infestanti nel mais.

Il diserbo della soia

Le specie maggiormente diffuse nelle coltivazioni di soia sono costituite da amarantacee, solanacee, crucifere, *Polygonum lapathifolium* e *P. persicaria*, *Solanum nigrum*, *Portulaca oleracea*, ecc. fra le dicotiledoni, con una tendenziale predominanza di poche specie in relazione alla zona di coltivazione, ai terreni generalmente sciolti e freschi o irrigui e alla precessione colturale, oltre che al tipo di diserbo praticato sulle singole colture. Questi fattori congiuntamente possono dare origine alla selezione di specie di sostituzione, come *Acalypha virginica*, *Bidens tripartita*, *Abutilon theophrasti*, *Galinsoga parviflora*, *Senecio vulgaris*, *Ammi majus*, *Datura stramonium*, *Xanthium strumarium*, ecc., che si stanno diffondendo dal Friuli, al Veneto e alla Lombardia, fino ad alcune province dell'Emilia Romagna, a causa

della loro elevata scalarità di germinazione e capacità di disseminazione. Tra le infestanti tradizionali a foglia larga vi è da registrare un aumento di *Fallopia convolvulus* e chenopodiacee. Stabile fra le graminacee è *Sorghum halepense* da rizoma, grazie al ripetuto impiego sul mais delle solfonuluree a prevalente efficacia gramminocida, oltre che dei gramminocidi specifici veri e propri su altre colture. Stazionaria risulta la presenza di *Echinochloa crus-galli* tra le annuali, mentre in aumento è quella delle più scalari emergenze di *Setaria* e *Digitaria*. Fluttuante è la comparsa di specie perenni come *Equisetum*, *Cirsium arvense*, *Rumex*, *Convolvulus arvensis* e *Calystegia sepium*. Nelle zone risicole si presentano spesso infestazioni di riso crodo, *Cyperus* e *Scirpus*. Nelle semine su terreni a riposo destinati negli anni precedenti a set-aside, vi è da notare la diffusa presenza di infestazioni di composite, come *Sonchus*, *Lactuca*, *Erigeron*, ecc.

Il contributo del diserbo chimico

Analogamente alla specie precedentemente descritta e come evidenziato in tabella 3, la gestione integrata delle malerbe può essere realizzata attraverso diversi strumenti e possibilità, sia di natura agronomica che con il mezzo chimico.

Nella lotta contro le infestanti della soia (Rapparini *et al.*, 2011) stanno assumendo sempre maggiore importanza i trattamenti estintivi di pre-semina con disseccanti o meglio con devitalizzanti fogliari, che se applicati pochi giorni prima della semina su terreni precedentemente lavorati allo scopo di favorire un'anticipata nascita delle malerbe primaverili-estive, consentono in particolare nei terreni più argillosi caratterizzati da una minore scalarità di emergenza delle malerbe, di completare il programma di diserbo con soli complementari trattamenti di post-emergenza. Nel contempo, vista la tardiva epoca di semina della soia, l'impiego della tecnica della falsa semina seguita dal disseccamento delle malerbe, consente di migliorare la lotta verso le infestanti perenni, che su questa coltura non possono essere convenientemente contenute con i prodotti a disposizione.

Scarsa importanza viene riposta attualmente verso i trattamenti di pre-semina con prodotti residuali proposti secondo la tecnica dello split-shot, mediante l'uso di metribuzin o di altri residuali in miscela con i devitalizzanti fogliari.

Le applicazioni con erbicidi residuali in pre-emergenza permettono di ottenere i migliori risultati in concomitanza di precipitazioni piovose che ne migliorano l'efficacia valorizzando l'intervento. Ciò è indispensabile per limitare i danni iniziali da competizione, in particolare in presenza di un elevato numero di malerbe appartenenti alle specie delle composite e delle chenopodiacee. Tra queste ultime *Chenopodium album* è ritenuta l'infestante chiave della soia a causa delle difficoltà di controllo che presenta in post-emergenza. La sua capacità di

ricaccio dopo i trattamenti infatti è formidabile e le dimensioni che può raggiungere in particolare nei terreni più fertili sono notevoli, ostacolando le operazioni di raccolta. Talvolta i trattamenti di pre-emergenza sono sufficienti per contenere le malerbe se debitamente integrati con interventi meccanici che permettono di eliminare le infestanti più sensibili salvaguardando maggiormente la selettività colturale. A volte si rendono necessarie applicazioni complementari di post-emergenza a seguito dei parziali risultati ottenuti con gli interventi residuali. In talune situazioni poi, come nei terreni torbosi dove i prodotti residuali vengono inattivati o nelle semine più tardive di secondo raccolto dove la bonifica del letto di semina è più incisiva, si rendono indispensabili i trattamenti estintivi di post-emergenza. Nella scelta dei prodotti occorre tenere presente il grado di infestazione e le specie presenti, ricordando che in genere le soluzioni si presentano più complesse qualora non siano stati eseguiti preventivi trattamenti. In questo caso occorre una maggiore tempestività di intervento e talvolta la doppia applicazione frazionata si rende necessaria allo scopo di ottenere migliori risultati. Questa coltura tuttavia, se non sussistono problemi di struttura del terreno, negli ambienti più vocati è esposta all'azione concorrenziale delle malerbe per un periodo relativamente breve, coprendo la superficie del suolo in circa un mese.

Tabella 3. Possibilità di gestione integrata delle erbe infestanti della soia nelle differenti fasi del ciclo colturale. In grassetto sono evidenziati gli interventi che contemplano l'impiego degli erbicidi.

Fase del ciclo colturale	Possibilità di gestione integrata
Sistema colturale	-Rotazione colturali corrette (alternanza con specie monocotiledoni a semina autunnale o primaverile) -Lavorazioni profonde (aratura) in presenza di specie annuali con semi poco longevi o che germinano in superficie e specie perenni
Pre-semina e semina	-Erpicatura di affinamento in epoca anticipata (falsa semina) -Disseccamento malerbe con erbicidi ad azione totale -Ritardo della semina
Pre-emergenza	-Localizzazione erbicidi "residuali" sulla fila
Post-emergenza precoce (foglie bilobate e trifogliate)	-Diserbo in post-emergenza -Scouting
Post-emergenza (2-8 foglie)	-Diserbo integrativo verso specie difficili o perenni -Strigliatura -Sarchiatura
Raccolta	-Raccolta separata in presenza di focolai di malerbe di difficile gestione o resistenti

Per la lotta di elevate infestazioni di graminacee trovano una larga disponibilità i graminicidi specifici, che si rendono indispensabili in particolare con la presenza di *Sorghum halepense* sviluppata da rizoma o di specie annuali di più difficile eliminazione come *Digitaria* e *Setaria*, o di rinascite di frumento e orzo o in presenza di riso crodo. In questo caso occorre valutare lo specifico spettro d'azione verso le singole specie presenti, come pure la miscibilità con i prodotti dicotiledonici e i loro attivanti. Occorre ricordare che alle dosi ottimali di impiego tutti i graminicidi sono in grado di contenere le infestazioni di *Echinochloa crus-galli*, mentre più differenziata rimane l'attività verso le altre specie, compreso il riso crodo e le rinascite di cereali. Riguardo all'epoca di intervento, occorre precisare che nei confronti di *Sorghum halepense* è richiesto un posizionamento mirato dei graminicidi, in quanto si tratta generalmente di piante che sviluppano scalarmente da rizoma, e a differenza delle piante e specie nate da seme per le quali i migliori risultati si ottengono allo stadio di plantula, nei confronti della sorghetta occorre attendere che siano sviluppate affinché vi sia un sufficiente apparato fogliare per assicurare la traslocazione dell'erbicida nei rizomi. Per questo motivo talvolta l'applicazione deve necessariamente slittare dopo il periodo di chiusura della coltura, e per questo si svincola dalla necessità di dover miscelare i graminicidi specifici con i trattamenti a prevalente efficacia dicotiledonica, che talvolta possono ridurre l'azione graminicida stessa. In contemporanea e abbondante presenza di altre graminacee annuali e dicotiledoni può risultare opportuno programmare due interventi frazionati, di cui il primo alle foglie bilobate e il secondo a distanza di circa 10-15 giorni con ricacci di sorghetta alti circa 30 cm.

Soluzioni possibili di IWM nella soia

In figura 4 sono riportati possibili percorsi tecnici "integrati" adottabili nella soia.

Con una preparazione del letto di semina tradizionale, realizzata con lavorazioni effettuate anche in prossimità delle semine, le soluzioni di IWM possono essere definite integrando con sarchiature e/o fresature interfilari applicazioni in pre-emergenza o in post-emergenza precoce. Nel caso di una applicazione in pre-emergenza buoni risultati vengono ottenuti con lo strigliatore ed in minor misura con il rompicrosta.

Con la tecnica della falsa semina, oltre ai benefici agronomici (condizioni più favorevoli per l'emergenza della coltura, maggiore trattenimento dell'umidità negli strati superficiali del terreno, migliore strutturazione degli aggregati, ecc.), si ottengono altri vantaggi nell'adozione delle strategie di difesa dalle erbe infestanti; innanzitutto la possibilità di eliminare in anticipo

gran parte della infestazione potenziale, valorizzazione sia dei trattamenti in post-emergenza che delle operazioni meccaniche complementari come ad esempio dello strigliatore.

Infine con la semina su sodo le opportunità di integrazione fra mezzo meccanico e chimico si riducono in quanto non è possibile effettuare erpicature in pre-semine, sarchiature, strigliature e le applicazioni in pre-emergenza con erbicidi preventivi non risultano efficaci a causa della disattivazione degli stessi da parte dei residui colturali della specie coltivata in precessione.

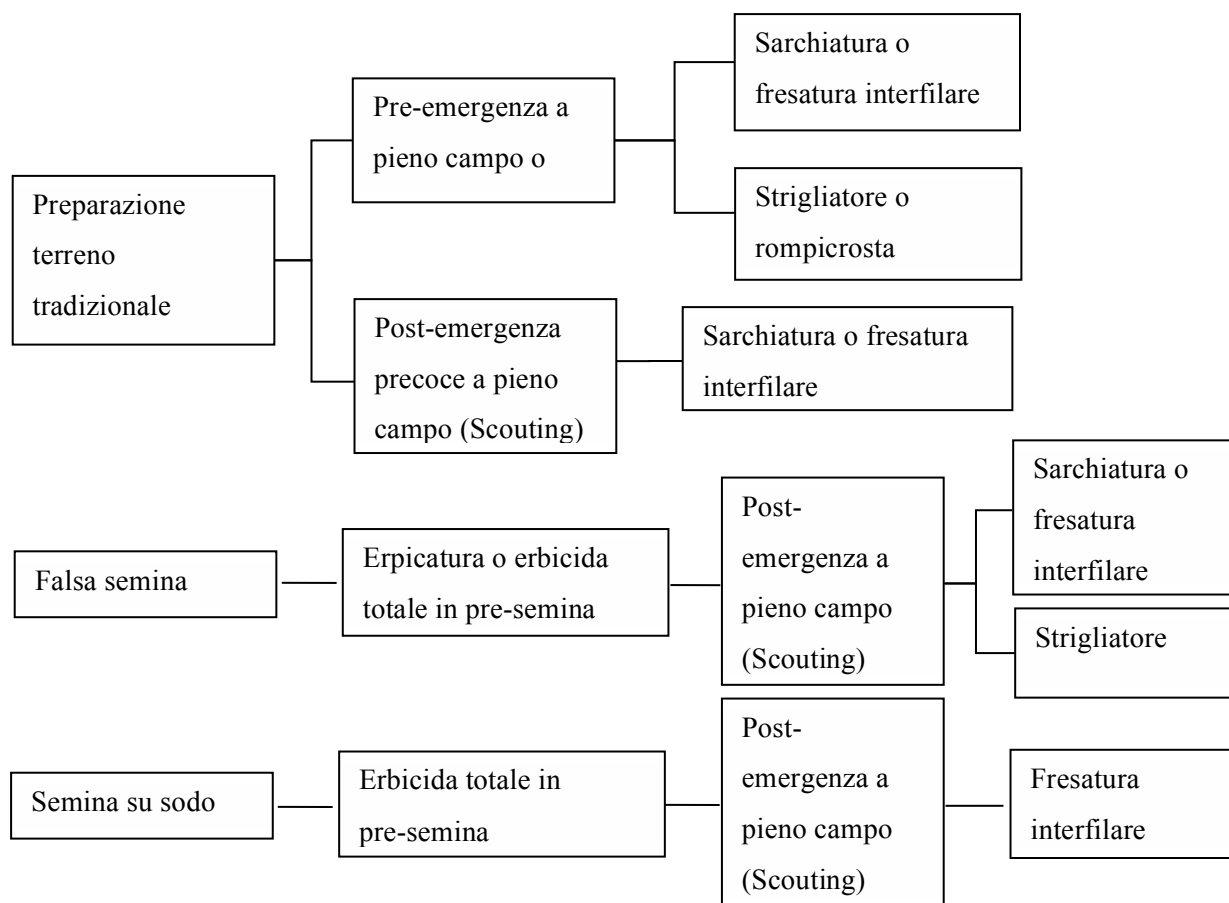


Figura 4. Esempi di soluzioni tecniche di IWM adottate per il contenimento delle erbe infestanti nella soia.

Il diserbo del Riso

Non si registrano in questi ultimi anni sostanziali variazioni del grado di infestazione delle risaie, se non per una prevalenza dei giavoni rossi e bianchi (differenti specie ed ecotipi) e di *Heteranthera reniformis*, presenti in tutte le risaie italiane. Rilevanti sono anche le infestazioni di *Bolboschoenus (Scirpus) maritimus*, *Alisma plantago-aquatica*, *Schoenoplectus (Scirpus) mucronatus*, *Cyperus serotinus* e *Cyperus difformis* a germinazione

più tardiva in grado di sfuggire ai trattamenti con le solfoniluree. In stabile presenza sono le sporadiche infestazioni di *Sparganium erectum* e *Typha latifolia*, come pure *Leersia oryzoides* di più recente espansione.

Tra le malerbe di più tradizionale presenza come *Butomus umbellatus*, si sta assistendo a una lieve ripresa a causa del non sempre sufficiente contenimento da parte delle solfoniluree e delle triazolopirimidine, o perché talvolta vengono trattate a stadi di sviluppo eccessivamente avanzati. In via di regressione appaiono altre malerbe tradizionali come *Potamogeton* spp., *Alisma lanceolata*, *Heleocharis* spp. e *Sagittaria sagittifolia*, sensibili all'applicazione in pre-semina di oxadiazon e ai complementari trattamenti con gli inibitori dell'aceto-lattato-sintetasi (ALS). Trascurabili rimangono le infestazioni di graminacee minori come *Paspalum disticum*, prevalenti in Sardegna e nel basso ferrarese, e *Alopecurus geniculatus* che prevale qualora il terreno venga lavorato troppo bagnato.

Tra le malerbe di sostituzione o emergenti si segnalano presenze a macchia di leopardo nel pavese e nel casalese della nuova graminacea *Leptochloa fascicularis*, il cui sviluppo viene favorito dalle semine in asciutta o con bassi livelli di acqua. Nel ferrarese viene segnalata la presenza di *Leptochloa uninervia*, che deve essere contenuta con trattamenti giavonicidi a base di profossidim e cialofop-butile.

Vi è da segnalare l'inarrestabile diffusione del riso crodo, che ormai è diffuso su oltre il 50% delle risaie, e della crescente presenza e pericolosità dei giavoni bianchi.

Nelle risaie in asciutta di alcune province risicole come Milano, Pavia, e Novara, sono presenti alcune infestazioni di *Commelina communis* e *Murdannia keirak*, che sviluppano nel corso del mese di maggio, risultando di difficile contenimento con la maggior parte degli erbicidi impiegati in risaia. Talvolta possono essere causa di danno le tardive infestazioni di *Ammania coccinea*, diffusa prevalentemente a Pavia e secondariamente a Vercelli e Novara.

Si segnalano sempre più di frequente le presenze di alcune composite adattate all'ambiente acquatico, come *Ambrosia artemisiifolia*, *Bidens cernua* e *Bidens frondosa*, che si sono diffuse prevalentemente a causa della sistemazione delle risaie con livella e per l'eccessiva scalarità di emergenza che non può essere contenuta con la limitata persistenza d'azione delle solfoniluree.

Va inoltre segnalata la presenza di ecotipi di *Alisma plantago-aquatica* e *Scirpus mucronatus* resistenti all'impiego delle solfoniluree e delle triazolopirimidine che inibiscono l'ALS, mentre alcune popolazioni di *Cyperus difformis* e di giavoni appaiono resistenti a propanile.

In base alle stime più recenti la superficie interessata è di circa 10.000 ettari nelle risaie di Novara, Biella, Milano, Pavia e Vercelli.

Il contributo del diserbo chimico

La pratica del diserbo chimico costituisce per il riso una tappa fondamentale, dove il mancato controllo delle infestanti in questa coltura posta in monosuccessione e dove prevale una flora spontanea eccessivamente invasiva e competitiva (Rapparini *et al.*, 2011), possa determinare vistosi cali produttivi, con perdite che possono arrivare fino al 70-80%. Tuttavia se da un lato le decisioni del risicoltore sono finalizzate ad ottimizzare le strategie di contenimento delle malerbe, d'altro canto il ruolo primario della sostenibilità di questo settore deve guardare con crescente sensibilità al problema dell'impatto ambientale e della tutela delle acque dall'inquinamento. Il riso, come il mais, rappresenta una delle colture più esposte al rischio di contaminazione delle acque, in quanto la coltivazione viene praticata in monosuccessione e in acqua. Pertanto le strategie di diserbo vengono sempre più condizionate nelle scelte dalla limitazione all'impiego di alcuni diserbanti, al miglioramento delle strategie integrate, alla metodologia di distribuzione, alla gestione del livello dell'acqua, ecc. (Tabella 4).

Le strategie di lotta alle malerbe in risaia debbono essere considerate pertanto, in funzione del tipo di coltivazione praticata, con semina in asciutta o in acqua e del relativo quadro malerbologico che si viene a delineare, tra cui le principali problematiche fanno capo a riso crodo, giavoni, ciperacee, alismatacee, butomacee e pontederacee, tra cui in particolare *Heteranthera reniformis*.

Tabella 4. Possibilità di gestione integrata delle erbe infestanti del riso nelle differenti fasi del ciclo colturale. In grassetto sono evidenziati gli interventi che contemplano l'impiego degli erbicidi.

Fase del ciclo colturale	Possibilità di gestione integrata
Sistema colturale	-Rotazione colturale periodicamente alternata con specie dicotiledoni -Lavorazioni profonde (aratura) in presenza di specie annuali con semi poco longevi o che germinano in superficie e specie perenni
Pre-semina e semina	-Adeguata preparazione terreno (falsa semina) -Ritardo della semina -Gestione lotta riso crodo ed eterantere -Disseccamento malerbe con erbicidi ad azione totale
Pre-emergenza	-Impiego erbicidi “residuali” riso a semina interrata -Gestione livello acqua
Post-emergenza (da 2 foglie a levata)	-Diserbo in post-emergenza -Scouting -Diserbo integrativo verso specie difficili o perenni -Gestione livello acqua
Levata	-Diserbo integrativo verso specie difficili o perenni
Raccolta	-Raccolta separata in presenza di focolai di malerbe di difficile gestione o resistenti -Accurata pulizia delle macchine

Semine in acqua

Il controllo delle più diffuse infestanti delle risaie seminate in acqua, dopo i preliminari trattamenti di pre-semina contro il riso crodo e le eterantere, si basa ancora sul prevalente impiego di penoxsulam, da solo o in miscela con alosulfuron o azimsulfuron, con un secondo passaggio con prodotti ormonosimili, con o senza l'aggiunta di propanile.

Nella lotta contro il riso crodo, fra le più recenti innovazioni vi è da segnalare l'impiego di flufenacet (Cadou WG) da applicare almeno 30 giorni prima della semina, su risaia allagata o asciutta, mantenendo poi l'acqua ad un livello costante fino a 5-7 giorni prima della semina, da porre in miscela con oxadiazon per la contemporanea lotta contro le eterantere.

In alternativa a questa prima ed anticipata epoca d'intervento, la specifica lotta contro il riso crodo è effettuata mediante la tecnica della falsa semina e l'applicazione dei gramincidi ciclossidim e, con più cautela, anche propaquizafop, impiegati da soli o in miscela con formulati a base di glifosate. Questi gramincidi fogliari sono applicati su risaia sgrondata, 4-5 giorni prima della semina, con piantine di riso crodo fatte pregerminare tramite sommersione anticipata.

Una terza linea d'intervento per la lotta contro il riso crodo è quella che sfrutta la tolleranza di alcune varietà di riso all'erbicida imazamox (tecnologia Clearfield®). La tecnica d'impiego si basa sull'esecuzione di un doppio trattamento, che consente di ottenere un completo contenimento del riso crodo e anche di *Heteranthera* spp., con una buona efficacia nei confronti di *Echinochloa* spp., *Bolboschoenus maritimus*, *Schoenoplectus mucronatus*, *Butomus umbellatus*, *Alisma* spp. Mediamente sensibili risultano *Cyperus difformis* e i giavoni bianchi, mentre poco sensibili sono *Cyperus esculentus* e *Cyperus serotinus*, per il controllo dei quali si consiglia di aggiungere nel primo e secondo intervento azimsulfuron.

Le infestazioni di eterantere oltre che delle numerose specie di *Echinochloa*, presenti nella maggior parte delle risaie italiane, esigono in molti casi trattamenti specifici, anche se in abbinamento ai programmi di lotta contro il riso crodo.

La tecnica di sommersione anticipata delle risaie è necessaria quando sono stati programmati trattamenti con ciclossidim o propaquizafop; l'ulteriore addizione di oxadiazon è necessaria per controllare le nascite di *Heteranthera*, *Alisma* ed in parte *Echinochloa*. L'intervento con oxadiazon può essere anticipato e frazionato su risaia pre-allagata, con il prodotto al 50-70% della dose intera e con la rimanente quota da applicare nell'epoca tradizionale di pre-semina; in questa fase al graminicida può essere addizionata una mezza dose di solfoniluree o di un composto ormonico (MCPA) quando nella risaia sono presenti massicce infestazioni di ciperacee.

Nei confronti dei giavoni si interviene diffusamente in corrispondenza della prima asciutta di radicamento con l'impiego di graminicidi fogliari (cialofop-butile, profossidim), da soli o in miscela con prodotti per il controllo di ciperacee ed altre infestati della risaia, o con azimsulfuron, bispiribac-sodio ed il più diffuso penoxsulam, attivi verso entrambi i tipi di infestazione.

Nelle risaie con semina in acqua penoxsulam è il prodotto di riferimento impiegato per la lotta contemporanea contro i diversi biotipi di giavone ed alcune ciperacee ed alismatacee. Per completarne lo spettro d'azione nei confronti di alcune infestanti moderatamente sensibili (*Bolboschoenus maritimus*, *Butomus umbellatus*, *Heteranthera* spp.) e soprattutto in presenza di *Cyperus serotinus* e *Cyperus esculentus*, penoxsulam è applicato in miscela con dosi ridotte di tutte le solfoniluree, compreso azimsulfuron.

Stabile è la superficie diserbata con bispiribac-sodio, anch'esso caratterizzato da un ampio spettro d'azione ed impiegato prevalentemente nelle zone infestate da *Murdannia*, generalmente in miscela con solfoniluree specifiche per il controllo delle ciperacee.

Dopo l'impiego di questi prodotti possono essere necessari interventi integrativi con miscele di propanile e gli ormonici MCPA e triclopir, per il controllo di popolazioni di ciperacee e

alismatacee divenute resistenti; nel caso di presenza di giavoni sfuggiti o resistenti agli inibitori di ALS si può invece intervenire con trattamenti di soccorso a base di profossidim.

Un'altra linea d'intervento prevede il ricorso ad un primo trattamento giavonicida con gli specifici cialofop-butile o profossidim, inibitori dell'enzima ACCasi.

La lotta contro le infestanti ciperacee, alismatacee, butomacee ed altre specie non graminacee può essere completata con le più attive solfoniluree, quali bensulfuron-metile, da solo e nella combinazione con metsulfuron-metile, etossisulfuron, imazosulfuron ed i più specifici e recenti alosulfuron-metile e ortosulfamuron, da impiegarsi nelle miscele con propanile e prodotti ormonici.

Per il controllo di *Schoenoplectus mucronatus* ed *Alisma plantago-aquatica* resistenti alle solfoniluree e triazolo-pirimidine, si può intervenire con MCPA, di buona efficacia alle dosi ridotte anche verso *Cyperus* spp.; elevata è la sua sinergia d'azione con propanile, utile per il contenimento delle specie resistenti agli inibitori di ALS e di ACCasi.

Semina interrata

Nelle risaie con semina interrata rimane di fondamentale importanza il trattamento eseguito in pre-emergenza con pendimetalin, da solo o più opportunamente utilizzato nelle più diffuse miscele con oxadiazon o clomazone. Quest'ultimo è indicato per l'azione antigerminello nei confronti dei giavoni rossi e bianchi, *Digitaria*, *Panicum* e per l'attività specifica verso *Leptochloa*. Clomazone può essere applicato anche in post-emergenza precoce, in miscela con cialofop-butile o penoxsulam, in funzione antiresistenza e per il controllo delle graminacee a nascita più tardiva. La miscela di pendimetalin con oxadiazon, oltre ad assicurare una più completa azione contro le infestanti dicotiledoni, è utile per impedire le successive e meno probabili nascite di eterantere dopo la sommersione della risaia.

Circa 40 giorni dopo la semina e prima dell'allagamento della risaia, occorre intervenire con MCPA o solfoniluree, con possibilità di usare anche i graminicidi cialofop-butile, profossidim, ed i prodotti ad ampio spettro azimsulfuron, penoxsulam e bispiribac-sodio (attivo anche verso *Sorghum* da rizoma), nelle diverse combinazioni di trattamento.

Nelle risaie a semina interrata è meno diffuso l'impiego di penoxsulam, per l'insufficiente efficacia nei confronti delle graminacee diverse dai giavoni. Diffuso è l'utilizzo di cialofop-butile e profossidim, ma anche il ricorso alla tecnologia Clearfield. In presenza di *Cyperus esculentus*, infestante che si sta diffondendo in questo ambiente di coltivazione, imazamox è applicato in miscela con le solfoniluree azimsulfuron, etossisulfuron o il più recente alosulfuron.

Altre risaie

Le strategie d'intervento e la scelta dei prodotti nelle risaie coltivate con diverse tecniche colturali per le variabili disponibilità di acqua e per la diversa natura dei terreni, si uniformano totalmente o in parte a quelle descritte per le risaie seminate in acqua o in asciutta, con una più elevata uniformità di indirizzo nei terreni più organici del comprensorio ferrarese.

Nelle aziende con forti infestazioni di riso crodo si tendono a sostituire i terreni con quelli meno infestati, per le difficoltà di mettere in atto la falsa semina, l'indisponibilità dell'acqua per la sommersione della risaia nel mese di aprile, che non consente l'applicazione di flufenacet, non adatto nei terreni torbosi. Nella lotta contro le eterantere il prodotto più impiegato è oxadiazon, distribuito 7-8 giorni prima della semina.

Per il controllo dei giavoni si possono impiegare, in ordine temporale, alla prima asciutta della risaia, i seguenti prodotti:

- azimsulfuron con riso a 1 foglia, attivo anche verso ciperacee, nonostante qualche calo di efficacia riscontrato dopo interventi ripetuti;
- cialafop butile con riso alle 2-3 foglie, che è caratterizzato da una buona selettività, ma non è completo sui giavoni bianchi e pertanto può essere richiesto un secondo intervento;
- bispiribac sodio applicato con riso dalle 3-4 foglie fino all'inizio dell'accestimento per il contenimento di tutte le specie di giavoni, fatta attenzione per *E. erecta* che talvolta può manifestare una minore suscettibilità a seguito di ripetuti interventi. In aumento sono le applicazioni che vengono effettuate in miscela con imazosulfuron o etossisulfuron, nel caso di forti infestazioni di ciperacee e alismatacee;
- penoxsulam con riso alle 4-5 foglie fino a 2-3 culmi di accestimento, per la sua buona selettività e azione nei confronti dei giavoni, nonostante l'aumento delle difficoltà di contenimento di *E. erecta*;
- profossidim alle 5-6 foglie fino a 2-3 culmi di accestimento, in particolare per il contenimento delle infestazioni di *E. erecta* per il suo differente meccanismo d'azione, con l'avvertenza di non intervenire tardivamente, pena una scarsa efficacia d'azione e possibili danni alla coltura con penalizzazioni produttive. A causa della sua scarsa miscibilità con altri erbicidi, in caso di presenza di ciperacee si consiglia di intervenire separatamente.

Lotta alle infestanti di più difficile contenimento o divenute resistenti

L'evoluzione della flora infestante nelle risaie risulta molto dinamica per la complessità di specie presenti di origine autoctona o provenienti da altre aree risicole del mondo, come *Leptochloa* spp., *Heteranthera* spp., ecc. Inoltre si osserva la diffusione di malerbe che si espandono dagli argini o dalle altre coltivazioni, oppure che ricompaiono dopo che parevano debellate, come *Butomus umbellatum*, *Typha* spp. e *Leersia oryzoides*. A questo fenomeno ha contribuito sicuramente la pressione selettiva causata dall'utilizzo ripetuto di taluni erbicidi.

Una delle principali e più problematiche conseguenze della pressione di selezione esercitata dagli erbicidi è la comparsa di popolazioni resistenti, in particolare ai prodotti inibitori dell'enzima ALS (solfoniluree, triazolpirimidine), com'è avvenuto a partire dagli anni '90 per *Schoenoplectus mucronatus* (attualmente stabile nel Vercellese e nel Biellese), *Cyperus difformis* (in espansione nelle province di Vercelli, Alessandria, Novara, Pavia, Rovigo ed Oristano) e *Alisma plantago-aquatica* (in leggero aumento in particolare nel basso Novarese e nell'alta Lomellina). Il controllo di queste infestanti, tra l'altro, è reso più complicato dalla revoca di alcuni erbicidi di base, come il propanile, che dallo scorso anno è stato possibile impiegare solo a dosaggio ridotto, in funzione di attivante dei prodotti ormonosimili MCPA e triclopir.

Più di recente è stata segnalata la comparsa di ecotipi di giavoni resistenti ai prodotti ALS inibitori, oltre a qualche caso di ridotta sensibilità agli erbicidi che agiscono sull'enzima ACCasi.

Particolare attenzione deve essere riposta nell'applicazione di imazamox con la tecnologia Clearfield, in quanto anche questo principio attivo agisce a livello dell'inibizione dell'enzima ALS.

Per la gestione delle resistenze risultano strategiche le miscele di prodotti a diverso meccanismo d'azione, o l'integrazione fra applicazioni di pre-semina o pre-emergenza (nelle quali vengono impiegati generalmente erbicidi con meccanismi d'azione diversi dall'inibizione dell'ALS) e quelle di post-emergenza. In questo senso risultano utili le applicazioni combinate di prodotti di pre-semina, quali flufenacet e oxadiazon, e quelle di post-emergenza con ormonici. Anche l'impiego di clomazone può risultare utile in funzione antiresistenza, sfruttando la sua azione antigerminello nei confronti dei giavoni ed altre specie graminacee. Il prodotto viene normalmente utilizzato in pre-semina o pre-emergenza, ma anche in post-emergenza nonostante qualche sbiancamento, per sfruttare la persistenza d'azione verso le graminacee a nascita tardiva.

Inoltre occorre adottare tutte le misure preventive incentrate sulle tecniche di lotta integrate, tra cui in particolare lo *scouting* e le informazioni storiche relative alla diffusione ed espansione delle specie infestanti, in funzione delle rotazioni effettuate e delle strategie di lotta messe in atto, nonché il monitoraggio dello spostamento delle popolazioni resistenti in ambito aziendale ed extraaziendale. Una particolare attenzione va prestata nei confronti della prevenzione della diffusione in fase di raccolta e dell'insorgenza di nuove popolazioni trattate, che vanno attentamente seguite nel corso dell'annata per verificare l'effettiva evoluzione del grado d'azione erbicida e della capacità rivegetativa, senza esitare di ospitarle prima che vadano a seme.

Il diserbo del Pomodoro

Recenti e approfonditi studi sulla flora infestante il pomodoro da industria coltivato nei più importanti comprensori italiani, hanno evidenziato la presenza di circa 130 specie di cui 40 prevalenti, anche se solo una ventina risultano diffuse a livello nazionale. In ordine di diffusione decrescente ricordiamo *Solanum nigrum*, *Portulaca oleracea*, *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album*, *Polygonum aviculare*, *Convolvulus arvensis*, *Capsella bursa-pastoris*, *Coronopus squamatus*, *Sinapis arvensis* e *Raphanus raphanistrum* tra le dicotiledoni, mentre tra le graminacee (circa 15-20% del totale) sono maggiormente rappresentate *Echinochloa crus-galli*, *Setaria* spp. e *Digitaria sanguinalis* tra le estive e *Lolium*, *Phalaris*, *Avena* e *Alopecurus* tra le autunno invernali. In taluni areali si riscontrano spesso altre malerbe caratteristiche dell'ambiente in funzione del tipo di terreno e del decorso climatico. Tra queste meritano di essere annoverate *Xanthium spinosum* e *Tribulus terrestris*, che appaiono in netta espansione (Viggiani *et al.*, 1998).

Numerose specie di patogeni del pomodoro possono essere ospitati dalle infestanti, che tra l'altro costituiscono una fonte alimentare per molti insetti vettori. Particolare attenzione va riposta quindi nella lotta alle principali malerbe in grado di ospitare le virosi del pomodoro, tra le quali *Amaranthus retroflexus*, *Borago officinalis*, composite (*Calendula officinalis*, *Cichorium intybus*, *Cirsium arvense*, *Picris echioides*), *Convolvulus* spp., solanacee (*Datura stramonium*, *Solanum dulcamara*, *Solanum nigrum*), *Lamium purpureum*, *Malva sylvestris*, *Mercurialis annua*, *Plantago* spp., *Portulaca oleracea*, *Ranunculus* spp., *Stellaria media*.

Le infestanti che ospitano le batteriosi sono invece solanacee (*Solanum nigrum* e *Datura stramonium*), crucifere (*Brassica nigra* e *B. campestris*), *Stellaria media*, *Lamium amplexicaule*.

Attualmente l'industria conserviera sta cercando di rilanciare la coltura verso zone dove non era ancora entrata la cultura della coltivazione del pomodoro da industria, allo scopo di incrementare la produttività in funzione della migliore sanità fitosanitaria dei terreni. Nel contempo anche la presenza di *Solanum nigrum* in particolare, risulta minore, in quanto la pressione selettiva nei confronti della flora infestante dovuta all'uso ripetuto degli stessi erbicidi sulla coltura posta in stretta successione non ha ancora permesso di selezionare una più ristretta variabilità di specie divenute così più pericolose. Il *Solanum nigrum* appunto, a causa dell'affinità botanica con il pomodoro, risulta la specie di più difficile contenimento, in grado di deprimere fortemente le produzioni anche a bassa densità di infestazione (Tei, 2001). Tuttavia le coltivazioni di pomodoro si stanno sempre più concentrando nelle aziende altamente specializzate e adeguatamente meccanizzate, dove si esegue esclusivamente la pratica del diserbo chimico integrato con le sarchiature interfilari. La pianificazione delle consegne all'industria di trasformazione favorisce la diffusione della tecnica del trapianto del pomodoro, nonostante i costi sensibilmente superiori, ma che facilitano il contenimento delle malerbe.

Una buona tecnica agronomica infatti, consente per il pomodoro di ridurre la pericolosità delle malerbe, come per esempio l'adozione del trapianto rispetto alla semina in quanto il pomodoro è una pianta a lento sviluppo durante le prime fasi, la maggiore densità di investimento possibile, le sarchiature non eccessivamente profonde per non danneggiare l'apparato radicale della coltura e non riportare in superficie semi potenzialmente germinabili, la fertirrigazione localizzata per avvalersi "dell'effetto diserbante" della siccità e della più scarsa fertilità del terreno nello spazio interfilare, ecc.

Negli ultimi anni ha iniziato a diffondersi la strategia dei trattamenti ripetuti a dosi ridotte (DMR) come si esegue per la barbabietola da zucchero, indispensabili per limitare lo sviluppo delle malerbe, tra cui in particolare *Solanum nigrum* ed eventualmente anche *Datura stramonium*. Allo scopo di ridurre le dosi di impiego degli erbicidi e di ottimizzare i trattamenti sulla coltura, si consiglia quindi di adottare tutte le pratiche necessarie per una strategia integrata, compresa quella di un buon diserbo localizzato sulla fila effettuando ripetute sarchiature nell'interfila vista la notevole distanza tra le file.

Oltre a deprimere il potenziale quanti-qualitativo delle produzioni di pomodoro, le malerbe possono influire negativamente sul bilancio economico della coltura rendendo per esempio più difficoltose le operazioni di raccolta; è questo il caso di *Convolvulus arvensis* e *Calystegia sepium*.

Occorre pertanto ottimizzare le più consone strategie di gestione integrata delle malerbe allo scopo di aumentare la capacità competitiva della coltura, riducendo quella delle malerbe eventualmente non controllate.

Il contributo del diserbo chimico

In tabella 5 sono riportati gli strumenti per la gestione integrata delle malerbe nel pomodoro trapiantato. La stessa può essere realizzata attraverso diversi strumenti e possibilità, sia di natura agronomica che con il mezzo chimico.

Tabella 5. Possibilità di gestione integrata delle erbe infestanti del pomodoro nelle differenti fasi del ciclo colturale. In grassetto sono evidenziati gli interventi che contemplan l'impiego degli erbicidi.

Fase del ciclo colturale	Possibilità di gestione integrata
Sistema colturale	-Rotazione colturali corrette (alternanza con specie monocotiledoni a semina autunnale o primaverile) -Lavorazioni profonde (aratura) in presenza di specie annuali con semi poco longevi o che germinano in superficie e specie perenni
Pre-trapianto	-Erpicazione di affinamento in epoca anticipata (falsa semina) -Disseccamento malerbe con erbicidi ad azione totale -Diserbo preventivo residuale
Post-trapianto	-Diserbo in post-emergenza delle malerbe -Scouting
Pre-chiusura	-Sarchiatura -Rincalzatura
Intercoltura	-Lavorazioni per favorire emergenza malerbe ed evitare disseminazione -Devitalizzazione chimica perenni

Dopo l'ultima lavorazione preparatoria del terreno o in miscela con un devitalizzante fogliare nel caso dell'adozione della tecnica della falsa semina, per il diserbo delle infestanti dicotiledoni del pomodoro trapiantato si possono utilizzare in superficie 6-8 giorni prima del trapianto, pendimetalin, oxadiazon, aclonifen, metribuzin e flufenacet.

Solanum nigrum viene contenuto oltre che con pendimetalin e oxadiazon applicati in miscela tra loro o con altri erbicidi residuali, anche con il più recente flufenacet. Non essendo fisiologicamente selettivi, pendimetalin e oxadiazon debbono essere obbligatoriamente distribuiti almeno una settimana o meglio una decina di giorni prima del trapianto, evitando interrimento e trapianto di piantine con radice nuda (Montemurro e Preziosa, 2000). Generalmente si adottano le duplici miscele di pendimetalin con aclonifen o metribuzin o

addirittura le triplici di questi tre erbicidi, ma anche oxadiazon + aclonifen. Nei terreni più infestati da questa solanacea si ricorre con maggiore cautela anche alla miscela meno selettiva di pendimetalin + oxadiazon, addizionabile eventualmente anche di dosi ridotte di metribuzin per completare l'azione verso crucifere, amarantacee e poligonacee. Oxadiazon inoltre trova un giustificato impiego in miscela con flufenacet a prevalente azione graminicida, dotato anche di azione dicotiledonica, compreso *Solanum nigrum*. Per migliorare il grado di efficacia nei confronti di crucifere e composite, questa miscela può essere ulteriormente addizionata di una dose ridotta di metribuzin. Flufenacet in miscela con metribuzin trova inoltre una valida giustificazione di impiego in caso di limitato grado di infestazione per la maggiore selettività colturale, mentre tale miscela può essere ulteriormente addizionata di pendimetalin per rafforzarne lo spettro d'azione.

Nelle applicazioni di post-trapianto sia come integrazione del contenimento delle malerbe agli interventi preventivi che come unica strategia estintiva attuabile mediante un unico intervento o meglio in più applicazioni frazionate, si può validamente impiegare metribuzin da solo o eventualmente e più efficacemente associato a rimsulfuron, attivo anche verso le infestanti graminacee. Per il contenimento di queste si può disporre di un numero elevato di preparati specifici per la maggior parte miscibili con metribuzin.

I programmi di post-trapianto prevedono in genere fino a tre interventi in funzione della reale infestazione e della composizione floristica presente.

Soluzioni possibili di IWM nel pomodoro da industria trapiantato

In figura 6 sono riportati possibili percorsi tecnici “integrati” adottabili nel pomodoro.

Con una preparazione del letto di semina tradizionale, realizzata con lavorazioni effettuate anche in prossimità del trapianto, le soluzioni di IWM possono essere definite integrando con fresature interfilari le applicazioni in pre-trapianto a pieno campo con erbicidi residuali e quelle eventuali successive in post-emergenza precoce.

Con la tecnica della preparazione anticipata del terreno, oltre ai benefici agronomici (condizioni più favorevoli per l'attecchimento delle piantine) è possibile ridurre la pressione delle malerbe. I trattamenti in post-emergenza possono essere integrati con le lavorazioni meccaniche.

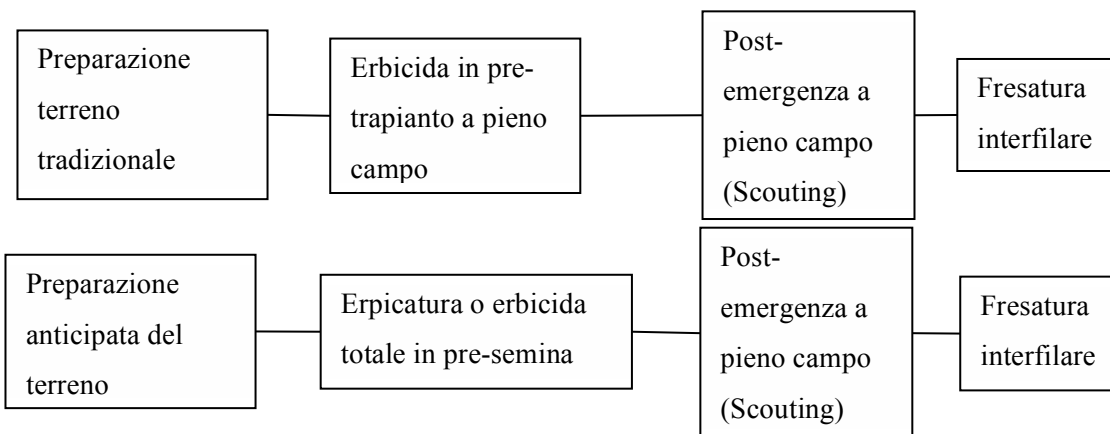


Figura 6. Esempi di soluzioni tecniche di IWM adottate per il contenimento delle erbe infestanti nel pomodoro trapiantato.

Il diserbo di frutteti e vigneti

In frutticoltura il diserbo è una pratica utilizzata prevalentemente sulle file degli impianti specializzati (Tabella 6). Negli spazi interfilari si effettuano invece trinciature o lavorazioni, che talvolta vengono eseguite su terreni non in tempera, con compromissione della struttura ai danni dello stato di benessere degli impianti. Il minor impiego dei mezzi chimici è giustificato dal fatto che la flora avventizia non sempre assume un ruolo negativo, offrendo talvolta aspetti vantaggiosi, quali il rilascio di essudati e riduzione di fenomeni di clorosi, miglioramento della transitabilità dei mezzi, ecc. Pertanto ne scaturisce la maggior importanza del ruolo della gestione diversificata delle malerbe nell'ambito di una più ampia concezione integrata, in funzione del sistema di allevamento, dell'età degli impianti, degli ambienti pedoclimatici e dell'area di coltivazione secca o irrigua (Campagna e Rapparini, 2011).

Le più differenziate modalità di gestione e di contenimento delle malerbe contribuiscono a rendere più varia la flora spontanea, aspetto maggiormente favorevole ai fini di una più moderna e agro-sostenibile gestione, che presuppone l'importante concetto della biodiversità. I principali inconvenienti che genera la flora avventizia, oltre alla dissipazione di acqua, sono il rallentamento di crescita delle piante coltivate a causa della competizione subita, in maniera tanto più accentuata quanto più sono giovani.

Alcune specie possono ospitare malattie crittogamiche, virosi o fitoplasmosi, insetti e parassiti dannosi, nonché causare disturbi generici a seguito dell'emissione di tossine radicali che possono portare ad uno stato di deperimento generalizzato degli alberi. Pur essendo alquanto competitive durante i primi anni di impianto delle colture arboree, le infestanti risultano

spesso tollerate nel periodo di produzione, offrendo talvolta vantaggi tra cui il raggiungimento di una miglior colorazione dei frutti.

L'aggressività e la dannosità delle malerbe nei confronti degli impianti arborei risulta comunque condizionata dal decorso climatico e dal tipo di terreno, nonché dalle pratiche irrigue, dalle specie presenti e dal tipo di impianto.

Al centro e al sud, con un decorso climatico generalmente più siccitoso, prevalgono le malerbe a foglia larga a sviluppo annuale ma soprattutto pluriennale, mentre al nord sono più frequenti le graminacee.

Il periodo in cui si rende maggiormente necessario il contenimento della flora avventizia, in particolare nei terreni meno fertili e con minore disponibilità di risorse idriche, risulta quello compreso tra la ripresa vegetativa e lo sviluppo dei frutti, a differenza del periodo autunno-invernale in cui lo sviluppo delle malerbe oltre ad essere tollerato può offrire notevoli vantaggi (Crozier e Perez, 2004).

Lo sviluppo della flora avventizia nelle coltivazioni arboree è influenzato oltre che dalle condizioni pedoclimatiche, dalle pratiche colturali adottate e dall'età degli impianti. La lunga permanenza delle coltivazioni nello stesso ambiente tende a far sviluppare progressivamente specie perennanti più dannose e di più difficile contenimento (Marocchi, 1992).

Il continuo ricorso degli stessi erbicidi può originare la comparsa di una flora di sostituzione a seguito della selezione di determinate specie, in particolare perenni (*Convolvulus arvensis*, *Calystegia sepium*, *Malva sylvestris*, *Bryonia dioica*, *Agropyron repens*, *Cynodon dactylon*, ecc.) e la possibile insorgenza di malerbe chemioresistenti e arbustive (*Clematis vitalba*, *Rubus* spp., *Hedera* spp., ecc.) di più difficile gestione e contenimento.

In questi ultimi anni negli spazi interfilari si tende sempre più ad adottare la tecnica dell'inerbimento spontaneo controllato (Colugnati et al., 2006), che consta nel lasciare liberamente sviluppare la flora presente nel periodo di fine estate fino a tutto l'inverno, intervenendo nelle fasi di maggiore competizione nei confronti delle coltivazioni arboree prima che produca un'eccessiva biomassa, mediante tecniche di gestione miste, quali lavorazioni, trinciatura e diserbo localizzato sotto le file nel periodo primaverile-estivo con prodotti fogliari ad azione congiuntamente spollonante.

La presenza di un cotico erboso oltre ad evitare la lisciviazione degli elementi nutritivi (es. nitrati) che potrebbero percolare lungo il profilo del terreno o ruscellare superficialmente nel periodo più piovoso autunno-invernale, porta ad un arricchimento di sostanza organica e all'emissione di essudati radicali in grado di migliorare le funzioni biologiche del terreno.

Tabella 6. Possibilità di gestione integrata delle erbe infestanti in frutti-viticultura nelle differenti fasi del ciclo colturale. In grassetto sono evidenziati gli interventi che contemplano l'impiego degli erbicidi.

Pre-impianto	Impianto		periodo				
			inverno	primavera	estate	autunno	
favorire emergenza malerbe lavorazioni per evitare disseminazione devitalizzazione chimica perenni preferire aratura con specie annuali con semi poco longevi o che germinano in superficie e perenni	giovane	sulla fila	shelter	inerbimento temporaneo o diserbo localizzato	lavorazioni o diserbo localizzato	lavorazioni o diserbo localizzato	inerbimento temporaneo
		interfila	semina essenze	sviluppo essenze	trinciatura	trinciatura	trinciatura
stesura pacciamatura sulla fila	in produzione	sulla fila	inerbimento temporaneo o diserbo localizzato	trinciatura o lavorazioni o diserbo loc. e spollonatura	trinciatura o lavorazioni o diserbo loc. e spollonatura	inerbimento temporaneo	
		interfila	inerbimento temporaneo o trinciatura	lavorazioni o trinciatura	lavorazioni o trinciatura	inerbimento temporaneo	

Inoltre lo stesso cotico erboso può essere sfruttato negli impianti in produzione per costituire una sorta di pacciamatura naturale a seguito del disseccamento delle malerbe nel periodo primaverile. Per questo il ruolo della flora spontanea è stato valorizzato in questi ultimi tempi, nell'ambito di un'oculata gestione sia in termini spaziali (fila e interfila) che temporali (utilità o minor danno arrecato in determinate stagioni anziché in altre).

Il manto erboso tuttavia per svolgere le sue funzioni deve essere ben curato come nella gestione dei tappeti erbosi mediante fertilizzazione e periodici sfalci, preferibilmente senza asportazione dei residui e ad un'altezza media di taglio di circa 5 cm. Nei giovani impianti allo scopo di costituire un manto erboso in tempi brevi, si può ricorrere alla semina di miscugli di essenze graminacee con eventuale aggiunta di leguminose.

Qualora vengano alternate differenti tecniche di contenimento delle malerbe, si possono riscontrare situazioni di presenza mista ed eterogenea delle infestanti, utile sotto il punto di vista gestionale e dell'aumento della biodiversità.

Attualmente a buon veduta si praticano le lavorazioni interfilari nelle aree più seccagne e collinari, oltre che nei giovani impianti, a differenza della gestione dell'inerbimento con periodiche trinciature, preferite nelle aree più fresche e umide delle pianure dove risulta maggiormente diffusa la frutticoltura specializzata.

Il successo della tecnica integrata (Miravalle, 2005) che contempla l'inerbimento controllato, si deve principalmente alla rapidità di esecuzione e ai costi di gestione relativamente ridotti, all'eliminazione delle lesioni radicali e corticali che si possono procurare con le lavorazioni meccaniche, alla mancata formazione della suola di lavorazione e conseguente riduzione dei ristagni idrici, accanto all'eliminazione dell'erosione superficiale, alla migliore transitabilità dei mezzi meccanici, ma anche all'aumento della proliferazione di insetti utili per la difesa integrata e biologica delle coltivazioni arboree.

Nei moderni impianti specializzati coltivati su ampie superfici e ad una più elevata densità di investimento, in particolare per quelli più bassi, si tende a privilegiare la tecnica del diserbo primaverile sulla fila quando i rami erbacei sono ancora poco sviluppati e non prostrati a terra, quindi meno soggetti ad essere interessati dall'applicazione diserbante con relativi rischi di fitotossicità, ma anche per le finalità spollonanti.

Per tutti questi molteplici aspetti risulta più corretto parlare di gestione integrata delle malerbe anziché di controllo vero e proprio, in quanto si ricorre spesso alla combinazione di tecniche miste di gestione della flora infestante presente sulla fila e sull'interfila, in funzione soprattutto della tipologia degli impianti e delle condizioni pedoclimatiche.

Il contributo del diserbo chimico

Il ricorso alla pratica del diserbo chimico assume un ruolo di primaria importanza per il contenimento delle infestanti sia negli impianti più giovani che in produzione sulla fila, dove si presentano le maggiori difficoltà di gestione delle malerbe con gli altri mezzi.

La riduzione della superficie trattata permette di assicurare nel contempo una gestione più ecocompatibile, riducendo gli eventuali rischi di danni da fitotossicità.

I criteri di scelta dei diserbanti ad azione fogliare o residuale, delle relative dosi di impiego e dell'epoca di applicazione, non possono prescindere dall'età dell'impianto e dal tipo di portainnesto.

Ai fini dell'impiego di erbicidi ad azione residuale è sconsigliato intervenire su terreni molto sciolti ed irrigui, allo scopo di evitare la comparsa di fenomeni di fitotossicità. Inoltre anche la valutazione del decorso climatico e della flora infestante presente è importante ai fini della scelta dell'erbicida fogliare.

Negli impianti in produzione, nonostante l'applicazione degli erbicidi fogliari possa essere attuata in ogni momento del ciclo vegetativo con l'avvertenza di non contaminare con il trattamento le foglie delle piante, si tende ad intervenire non prima della primavera inoltrata, allo scopo di ridurre il numero degli interventi (due, massimo tre applicazioni), sfruttando l'effetto pacciamante delle malerbe sviluppate sotto le file nel precedente periodo autunno-invernale.

L'utilizzo di prodotti residuali e fogliari non comporta rischi di danno agli impianti sia nell'anno in corso che in quelli successivi se si opera razionalmente nell'ambito di una strategia integrata che contempla l'alternanza delle pratiche gestionali.

Si possono riscontrare danni a seguito di un impiego irrazionale degli erbicidi, in particolare nei giovani impianti e qualora non si operi con adeguata sicurezza di impiego per un'insufficiente conoscenza dei meccanismi di selettività dei diversi principi attivi applicati in dosi elevate con attrezzature non idonee.

Nei terreni sciolti con giovani impianti che presentano apparato radicale molto superficiale, occorre prestare particolare attenzione nell'applicazione degli erbicidi residuali (Rapparini *et al.*, 2010). Inoltre occorre evitare l'impiego di prodotti a base di glifosate, soprattutto nelle drupacee e in presenza di polloni, affinché quantità di principio attivo, seppur minime, possano essere assorbite dalle piante.

L'apporto di oxifluorfen durante il periodo di maggior accrescimento delle malerbe, così come il glifosate in particolare nel periodo vegetativo, deve essere eseguito con cautela soprattutto negli impianti bassi. In ogni caso occorre operare in assenza di vento e con barre schermate, ottimizzando il grado di bagnatura delle infestanti.

Particolare attenzione deve essere prestata nel caso di applicazioni di prodotti ormonici (MCPA) per la sensibilità delle specie arboree verso questi prodotti, con l'avvertenza di operare con temperature non elevate e distribuendo gocce non eccessivamente polverizzate (Rapparini, 2005).

Qualora le attrezzature irroranti non siano efficienti ed affidabili, in presenza di malerbe perenni a foglia larga e polloni radicali, in attesa dell'eventuale riutilizzazione del sospeso glufosinate ammonio (a partire dal 30/1/2010 fino al 30/09/2011), è possibile impiegare con cautela diquat, ma più in particolare carfentrazone-etile, dotati di una temporanea o parziale azione dissecante e più specifica spollonante di carfentrazone.

Nel procedere alla scelta dei principi attivi, della dose e dell'epoca di impiego, è necessario prendere in considerazione:

- la tipologia delle infestanti;
- la natura del terreno e le condizioni di umidità;
- la disponibilità irrigua;
- la specie arborea e l'età di impianto;
- i meccanismi d'azione e di selettività degli erbicidi, nonché le loro caratteristiche fisiche e biologiche.

Un aspetto determinante nella lotta alle malerbe è la scelta del momento di intervento e quante applicazioni effettuare nell'arco dell'annata in funzione del contesto aziendale, tra cui in particolare l'età dell'impianto e il sistema di allevamento, nonché il grado di fertilità del suolo e del relativo livello di inerbimento e di sviluppo delle infestazioni (Boyer *et al.*, 2004; Casagrandi *et al.*, 2001).

Nuovi impianti

A partire dal primo anno della messa a dimora delle piante arboree, si è dimostrato conveniente distribuire sulle file, subito dopo l'impianto con terreno lavorato e privo di infestanti nate, diserbanti ad azione residuale nelle diverse combinazioni di trattamento più indicate per i diversi tipi di impianto e alle più comuni specie di piante infestanti da combattere. I prodotti più idonei per questo tipo di impiego sono gli stessi indicati per il diserbo dei vivai, con preferenziale utilizzo di oxifluorfen e isoxaben, con l'avvertenza di verificare gli usi registrati per le diverse specie e rispettare le più corrette modalità di impiego. In alternativa all'esecuzione dei preventivi trattamenti con prodotti residuali, il diserbo dei giovani impianti può essere effettuato con l'impiego dei soli erbicidi fogliari ad azione di

contatto, preferendo nel primo anno di vegetazione il più selettivo diquat (non ammesso nei DPI), per poi utilizzare su piante ben lignificate anche glufosinate ammonio (temporaneamente sospeso nell'impiego), che si può impiegare con piena sicurezza a partire dal secondo anno di impianto. Per il controllo delle infestanti perenni si deve intervenire sulle chiazze infestate con glifosate distribuito mediante barre assolutamente schermate o con attrezzature umettanti. Tali prodotti unitamente possono poi trovare un valido impiego nei trattamenti su tutto il filare quando già dopo la messa a dimora i fusti delle piante vengono protetti con apposite schermature. Per una più razionale lotta contro le infestanti dei giovani impianti, si rivela più conveniente ricorrere all'impiego simultaneo di prodotti fogliari di contatto con quelli residuali nelle due epoche fondamentali di fine inverno e inizio estate, con utilità di ricorrere anche ad interventi autunnali dopo il primo anno di impianto.

Nei giovani impianti dove la competizione esercitata dalle malerbe risulta assai dannosa e il ricorso alle scerbature e alle zappature si rende alquanto dispendioso, può risultare particolarmente utile l'utilizzo dei film plastici neri, anche se si possono riscontrare maggiori attacchi da parte di roditori, oltre che alla costituzione di una minore riserva idrica che necessita di irrigazioni di soccorso o della preventiva stesura sottostante di manichette.

Allo scopo di unire gli innegabili vantaggi della pacciamatura durante le prime fasi di allevamento delle piante e di limitare gli svantaggi successivi, è possibile ricorrere all'impiego dei teli biodegradabili, che consentono di contenere le malerbe per un periodo seppur più limitato di tempo (1-3 anni), senza dover ricorrere alla successiva raccolta dei frammenti di telo. Particolarmente utile si rivela l'uso della pacciamatura per gli impianti molto fitti e a sviluppo limitato in altezza.

Altri accorgimenti si possono rivelare particolarmente utili nella gestione delle malerbe, come per esempio l'utilizzo di "shelter" (protezioni in materiale plastico) allo scopo di limitare sia la competizione delle malerbe nei confronti delle giovani piante coltivate che eventuali danni da selvaggina. Inoltre si evita il rischio di danno nei confronti delle giovani piante con l'impiego di erbicidi come il glifosate, a causa dell'assorbimento di questo principio attivo sistemico da parte dei giovani fusti o delle foglie. Gli "shelter" facilitano anche l'impiego dei mezzi meccanici durante le fasi di lavorazione e trinciatura meccanica o manuale (decespugliatore) dell'erba attorno ai fusti delle piante. Nel contempo si ottiene un primo ed immediato tutoraggio ed una lieve forzatura termica in virtù dell'innalzamento delle temperature nel periodo di fine inverno-inizio primavera, nonché una protezione termica durante i rigori invernali.

Impianti in produzione

Per impianti in produzione si intendono i frutteti e i vigneti giunti al quarto anno di vegetazione dopo la messa a dimora delle piante, con fusti lignificati e dotati di corteccia che limita gli scambi con l'esterno, tenendo presente che le soluzioni erbicide possono essere assorbite tramite le lenticelle, che in genere sono maggiormente presenti nelle drupacee e tra le pomacee sul pero. In questi casi si richiede una maggiore precauzione con l'impiego dei prodotti sistemici, come glifosate. Inoltre nel procedere al diserbo degli impianti in produzione occorre considerare la predisposizione degli apparati radicali a sviluppare in superficie e il periodo della durata dell'abscissione delle foglie, che varia in funzione delle specie coltivate e dell'andamento climatico, onde evitare il rischio che nei trattamenti autunnali effettuati con i prodotti sistemici, si possa incorrere in gravi fenomeni di fitotossicità. Il diserbo chimico degli impianti in produzione può essere un proseguimento di quanto già si effettuava negli anni precedenti sui giovani impianti o un inizio di tale moderna pratica colturale dopo una coltivazione con sole lavorazioni meccaniche o pacciamatura.

Nel primo caso si opera con una maggiore presenza di specie perenni rappresentate da convolvulacee, equisetacee, crucifere, malvacee e altre erbe di sostituzione e di difficile eliminazione con dosi ridotte di soli prodotti fogliari.

Nel secondo caso, il potenziale di inerbimento sarà rappresentato prevalentemente da specie annuali, comprese quelle più tradizionali di tutti i coltivi come *Veronica*, *Senecio*, *Sonchus*, *Solanum*, poligonacee, amarantacee, chenopodiacee, ecc., e con abbondanti presenze di chiazze di specie perenni meglio contenute dai film plastici rispetto alle periodiche lavorazioni del terreno.

I nuovi orientamenti basati sul più mirato impiego di erbicidi fogliari, hanno permesso di variare le tradizionali epoche di impiego e i relativi programmi di intervento, valorizzando le acquisite conoscenze sui tempi di emergenza delle malerbe e sulle caratteristiche dei singoli principi attivi, ottimizzando i calendari di intervento in funzione del tipo di impianto, delle specie coltivate e della disponibilità di impianti irrigui. Il programma di avvio dei trattamenti che si rende pertanto necessario per il controllo di tutte le specie infestanti può essere così sintetizzato in trattamenti:

- autunnali, prima della caduta delle foglie, con infestanti alte 10-15 cm;
- autunno-invernali, dopo la caduta delle foglie, con infestanti alte 10-15 cm;
- fine invernali, prima della ripresa vegetativa delle piante arboree e della vite;
- primaverili, dopo la ripresa vegetativa, prima o dopo la fioritura.

I trattamenti autunnali si rivelano particolarmente convenienti nei giovani impianti, nei casi in cui il potenziale di germinazione delle infestanti annuali sia molto alto e qualora si attuino programmi di diserbo unicamente con prodotti fogliari. Altri vantaggi derivanti dalle applicazioni autunnali con miscele di erbicidi fogliari e residuali, si evidenziano dall'assenza di malerbe sotto le file degli arboreti durante il periodo invernale e primaverile, consentendo di migliorare il grado di lignificazione dei rami con conseguente aumento della resistenza al freddo e riduzione dei danni alla base delle piante causati da topi, insetti o malattie fungine. Inoltre vengono facilitate tutte le operazioni colturali, comprese quelle di potatura e di asportazione delle ramaglie, oltre a quelle di spollonatura. In corrispondenza delle epoche autunnali inoltre, per le favorevoli condizioni di assorbimento degli erbicidi, è possibile ottenere un migliore contenimento delle malerbe con dosi relativamente ridotte, aumentando il grado di devitalizzazione delle specie perenni sensibili a glifosate.

In alternativa alle strategie di intervento che prevedono l'avvio delle applicazioni in autunno, mantengono un'ottima validità i trattamenti autunno-invernali o di fine inverno prima della ripresa vegetativa. In questo caso si opera con malerbe non ancora molto sviluppate, evitando sia i danni da competizione, che quelli derivanti da asfissia radicale causata da ristagni idrici, a cui sono particolarmente sensibili le drupacee. Inoltre gli essudati radicali di molte specie vegetali contribuiscono a migliorare il grado di assimilazione degli elementi nutritivi e ad impedire il dilavamento di quelli più mobili, tra cui l'azoto. Il cotico erboso poi, oltre ad arricchire il terreno di sostanza organica, ritarda l'emergenza delle specie a nascita primaverile contrastando lo sviluppo delle perenni, tra cui *Cirsium*, *Artemisia*, *Equisetum*, *Rumex*, ecc. Pertanto si giustificano in particolare in concomitanza di decorsi autunnali molto piovosi e in assenza di gravi infestazioni di specie perenni.

L'inizio degli interventi può essere inoltre ritardato dopo la ripresa vegetativa qualora si operi con attrezzature perfettamente schermate e quando sussista la necessità di eliminare contemporaneamente specie annuali e perenni, tra cui *Cirsium*, *Equisetum*, *Rumex*, ecc. Spesso coincide con la comparsa dei polloni che allo stadio erbaceo più sensibile di 15-20 cm di altezza vengono devitalizzati con facilità con glufosinate ammonio, anche se attualmente non si può utilizzare. Si giustificano inoltre negli impianti adulti di vite qualora si renda necessario impiegare dosi più elevate di glifosate. Inoltre viene maggiormente valorizzata l'attività di glufosinate ammonio per il temporaneo disseccamento delle specie perenni e l'ottimizzazione di quelle annuali, favorendo la formazione di uno strato pacciamante in grado di ritardare la comparsa della successiva ondata di emergenze, posizionando il secondo trattamento in un'epoca più posticipata, potendo semplificare il contenimento delle infestanti

nei vigneti e nei frutteti allevati nelle forme più alte, qualora venga addizionata una dose media di un prodotto residuale. Nella maggior parte dei casi si completa il programma di diserbo con glifosate addizionato di MCPA o con dosi ridotte di oxifluorfen

Bibliografia

Allegri A, Guidotti R, Ribeyre C (2004). Il ruolo e le esigenze del contoterzismo. *Atti Convegno SIRFI “Le attuali problematiche delle erbe infestanti: il ruolo del contoterzismo”*, Cremona, pp 67-82.

Balsari P, Oggero G, Liberatori S, Limongelli R (2008). Il coordinamento dell'attività di controllo funzionale e regolazione delle macchine irroratrici in Italia. *Atti Giornate Fitopatologiche*, Cervia, Vol. 2, pp 11-18.

Balsari P, Tamagnone M (2000). L'evoluzione del diserbo: il ruolo dei mezzi di distribuzione. *Atti Convegno SIRFI “Il controllo della flora infestante: un esempio di ottimizzazione a vantaggio dell'ambiente e della produzione”*, Milano, pp 55-67.

Barberi P, Paolini R (2000). Influenza dei fattori eco-fisiologici ed agronomici. *Informatore Fitopatologico* 7-8: 17-27.

Boyer J, Carsouille J, Crozier P (2004). Programme pluriannuel raisonné d'herbicides de prélevée au vignoble. *Atti dell'AFPF 19° Columa Conference “Journées internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes”*, Dijon, pp 184-185.

Bucchi R, Campagna G, Rapparini G (2008). Verifica dell'attività di nuovi erbicidi di post-emergenza del frumento su *Bromus mollis*. *Atti Giornate Fitopatologiche*, Cervia, pp 407-412.

Campagna G, Rapparini G (2003). Glifosate and glufosinate ammonium seed bed. *Proceedings 7th EWRS Symp. Weed control in sustainable agriculture in the mediterranean area*, Adana. (Atti su CD)

Campagna G, Geminiani E, Rapparini G (2008). Diserbo integrato per limitare la resistenza delle infestanti. *L'Informatore Agrario* 38: 71-73.

Campagna G, Rapparini G (2002). Sviluppo di mezzi biologici per il contenimento delle malerbe. *L'Informatore Agrario* 45: 53-58.

Campagna G, Rapparini G (2006). Organic sugar beet management in rotation with other crops. *Atti Conference Channel Project*, Budapest. (Atti su CD)

Campagna G, Rapparini G (2007). Antidoti, un ruolo fondamentale nel diserbo delle colture. *L'Informatore Agrario* 38: 44-52.

Campagna G, Rapparini G (2007). Lotta alle malerbe del grano seminato su sodo. *L'Informatore Agrario* 35: 50-51.

Campagna G, Rapparini G (2008). *Erbe infestanti delle colture agrarie – Riconoscimento, biologia e lotta*. 608 pp. Verona: Edizioni L'Informatore Agrario.

Campagna G, Rapparini G (2009). I fenomeni di competizione tra malerbe e colture sarchiate. *L'Informatore Agrario* 17: 55-59.

- Campagna G, Rapparini G (2010). Come ottimizzare gli interventi di post-emergenza del grano. *L'Informatore Agrario* 7: 71-73.
- Campagna G, Rapparini G (2011). Strategie integrate di gestione delle malerbe in fruttivitecologia nel periodo primaverile-estivo. *Frutticoltura* 3: 56-64.
- Campagna G, Rapparini G, Meriggi P (2009). Il ruolo dei coadiuvanti e delle formulazioni per la riduzione della dispersione ambientale e per l'ottimizzazione dell'attività biologica degli erbicidi. *Atti Convegno SIRFI "Protezione dei corpi idrici superficiali dall'inquinamento da agro farmaci"*, Bologna, pp 105-128.
- Casagrandi M, Allegri A, Marzocchi L (2001). *Diserbo: strategie operative*. 362 pp. Bologna: Edagricole.
- Catizone P, Zanin G (2001). *Malerbologia*. 926 pp. Bologna: Patron Editore.
- Colugnati G, Cattarossi G, Crespan G (2006). L'inerbimento nel vigneto moderno. *L'Informatore Agrario* 10: 53-65.
- Covarelli G(1999). *Controllo della flora infestante-Le principali colture agrarie*. 206 pp. Bologna: Edagricole.
- Covarelli G (2007). Le strategie nella gestione sostenibile degli agro farmaci: gli erbicidi. *Atti Convegno SIRFI "Uso sostenibile degli agrofarmaci: la nuova direttiva comunitaria, problematiche applicative e ruolo della ricerca"*, Bologna, pp 35-53.
- Crozier P, Perez C (2004). Impact de différentes méthodes d'entretien du sol sur la vigne et la qualité. *Atti dell'AFPF 19° Columa Conference "Journées internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes"*, Dijon, pp 190-191.
- De Wilde T, Spanoghe P, Debaer C, Ryckeboer J, Springael D, Jaeken P (2007). Overview of on-farm bioremediation systems to reduce the occurrence of point source contamination. *Pest Management Science* 63 (2): 111-128.
- Elmore LC (1996). A reintroduction to integrated weed management. *Weed Science* 44: 409-412.
- Evans SP, Knezevic S, Lindquist JL, Shapiro CA, Blankenship EE (2003). Nitrogen application influences the critical period for weed control in corn. *Weed Science* 51 (3): 408-417.
- Fabbi A, Campagna G, Rapparini G (2005). Prove di lotta contro le poligonacee infestanti il mais con trattamenti di pre e post-emergenza. *Atti Convegno SIRFI "Stato attuale della coltura del mais con particolare riferimento al controllo della flora infestante"*, Bergamo, pp 183-198.
- Froud-Williams RJ (1988). Changes in weed flora with different tillage and agronomic management systems. *Weed management in Agroecosystems: Ecological approaches*. CRC Press, Boca Raton, pp 213-236.
- Harlan JR (1982). Relationship between weed and crops. *Biology and Ecology of weed*, 91-96.
- Holt JS (1992). History of identification of herbicides-resistant weeds. *Weed Technology* 6: 615-620.
- Knezevic SZ, Cassman KG (2003). Use of herbicide-tolerant crops as a component of an integrated weed management program. *Crop Management* online.

- Knezevic SZ, Evans SP, Blankenship E, Van Acker R, Lindquist JL (2002). Critical period of weed control: the concept and data analysis. *Weed Science* 50: 773-786.
- Marocchi G (1992). *Pratica del diserbo*. 332 pp. Bologna: Edagricole.
- Masin R, Otto S, Zanin G (2007). Il ruolo della gestione agronomica nella lotta alle malerbe. *Atti Convegno SIRFI "Uso sostenibile degli agrofarmaci: la nuova direttiva comunitaria, problematiche applicative e ruolo della ricerca"*, Bologna, pp 73-90.
- Meriggi P, Sgattoni P (2000). L'ottimizzazione del diserbo nella barbabietola da zucchero. *Atti Convegno SIRFI "Il controllo della flora infestante: un esempio di ottimizzazione a vantaggio dell'ambiente e della produzione"*, Milano, pp 69-91.
- Minoti PL, Sweet RD (1981). Role of crop competition in limiting losses from weeds. *Handbook of pest management in agriculture*, Vol 2, pp 35-367.
- Miravalle R (2005). La lotta contro le infestanti del vigneto. *Phytomagazine*, 85-92.
- Montemurro P, Preziosa P (2000). L'ottimizzazione nel diserbo nel pomodoro da industria. *Atti Convegno SIRFI "Il controllo della flora infestante: un esempio di ottimizzazione a vantaggio dell'ambiente e della produzione"*, Milano, pp 5-6, 151-173.
- Paolini R (2000). L'evoluzione del diserbo: le pratiche agronomiche. *Atti Convegno SIRFI "Il controllo della flora infestante: un esempio di ottimizzazione a vantaggio dell'ambiente e della produzione"*, Milano, pp 19-54.
- Piccardi P (2000). L'evoluzione del diserbo: gli erbicidi. *Atti Convegno SIRFI "Il controllo della flora infestante: un esempio di ottimizzazione a vantaggio dell'ambiente e della produzione"*, Milano, pp 1-18.
- Rapparini G (2005). Diserbo chimico dei fruttiferi e della vite. *L'Informatore Agrario* 45: 67-74.
- Rapparini G (2008). Per diserbare fruttiferi e vite fondamentale il glifosate. *L'Informatore Agrario* 41: 52-60.
- Rapparini G, Campagna G, Campagna S (2002). Sensibilità di colture di sostituzione a erbicidi impiegati su mais e altre sarchiate. *L'Informatore Agrario* 14: 83-87.
- Rapparini G, Campagna G, Geminiani E (2006). Danni alle colture di successione. *L'Informatore Agrario* 3: 66-72.
- Rapparini G, Campagna G, Geminiani E (2010). Studio con test biologici della persistenza e percolazione di flazasulfuron impiegato nel diserbo preventivo della vite. *Atti Giornate Fitopatologiche*, Cervia (Atti su CD).
- Rapparini G, Campagna G, Geminiani E (2010). Ulteriori verifiche della persistenza e percolazione di flufenacet e pethoxamid applicati in pre-emergenza del mais. *Atti Giornate Fitopatologiche*, Cervia (Atti su CD).
- Rapparini G, Campagna G, Geminiani E (2011). Diserbo del riso in tre mosse. *L'Informatore Agrario* 14: 77-86.
- Rapparini G, Campagna G, Geminiani E (2011). Miscela a tre vie per il diserbo preventivo del mais. *L'Informatore Agrario* 6: 73-83.
- Rapparini G, Campagna G, Geminiani E (2011). Per il diserbo del grano intervento unico in post-emergenza. *L'Informatore Agrario* 3: 59-69.

- Rapparini G, Campagna G, Geminiani E, Capella A (2008). Problematiche, attualità e prospettive delle strategie di lotta alle malerbe delle colture orticole da industria. *Notiziario sulla protezione delle piante – AIPP 22*: 83-122.
- Rapparini G, Fabbi A, Bonetti M, Campagna G (2004). Etude du comportement du dimethenamide et du DMTA-P sur des parcelles de maïs drainées. *Atti dell'AFPF 19° Columa Conference “Journées internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes”*, Dijon, pp 1-66.
- Rapparini G, Geminiani E, Campagna G (2006). Momenti di applicazione e ugelli influenzano il diserbo del maïs. *L'Informatore Agrario 15*: 102-108.
- Rapparini G, Geminiani E, Campagna G (2009). Vite e fruttiferi si diserbano sulla fila. *L'Informatore Agrario 40*: 52-59.
- Rapparini G, Geminiani E, Campagna G (2011). Per il diserbo della soia prevale il post-emergenza. *L'Informatore Agrario 12*: 79-86.
- Sattin M (2006). Preservare l'efficacia degli erbicidi. *L'Informatore Agrario 20* (Supplemento): 19-21.
- Sattin M, Campagna C, Marchi A (2000). Fenomeni di resistenza agli erbicidi in Italia. *Informatore Fitopatologico 7-8*: 33-34.
- Shaw WC (1982). Integrated weed management systems technology for pest management. *Weed Science 30*: 2-12.
- Swanton CJ, Murphy SD (1996). Weed science beyond the weeds: the role of integrated weed management (IWM) in agroecosystem health. *Weed Science 44*: 437-445.
- Swanton CJ, Weise SF (1991). Integrated weed management: the rationale and approach. *Weed technology 5*: 648-656.
- Tei F (2001). Il diserbo delle colture orticole In: Catizone e Zanin, editor. *Malerbologia*. Bologna: Patron Editore. pp 778-815.
- Viggiani P, Baldoni G, Montemurro P (1998). Indagine sulla flora infestante il pomodoro da industria in alcuni ambienti tipici italiani. *Atti Convegno SIRFI “Il controllo della flora infestante nelle colture orticole”*, Bari, pp 241-251.
- Walker RH, Buchanan GA (1982). Crop manipulation in integrated weed management systems. *Weed Science 30*: 17-24.
- Zaghi C, Caffarelli V (2007). La strategia comunitaria sui pesticidi e la proposta di direttiva sull'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari. *Atti Convegno SIRFI “Uso sostenibile degli agrofarmaci: la nuova direttiva comunitaria, problematiche applicative e ruolo della ricerca”*, Bologna, pp 1-10.
- Zanin G (2000). Caratteristiche ed evoluzione della flora infestante del maïs. *L'Informatore Agrario 23*: 79-82.

GESTIONE DELLA RESISTENZA NEL CONTESTO DELL'IWM E DELLA NUOVA NORMATIVA EUROPEA

SATTIN M.

*CNR - Istituto di Biologia Agro-ambientale e Forestale, Unità di Legnaro (PD)
E-mail: maurizio.sattin@ibaf.cnr.it*

Riassunto

L'approvazione del nuovo pacchetto di normative europee sui fitofarmaci, spesso denominato "*Pesticide package*", avrà importanti ricadute sul rischio di insorgenza e diffusione della resistenza agli erbicidi e sulla sua gestione. La resistenza è ampiamente diffusa in Italia dove sono stati identificati 27 biotipi resistenti che coinvolgono 18 specie infestanti, prevalentemente monocotiledoni (13) e, 13 regioni. Sebbene l'IWM sia ampiamente conosciuto e dovrebbe essere alla base della prevenzione e gestione della resistenza, il livello d'implementazione soprattutto per le colture erbacee di pieno campo, rimane limitato. È prevedibile che la nuova e complessa normativa europea sui fitofarmaci avrà effetti contrastanti sul rischio e la gestione della resistenza: l'ulteriore riduzione del numero e soprattutto della diversità dei principi attivi disponibili, che verosimilmente seguirà l'applicazione del Regolamento (CE) n. 1107/2009 renderà la gestione della resistenza più problematica ed innalzerà il rischio, mentre l'implementazione della Direttiva 2009/128/CE dovrebbe rendere i sistemi colturali più sostenibili e quindi abbassare il rischio di resistenza ai fitofarmaci, e quindi anche agli erbicidi.

Parole chiave

Resistenza agli erbicidi; Direttiva quadro sui prodotti fitosanitari; Sistemi colturali italiani; Uso sostenibile degli erbicidi; Gestione integrata delle malerbe.

Summary

Herbicide resistance management under IWM within the framework of the new European regulation

The approval and implementation of the EU Pesticide package will have a significant impact on herbicide resistance appearance, diffusion and management. Herbicide resistance is widespread in Italy, where 27 biotypes have been identified with 18 weed species involved and 13 regions affected. Although IMW is widely known, its implementation is still limited. It is foreseen that the new and complex EU legislation on pesticides will have contrasting effects on resistance risk and management: the further reduction in number and diversity of herbicides available due to Regulation (EC) No 1107/2009 will increase the risk of resistance and make its management harder, while implementation of Directive 2009/128/EC should increase the sustainability of cropping systems and therefore lower the risk of resistance

Keywords

Herbicide resistance; EU Framework Directive; Italian cropping systems; Sustainable use of herbicides; Integrated weed management.

Introduzione

Gli erbicidi sono stati e sono il principale mezzo per ottenere un efficiente ed efficace controllo della flora infestate. Oltre alle ovvie ricadute positive sulla produttività e redditività delle colture, l'uso di queste sostanze comporta talvolta degli effetti negativi sia sull'ambiente e sulla salute umana, sia sull'evoluzione delle malerbe verso le quali i trattamenti sono diretti. La selezione/evoluzione di popolazioni resistenti a questi composti è infatti un fenomeno ormai conosciuto da tempo ed il costo connesso a questo problema è significativo (Orson, 1999; GIRE, 2011).

Come generalmente accade in natura, alla base del processo di selezione/evoluzione della flora infestante vi è la variabilità genetica e l'adattabilità ecologica, cioè la capacità delle piante infestanti di adattarsi a condizioni ambientali avverse e/o mutevoli ed ai vari disturbi ai quali sono sottoposte (LeBaron e Gressel, 1982; Catizone e Zanin, 2001). Anche le lavorazioni meccaniche, se standardizzate e ripetute nel tempo e nello spazio, possono condurre alla selezione di alcune specie piuttosto che altre.

Ogni erbicida impone una pressione di selezione verso gli organismi sensibili alla sua azione favorendo così la riproduzione preferenziale degli individui e delle specie più resistenti. La pressione di selezione è proporzionale all'efficacia del prodotto, e perciò varia da specie a specie.

La resistenza ai fitofarmaci può costituire un problema importante nella protezione delle colture, e viene comunemente definita come "la naturale ed ereditabile capacità di alcuni individui di una popolazione di sopravvivere ad una dose di fitofarmaco che normalmente viene utilizzata per il loro controllo"; mentre per biotipo resistente si intende un gruppo di individui che condividono molte caratteristiche fisiologiche, tra le quali la capacità di sopravvivere ad uno o più erbicidi, appartenenti ad un particolare gruppo, utilizzati ad una dose che normalmente li controllerebbe. Per cui, per ogni specie ci possono essere più biotipi resistenti in relazione al tipo ed al numero di gruppi di erbicidi coinvolti, cioè in relazione allo spettro di resistenza. Naturalmente, per ciascun biotipo ci possono essere più popolazioni; ad esempio, nel mondo ne esistono migliaia aventi le stesse caratteristiche di resistenza agli erbicidi inibitori dell'acetolattato sintetasi – ALS (ad esempio le solfoniluree).

Il problema è in espansione e può causare:

- perdite di produzione;
- incremento dei costi sia per gli agricoltori che per le società produttrici di fitofarmaci;
- incremento dell'uso di fitofarmaci con conseguente aumento del rischio per gli utilizzatori, i consumatori e l'ambiente;
- parziale, o nei casi peggiori totale, perdita di costosi e sofisticati strumenti tecnici quali sono i fitofarmaci.

La banca dati mondiale sulla resistenza agli erbicidi (Heap, 2011) riporta 358 biotipi che coinvolgono 197 specie infestanti, delle quali 115 dicotiledoni e 82 monocotiledoni, in ben oltre 500.000 appezzamenti.

Ci sono specie infestanti che sono più predisposte di altre ad evolvere popolazioni resistenti agli erbicidi (*Lolium* spp., *Avena* spp., *Amaranthus* spp., *Conyza* spp., *Senecio vulgaris*, *Echinochloa* spp., *Alopecurus myosuroides*). Si è riscontrato che queste sono generalmente specie a fecondazione incrociata o dove essa è presente in proporzioni significative, che producono cospicue quantità di seme, capaci di creare infestazioni molto dense e dotate di ampia variabilità genetica.

Dalle informazioni disponibili, risulta inoltre abbastanza raro che un determinato biotipo sia resistente ad un solo erbicida; cioè si trovano frequentemente biotipi resistenti selezionati da un certo erbicida e resistenti anche ad altri erbicidi aventi lo stesso meccanismo d'azione dell'erbicida selezionatore (Tabacchi *et al.*, 2004; Scarabel *et al.*, 2010; Collavo *et al.*, 2011), in questi casi si è in presenza di “resistenza incrociata”. Normalmente, il meccanismo di resistenza coinvolto è uno. Si può inoltre verificare il caso della “resistenza multipla”, dove le popolazioni sono in grado di resistere contemporaneamente ad erbicidi aventi diverso meccanismo d'azione (es. popolazioni di papavero resistenti ad inibitori dell'ALS ed al 2,4-D; Sattin *et al.*, 2006).

L'approvazione del nuovo pacchetto di normative europee sui fitofarmaci, spesso denominato “*Pesticide package*”, avrà importanti ricadute sul rischio di insorgenza e diffusione della resistenza.

Dal punto di vista della resistenza, la stasi nell'introduzione nel mercato di erbicidi con nuovi meccanismi d'azione (Mda), la perdita significativa di p.a. in commercio dovuta al processo di ri-registrazione imposto dalla Direttiva 91/414/CEE (Figura 1) e che verosimilmente continuerà con l'applicazione del nuovo Regolamento (CE) n. 1107/2009, nonché l'uso sempre più diffuso di erbicidi estremamente efficaci e con un sito d'azione molto specifico (es. gli inibitori dell'ALS ed i graminicidi inibitori l'enzima acetil-coenzima A carbossilasi-ACCasi) ha aumentato il rischio di insorgenza e diffusione della resistenza. Tuttavia, oltre ad avere l'obiettivo di ridurre l'impatto sull'ambiente e sulla salute umana, la normativa europea rappresenterà un'opportunità per aumentare la sostenibilità dei sistemi colturali, anche attraverso la riduzione della dinamica evolutiva della flora infestante e l'incremento della professionalità degli addetti ai lavori.

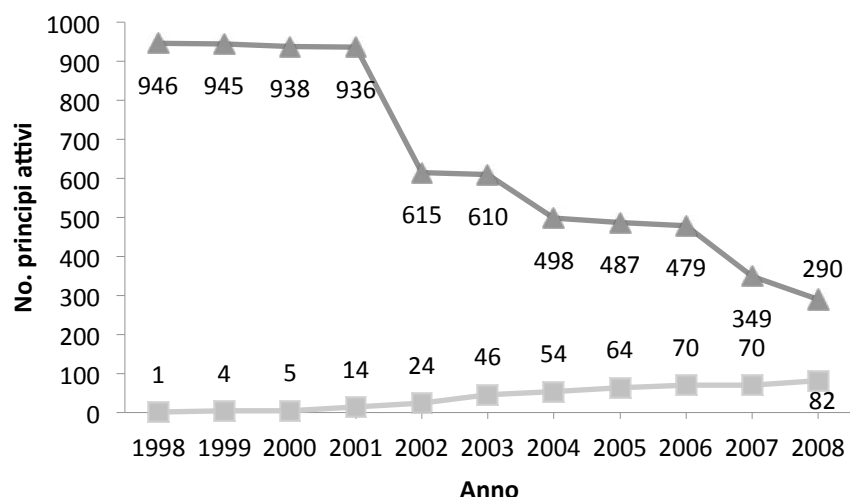


Figura 1. Evoluzione della disponibilità di principi attivi (totale dei prodotti fitosanitari): (■) numero cumulato di nuovi principi attivi inclusi in allegato 1, (▲) numero rimanente di "vecchi" principi attivi rimasti in allegato 1 come risultato del processo di revisione.

La situazione della resistenza agli erbicidi in Europa e in Italia

La resistenza è ampiamente diffusa in tutti Paesi dell'Europa centro-occidentale e nell'ultimo decennio la sua evoluzione è stata più veloce nei Paesi dell'Europa meridionale (Heap, 2011; Sattin, 2005) dove si è verificato un maggiore incremento del numero e della diversità di nuovi biotipi resistenti. Questo è verosimilmente connesso alla maggiore varietà di malerbe e sistemi colturali presenti nel sud dell'Europa.

Anche la situazione Italiana è in veloce evoluzione. A seguito dei primi casi di resistenza scoperti in alcune malerbe del riso, e di fronte all'esigenza di incrementare il livello di conoscenza e convogliare agli operatori del settore un'informazione veloce, efficace, completa e condivisa, nel 1997 si costituì il Gruppo Italiano di lavoro sulla Resistenza agli Erbicidi (GIRE). Il gruppo è costituito da rappresentanti delle Società agro-chimiche aventi principi attivi interessati direttamente od indirettamente dai fenomeni di resistenza e da personale del mondo accademico, della ricerca e della divulgazione tecnica. In questi anni il GIRE ha condotto un'intensa opera di monitoraggio, ricerca ed informazione sulla resistenza agli erbicidi, ponendo particolare attenzione all'efficienza del trasferimento di informazioni agli *stakeholders*.

Finora sono stati identificati 27 biotipi resistenti che coinvolgono 18 specie infestanti, prevalentemente monocotiledoni (13), e 13 regioni (Tabella 1). Il trend degli ultimi anni mostra che il numero di specie coinvolte è relativamente stabile, mentre è in costante aumento il numero di biotipi resistenti (Figura 2). Questo indica chiaramente che alcune specie/generi (*Lolium* spp., *Echinochloa* spp. ed *Amaranthus* spp.) sono particolarmente prone a sviluppare resistenza a vari erbicidi con MdA diversi.

Tabella 1. Cronistoria delle specie e biotipi resistenti in Italia. Per ogni specie sono indicati l'anno di comparsa della resistenza, gli erbicidi o i gruppi di erbicidi coinvolti nella resistenza, il loro gruppo HRAC (<http://www.hracglobal.com/>), le colture e le regioni interessate. In grassetto sono riportate le specie dove la resistenza è più diffusa (più di 20 comuni coinvolti). Per informazioni più dettagliate consultare il sito del GIRE (www.resistenzaerbicidi.it).

Specie	Anno prima popolazione R	Erbicida o Gruppo di erbicidi	Gruppo HRAC	Colture interessate	Regioni interessate
<i>Amaranthus cruentus</i>	1978	Atrazina	C1	Mais	Veneto, Friuli, Lombardia
<i>Solanum nigrum</i>	1978	Atrazina	C1	Mais	Veneto, Friuli, Lombardia
<i>Chenopodium album</i>	1982	Atrazina	C1	Mais	Piemonte
<i>Avena sterilis</i>	1992 2007	Inib. ACCasi Inib. ALS	A B	Grano duro	Puglia, Basilicata, Sicilia
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	1994	Inib. ALS	B	Riso	Piemonte, Lombardia
<i>Schoenoplectus mucronatus</i>	1995	Inib. ALS	B	Riso	Piemonte, Lombardia
<i>Lolium spp</i>	1995 2004	Inib. ACCasi Inib. ALS	A B	Grano duro/ medica	Toscana, Puglia, Umbria e Lazio
<i>Papaver rhoeas</i>	1998 1998	Inib. ALS ormonici	B O	Grano duro	Puglia, Lazio, Umbria, Toscana, Basilicata, Sicilia
<i>Phalaris paradoxa</i>	1998	Inib. ACCasi	A	Grano duro	Lazio, Puglia, Marche
<i>Amaranthus retroflexus</i>	1999	Terbutilazina, Metamitron	C1	Mais	Veneto

Tabella 1. Segue

Specie	Anno prima popolazione R	Erbicida o Gruppo di erbicidi	Gruppo HRAC	Culture interessate	Regioni interessate
<i>Cyperus difformis</i>	2000	Inib. ALS	B	Riso	Piemonte, Lombardia, Veneto e Emilia Romagna
<i>Echinochloa crus-galli</i>	2000	Propanile	C2 O	Riso	Piemonte, Lombardia e Toscana
<i>Echinochloa erecta</i>	2003 2004	Propanile quinclorac	C2	Riso	Lombardia, Piemonte
<i>Echinochloa colonum</i>	2003	Propanile	C2	Riso	Lombardia
<i>Amaranthus retroflexus</i>	2003	Inib. ALS	B	Soia	Friuli
<i>Sorghum halepense</i>	2005	Inib. ACCasi	A	Soia/ pomodoro	Lombardia
<i>Echinochloa spp</i>	2005 2010	Inib. ALS Inib. ACCasi	B A	Mais, riso riso	Veneto, Piemonte, Lombardia, Emilia-Romagna, Toscana, Sardegna
<i>Sinapis arvensis</i>	2006	Inib. ALS	B	Grano duro	Sicilia, Toscana
<i>Digitaria sanguinalis</i>	2006	Inib. ACCasi	A	Soia	Veneto
<i>Lolium rigidum</i>	2007	Inib. EPSPS	G	Vigneti, uliveti	Piemonte, Puglia
<i>Alopecurus myosuroides</i>	2009	Inib. ACCasi		Grano duro	Puglia

(*) A metà degli anni '80 le popolazioni resistenti di queste tre specie coprivano circa il 10% della superficie maidicola italiana (Cantele et al., 1985).

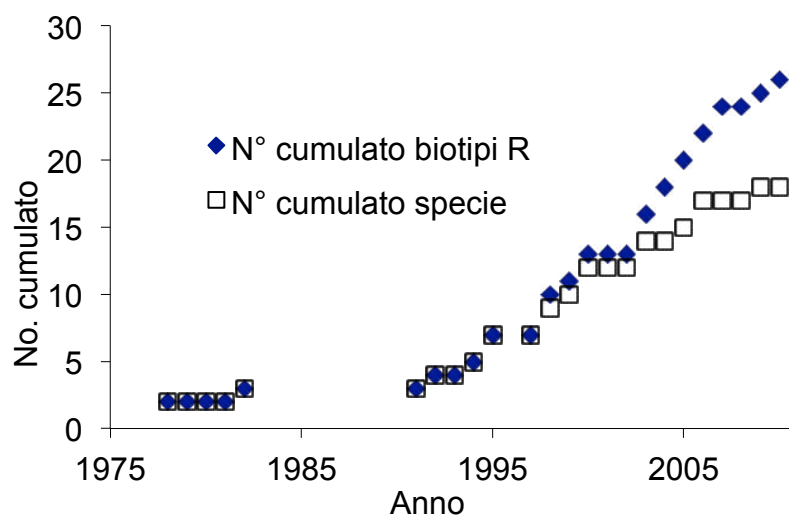


Figura 2. Evoluzione cronologica del numero di biotipi e di specie con almeno una popolazione resistente ad un erbicida in Italia.

I sistemi colturali interessati sono spesso caratterizzati da una ridotta variabilità nel tempo e nello spazio, con un ricorso frequente alla monosuccessione e monocoltura. Il GIRE stima che più del 25% della superficie coltivata a riso sia interessata dalla resistenza; i casi più diffusi sono in ordine decrescente: *Schoenoplectus (Scirpus) mucronatus*, *Cyperus difformis* e *Alisma plantago-aquatica* resistenti agli inibitori dell'ALS; sono state poi ritrovate alcune popolazioni di giavone rosso (*Echinochloa crus-galli*) resistenti al propanile (Tabacchi *et al.*, 2004) e recentemente si è registrato in questa specie un veloce incremento della resistenza agli inibitori dell'ALS. Purtroppo, recentemente sono state anche trovate alcune popolazioni resistenti multiple agli inibitori dell'ALS ed al profoxydim (Figura 3). In queste situazioni la sostenibilità della coltura del riso appare seriamente minacciata.

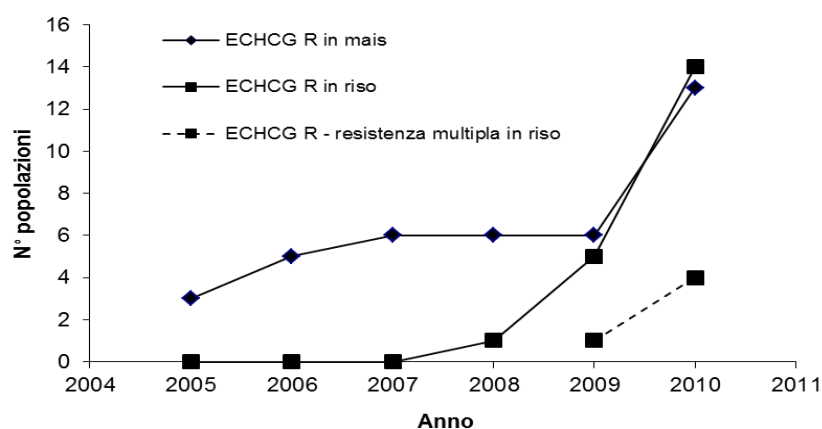


Figura 3. Numero cumulato di popolazioni di *Echinochloa crus-galli* resistenti agli inibitori dell'ALS in riso ed in mais e con resistenza multipla ad inibitori dell'ALS ed a profoxydim in riso.

Il secondo sistema colturale ampiamente interessato dalla resistenza è il grano duro, dove i casi più diffusi sono *Lolium* spp. (principalmente nel nord del Lazio, nella parte centro occidentale e meridionale della Toscana, nella parte occidentale dell'Umbria ed alcuni casi anche in Puglia), *Avena sterilis* (principalmente nelle province di Foggia e Bari, con alcuni casi anche nella Sicilia centro-occidentale) resistenti agli inibitori dell'ACCasi (Sattin *et al.*, 2001; Collavo *et al.*, 2011; Scarabel *et al.*, 2011). Alcuni casi di entrambe le specie sono risultati affetti da resistenza multipla alle solfoniluree (Campagna *et al.*, 2006). Inoltre, alcune decine di popolazioni di papavero (*Papaver rhoeas*) sono state confermate resistenti agli inibitori dell'ALS (zona a nord di Roma, Sicilia sud-occidentale e province di Foggia, Bari e Potenza), con alcune popolazioni che presentano resistenza multipla al 2,4-D (Scarabel *et al.*, 2004; Sattin *et al.*, 2006). Un'altra dicotiledone coinvolta nella resistenza agli inibitori dell'ALS è la *Sinapis arvensis* (GIRE, 2011).

Oltre ai suddetti casi provenienti da coltivazioni di riso, desta particolare preoccupazione il repentino incremento del numero di popolazioni di *E. crus-galli* resistenti alle solfoniluree utilizzate nel mais.

Anche in Italia negli ultimi anni è comparsa la resistenza al glifosate: coinvolge popolazioni di *Lolium rigidum* presenti in vigneti e nocioleti della provincia di Cuneo ed uliveti del Leccese (Collavo e Sattin, 2011; GIRE, 2011) dove il glifosate è stato il principale, e talvolta unico, mezzo di controllo delle malerbe. Viste le caratteristiche di questo erbicida e la varietà delle situazioni in cui è utilizzato, è particolarmente importante mettere in atto tutte le misure per preservarne l'efficacia.

Un buon esempio di sistema colturale dove la standardizzazione e le non ottimali condizioni di utilizzo degli erbicidi ha recentemente portato alla selezione di un biotipo di *Lolium* spp. resistente agli arilossifenossipropionati (FOP), ed in particolare al quizalofop-P-etile, è l'erba medica per la produzione di seme e foraggio in provincia di Ravenna (GIRE, 2011). Su questi medicai, a partire dal secondo anno d'impianto, viene fatto un primo sfalcio a foraggio (in cui si cerca di ottimizzare la resa in biomassa totale, quindi evitando i diserbi) e quindi vengono poi mandati a seme a seguito di un intervento di diserbo con FOP sui ricacci del primo taglio, ed infine si effettua un ultimo sfalcio a fine estate. Queste operazioni vengono normalmente ripetute di anno in anno per tutta la durata del medicaio (4-5 anni). Il medicaio è mantenuto il più a lungo possibile, intercalandolo brevemente (1-3 anni) con cereali dove l'uso dei FOP è molto frequente. La gestione di questa resistenza implica necessariamente l'abbandono della produzione di seme di medica, mentre una corretta gestione degli sfalci dovrà evitare la

maturazione dei semi di *Lolium* spp. Parallelamente si dovrà ricorrere all'uso di erbicidi con un diverso MdA sia sulla medica sia sulle colture in successione.

Da quanto sopra descritto l'evoluzione della resistenza agli erbicidi in funzione dei sistemi colturali e delle pratiche agronomiche appare chiara: ogniqualvolta la diversità dei disturbi nel tempo e nello spazio è fortemente ridotta, e specialmente quando accoppiata a trattamenti erbicidi fatti in condizioni non ottimali (variabili importanti sono la dose, l'epoca di trattamento, la qualità e la manutenzione delle attrezzature), il rischio di resistenza aumenta significativamente. Se poi la pressione di infestazione di specie particolarmente prona alla resistenza è elevata, la sostenibilità dei sistemi colturali diventa molto labile.

Resistenza agli erbicidi e gestione integrata delle malerbe (IWM)

Il concetto e l'approccio della gestione integrata delle malerbe (comunemente conosciuto come Integrated Weed Management - IWM) sono ben conosciuti (Shaw, 1982; Mortensen *et al.*, 2000; Zanin *et al.*, 2011) e dovrebbero essere alla base della prevenzione e gestione della resistenza (vedi le Linee Guida per la gestione della resistenza messe a punto dal GIRE, www.resistenzaerbicidi.it). IWM dovrebbe considerare tutti gli aspetti, sia quelli inerenti il sistema colturale (es. biologia delle malerbe e delle colture e le loro interazioni competitive e non, lavorazioni, rotazione, erbicidi e metodi alternativi di controllo, andamento climatico), sia quelli relativi agli aspetti sociologici ed economici (Swanton e Weise, 1991). Inoltre l'IWM dovrebbe essere integrato in un approccio più generale di difesa integrata (Integrated Pest Management-IPM) e sostenibilità dei sistemi colturali. In questo ambito, risulta particolarmente utile l'attività del Gruppo Difesa Integrata del MIPAF e del *Network of Excellence* europeo ENDURE (European Network for the Durable Exploitation of crop protection strategies).

Tuttavia il livello d'implementazione dell'IWM, soprattutto per le colture erbacee di pieno campo, rimane limitato. Le ragioni sono molteplici e, molti esperti sono concordi nell'indicare alcune "criticità di sistema": a) i maggiori costi e rischi, b) lo scarso livello culturale medio, c) il mancato coinvolgimento di tutti gli *stakeholders* nell'organizzare le priorità ed il trasferimento di conoscenza dalla ricerca agli utilizzatori, d) la scarsa propensione della ricerca ad affrontare l'IWM, e l'IPM più in generale, attraverso un approccio multi ed interdisciplinare a livello di sistema colturale.

Il *Pesticide Package*, influenzerà in modo molto significativo l'uso quanti-qualitativo dei prodotti fitosanitari e la gestione dei sistemi colturali e, di conseguenza, anche il rischio di resistenza e la sua gestione. In particolare, è verosimile che gli effetti dell'applicazione del Regolamento (CE) n. 1107/2009 continueranno sulla stessa linea della precedente Direttiva 91/414/CE, provocando un'ulteriore contrazione del numero e della diversità del portfolio prodotti e perciò un innalzamento del rischio resistenza. La situazione si prospetta critica soprattutto per il riso e per le colture minori. L'impatto della riduzione dei principi attivi disponibili è stato bene sintetizzato da alcuni esperti europei nella "Dichiarazione di Lubiana" (Bielza *et al.*, 2008), la cui principale raccomandazione è che deve essere assicurata una sufficiente diversità tra i prodotti fitosanitari disponibili, cioè tra i loro MdA. E' inoltre importante menzionare che il Panel sulla resistenza dell'EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization) sta predisponendo le linee guida per la valutazione del potenziale impatto dell'esclusione di un principio attivo sul rischio di resistenza nell'ambito della valutazione dei candidati alla sostituzione.

Parte molto importante del *Pesticide Package* è la Direttiva 2009/128/CE (ed i relativi Piani d'Azione Nazionali che dovranno recepirla entro il dicembre 2012) che istituisce un quadro per l'azione comunitaria ai fini dell'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari. In particolare, l'art. 14 tratta la difesa integrata (cioè IPM e quindi anche IWM) ed il comma 4 recita "*Gli Stati membri descrivono nei rispettivi piani d'azione nazionali il modo in cui essi assicurano che tutti gli utilizzatori professionali di pesticidi attuino i principi generali della difesa integrata riportati nell'allegato III al più tardi il 1° gennaio 2014*". Tre sono i punti dell'Allegato III "Principi generali di difesa integrata" di particolare rilevanza per la gestione della resistenza: a) la rotazione come strumento fondamentale per la prevenzione e/o la soppressione degli organismi nocivi (comprese le malerbe); b) gli organismi nocivi devono essere monitorati con metodi e strumenti adeguati; c) ove il rischio di resistenza a una misura fitosanitaria sia conosciuto ed il livello di organismi nocivi richieda trattamenti ripetuti di pesticidi sulla coltura, le strategie antiresistenza disponibili dovrebbero essere messe in atto per mantenere l'efficacia dei prodotti. Ciò può includere l'utilizzo di diversi pesticidi con diversi modi di azione. Il GIRE continua a dare il proprio contributo ad affrontare tutti questi punti.

Dal punto di vista della resistenza, la generale spinta verso la riduzione delle dosi di fitofarmaci è un elemento di preoccupazione. Infatti, le informazioni disponibili evidenziano che l'uso di dosi sub-letali favorisce la lenta evoluzione della resistenza non-target-site che spesso conduce a situazioni di resistenza multipla difficilmente gestibili, specialmente nelle

specie a fecondazione incrociata (Powles e Yu, 2010; Gressel, 2010). In effetti, ciò che è veramente importante è l'efficacia del trattamento e non la dose: quindi la riduzione delle dosi non favorirà la selezione di piante resistenti finché l'efficacia del trattamento sarà alta. In presenza di infestazioni complesse, cioè con molte specie a diversi stadi di sviluppo, ridurre le dosi di erbicida e mantenere alta l'efficacia complessiva del trattamento risulta spesso difficile e richiede comunque alti livelli di professionalità ed organizzazione.

Nel complesso, l'implementazione della Direttiva 2009/128/CE ed in particolare della difesa integrata dovrebbe portare ad un abbassamento del rischio di resistenza, anche verso gli erbicidi.

Considerazioni conclusive

La resistenza è un fenomeno gestibile attraverso il controllo integrato delle malerbe (IWM), attraverso cioè un uso responsabile degli erbicidi e la loro integrazione con idonee pratiche agronomiche, specialmente la rotazione colturale e l'applicazione puntuale delle norme in materia. È prevedibile che la nuova e complessa normativa europea sui fitofarmaci avrà effetti contrastanti sul rischio e la gestione della resistenza: l'ulteriore riduzione del numero e soprattutto della diversità dei principi attivi disponibili che verosimilmente seguirà l'applicazione del Regolamento (CE) n. 1107/2009 renderà la gestione della resistenza più problematica ed innalzerà il rischio, mentre l'implementazione della Direttiva 2009/128/CE dovrebbe rendere i sistemi colturali più sostenibili e quindi abbassare il rischio di resistenza ai fitofarmaci, e quindi anche agli erbicidi.

Appare necessario affrontare il problema della resistenza e dell'analisi del rischio della sua insorgenza in termini di conoscenza ed organizzazione: prima di tutto bisogna conoscere gli strumenti a disposizione ed il bersaglio della loro azione, bisogna cioè avere ben chiaro che ogni erbicida è caratterizzato da un certo meccanismo e spettro d'azione e che la sua azione è mediata dalle caratteristiche biologiche delle varie specie infestanti. La resistenza è un problema complesso, esistono dei principi generali per la sua gestione ma le soluzioni migliori vanno ricercate caso per caso sulla base delle informazioni in possesso dell'agricoltore.

Il costante ed efficace trasferimento delle conoscenze acquisite agli operatori del settore gioca un ruolo importante nella gestione della resistenza. Questo è il principale obiettivo del Gruppo Italiano di lavoro sulla Resistenza agli Erbicidi (GIRE) che, attraverso la sinergia tra

ricercatori pubblici e privati e la costante attenzione verso le forme più efficaci di comunicazione, regolarmente pubblica linee-guida sulla gestione ed aggiornamenti sulla situazione dei casi più diffusi di resistenza in Italia.

Ringraziamenti

Si ringraziano tutti i membri del GIRE per contributo di idee, dati ed opinioni che sono state condivise fin dalla nascita del Gruppo.

Bibliografia

- Bielza P, Denholm I, Iaconidis P, Sterk G, Leadbeater A, Leonard P, Jørgensen LN (2008). Declaration of Ljubljana - The impact of a declining European pesticide portfolio on resistance management. *Outlooks on Pest Management* 19: 246-248.
- Cantele A, Zanin G, Zuin MC (1985). Resistenza cloroplastica alle triazine: attuale estensione del fenomeno e prospettive. *L'Informatore Agrario* 41 (9): 153-168.
- Catizone P, Zanin G (2001). *Malerbologia*. 926 pp. Bologna: Patron Editore.
- Collavo A, Panozzo S, Lucchesi G, Scarabel L, Sattin M (2011). Characterisation and management of *Phalaris paradoxa* resistant to ACCase-inhibitors. *Crop Protection* 30: 293-299.
- Collavo A, Sattin M (2011). Resistance to glyphosate in *Lolium rigidum* selected in Italian perennial crops: bioevaluation, management and molecular bases of target-site resistance. *Weed Research*, in corso di stampa.
- Délye C, Pernin F, Scarabel L (2011). Evolution and diversity of the mechanisms endowing resistance to herbicides inhibiting acetolactate-synthase (ALS) in corn poppy (*Papaver rhoeas* L.). *Plant Science* 180: 333-342.
- Heap I (2011, 14 maggio) The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Online. Internet. Disponibile presso www.weedscience.com
- GIRE (2011, 15 maggio). Gruppo Italiano di lavoro sulla Resistenza agli Erbicidi. Online. Internet. Disponibile presso www.resistenzaerbicidi.it
- Gressel J (2011). Low pesticide rates may hasten the evolution of resistance by increasing mutation frequencies. *Pest Management Science* 67: 253-257.
- LeBaron HM, Gressel J (1982). *Herbicide resistance in plants*. USA: John Wiley & Sons.
- Mortensen DA, Bastiaans L, Sattin M (2000). The role of ecology in the development of weed management systems: an outlook. *Weed Research* 40: 49-62.
- Moss SR, (2008). Weed research: is it delivering what it should? *Weed Research* 48: 389-393.
- Orson J (1999). Cost to farmers of herbicide resistance. *Weed Technology* 13: 607-611.
- Powles SB, Yu Qin (2010). Evolution in action: plants resistant to herbicides. *Annual Review Plant Biology* 61: 317-347.

- Qin Yu, Collavo A, Ming-Qi Zheng, Owen M, Sattin M, Powles S (2007). Diversity of ACCase mutations in resistant Lolium populations: evaluation using clethodim. *Plant Physiology* 145: 547-558.
- Sattin M (2005). Herbicide resistance in Europe: an overview. *Proceedings BCPC International Congress – Crop Science & Technology*, Glasgow, UK, pp 131-138.
- Sattin M, Campagna C, Dalla Valle N, Fornaia L, Guardone A, Magnani D, Sbriscia C, Scarabel L, Tabacchi M, Tracchi G, Zanin G (2006). L'evoluzione della resistenza del papavero agli erbicidi. *L'Informatore Agrario* 21: 71-76.
- Scarabel L, Locascio A, Furini A, Sattin M, Varotto S (2009). Characterisation of ALS genes in the polyploid species *Schoenoplectus mucronatus* and implications for resistance management. *Pest Management Science* 66: 337-344.
- Scarabel L, Panozzo S, Varotto S, Sattin M (2011). Allelic variation of the ACCase gene and response to ACCase-inhibiting herbicides in pinoxaden target-site resistant Lolium spp. *Pest Management Science*, in corso di stampa DOI: 10.1002/ps.2133.
- Shaw WC (1982). Integrated weed management systems technology for pest management. *Weed Science* 30: 2-12.
- Swanton CJ, Weise SF (1991). Integrated weed management: the rationale and approach. *Weed Technology* 5: 657-663.
- Zanin G, Ferrero A, Sattin M (2011). La gestione integrata delle malerbe: un approccio sostenibile per il contenimento delle perdite di produzione e la salvaguardia dell'ambiente. *Italian Journal of Agronomy*, in corso di stampa.

STRUMENTI DI SUPPORTO ALLE DECISIONI NELL'IWM E LORO VALUTAZIONE

MASIN R.¹, VIDOTTO F.², OTTO S.³

- 1. Dipartimento di Agronomia Ambientale e Produzioni Vegetali, Università di Padova*
 - 2. Dipartimento di Agronomia, Selvicoltura e Gestione del territorio, Università di Torino*
 - 3. Istituto di Biologia Agro-ambientale e Forestale, CNR*
- E-mail: roberta.masin@unipd.it*

Riassunto

Le recenti normative europee in materia di prodotti fitosanitari promuovono l'adozione di pratiche agronomiche finalizzate ad una globale riduzione delle quantità impiegate in agricoltura. Tra le misure proposte vi è il ricorso a programmi di gestione integrata delle colture basate sull'utilizzo di sistemi di allerta, previsione, diagnosi precoce e all'impiego di soglie sulla base delle quali definire l'opportunità di effettuare gli interventi. In questo ambito, diventa fortemente auspicabile poter disporre di strumenti di supporto alle decisioni capaci di fornire indicazioni ponderate attraverso la gestione integrata dei fattori che condizionano le dinamiche delle infestazioni e le ripercussioni agronomiche, economiche ed ambientali. Nel presente lavoro vengono descritti alcuni modelli di previsione delle emergenze, di dinamica di popolazione e bio-economici sviluppati in Italia. Sebbene solo alcuni di essi abbiano già raggiunto una fase applicativa, tali modelli rappresentano una valida base di partenza e lo sviluppo di sistemi più perfezionati verrà senz'altro stimolato dai vincoli definiti dalle nuove normative.

Parole chiave

Gestione Integrata delle Malerbe; Difesa Integrata; Modelli.

Summary

Decision support systems in the IWM

The legislative framework recently adopted at European level promotes a series of approaches to crop protection finalized at reducing the overall use of pesticides. Main measure is the adoption of integrated pest management (IPM) practices based on the use of early warning systems, pest and disease forecast programs, threshold-based defence programs. Decision Support Systems (DSSs) able to manage the complexity of interactions among factors affecting weed dynamics and the agronomic and environmental impacts should be adopted at farm scale. This paper describes some models specifically developed in Italy in the field of weed management. Even though only some of them have been already adopted at farm level, the new regulatory framework poses the basis for significant improvements.

Keywords

Integrated Weed Management; Integrated Pest Management; Models.

Introduzione

L'Unione Europea ha recentemente pubblicato la Direttiva 2009/128/EC sull'uso sostenibile dei fitofarmaci con l'obiettivo di ridurre i rischi e l'impatto dell'uso dei fitofarmaci sulla salute umana e sull'ambiente, promuovendo l'uso dell'Integrated Pest Management (IPM) e di tecniche e approcci alternativi (European Parliament 2009). Per mettere in atto i principi dell'Integrated Weed Management (IWM), componente fondamentale dell'IPM, un contributo fondamentale può derivare dai Decision Support Systems (DSSs) creati per il controllo delle malerbe. Modelli di previsione delle emergenze, modelli di dinamica di popolazione e modelli bio-economici permettono di migliorare le scelte sulle tecniche di controllo con la conseguente razionalizzazione e riduzione dell'uso del mezzo chimico. I modelli possono fornire indicazioni utili per rispondere alle domande fondamentali sul “se”, “come” e “quando” il controllo delle infestanti dovrebbe essere fatto e possono guidare le scelte dell'agricoltore per una gestione più razionale del trattamento. Qui di seguito verranno descritti i principali modelli concepiti e sviluppati in Italia per migliorare il controllo delle malerbe, alcuni in uso, altri in fase di validazione o di miglioramento.

Modelli di previsione delle emergenze: AlertInf

I modelli di previsione delle emergenze sono in grado di fornire la percentuale di emergenza delle infestanti raggiunta in campo giornalmente. L'informazione sull'emergenza delle diverse specie di malerbe può aiutare l'agricoltore nel decidere “quando” trattare in post-emergenza. Il momento di intervento è il fattore principale che determina il successo del trattamento in post-emergenza. Trattare troppo presto, quando molte infestanti devono ancora emergere, o troppo tardi, quando le infestanti hanno ormai raggiunto uno stadio fenologico nel quale l'erbicida non è più efficace, significa subire una perdita economica, che può essere dovuta sia alla necessità di un secondo intervento per controllare le malerbe sfuggite, sia alla perdita di produzione della coltura causata dalle malerbe non più controllabili. Scegliere accuratamente il momento di intervento consente di massimizzare l'efficacia del trattamento, evitare un secondo intervento e quindi permette di ridurre l'uso di erbicidi come richiesto dalla Direttiva 2009/128/EC.

Il Dipartimento di Agronomia Ambientale e Produzioni Vegetali dell'Università di Padova, in collaborazione con l'Istituto di Biologia Agroambientale e Forestale (IBAF) del CNR, ha messo a punto AlertInf (Masin *et al.*, 2010b), un modello di previsione delle emergenze delle principali malerbe delle colture primaverili-estive. Il modello, sulla base della temperatura del

suolo e della pioggia giornaliera (informazioni che il modello acquisisce automaticamente dal database dell'ARPA Veneto), calcola il tempo idrotermico (Hydrothermal Time, HT) con la funzione seguente:

$$HT = n \cdot \max(Ts_i - Tb, 0) + HT_{i-1}$$

dove Ts_i ($^{\circ}\text{C}$) è la media delle temperature giornaliere del suolo registrate in superficie e alla profondità di 10 cm, Tb ($^{\circ}\text{C}$) è la temperatura di base, temperatura minima richiesta per la germinazione. Si ha $n = 0$ se la pioggia totale negli ultimi x giorni (il valore di x varia da specie a specie) è inferiore ad un certo valore limite di pioggia (limite che varia da specie a specie) e $n = 1$ se la pioggia negli ultimi x giorni è superiore o uguale alla pioggia limite.

Una volta calcolato il tempo idrotermico, la percentuale di emergenza cumulata viene determinata utilizzando la seguente funzione di Gompertz (Figura 1):

$$ET = 100 \cdot e^{-ae^{-bHT}}$$

dove a e b dipendono dalla specie.

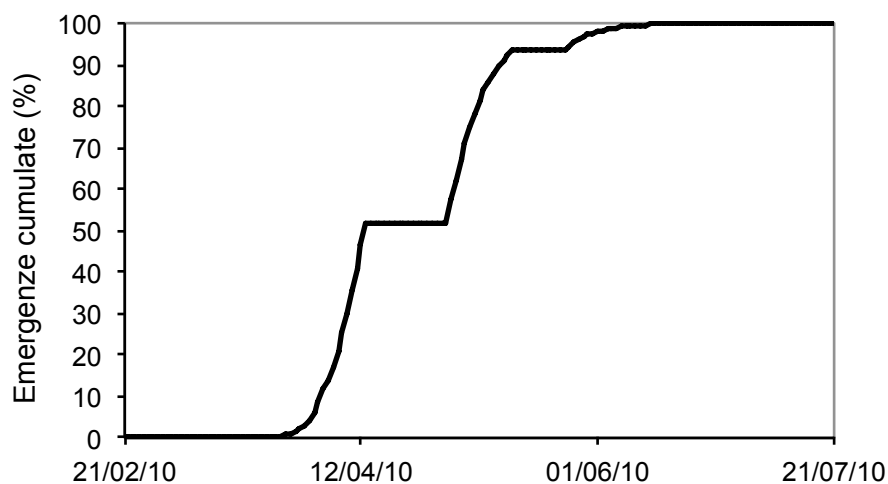


Figura 1. Esempio di curva delle emergenze cumulate simulate da AlertInf per fornire l'informazione sulla percentuale di emergenza raggiunta giornalmente in campo dalle infestanti.

Il modello è consultabile nel sito web dell'ARPA Veneto (ARPAV; www.arpa.veneto.it). L'interfaccia grafica del modello è stata studiata per essere semplice e intuitiva: l'utente deve solo selezionare la o le specie infestanti di interesse, indicare la zona dove si trova l'azienda, inserire la data di semina della coltura e selezionare la data per la quale si vuole conoscere la percentuale di emergenza. Secondo l'erogazione giornaliera dei dati ARPAV, a partire dalla ore 13:00 di ogni giorno è possibile ottenere la stima della percentuale di emergenza per il giorno stesso nel quale si consulta il modello. Dopo che l'utente ha inserito le semplici informazioni richieste, il modello calcola la percentuale di emergenza dell'infestante selezionata. L'informazione fornita da AlertInf è la percentuale delle infestanti che sono già emerse sul totale delle piante che potenzialmente possono emergere fino a fine stagione. Come già detto, tale informazione è utile per posizionare correttamente l'intervento di controllo, sia esso chimico o meccanico, massimizzandone l'efficacia ed evitando un ulteriore intervento. Bisogna però sottolineare che l'informazione fornita dal modello è un dato che va interpretato dall'agricoltore sulla base di quanto osservato realmente in campo. Una bassa percentuale di emergenza suggerisce che è meglio rimandare il trattamento, compatibilmente con lo stadio di sviluppo delle malerbe, per intervenire in modo più efficace in presenza di un maggior numero di infestanti. Al contrario, quando il modello stima una elevata percentuale di emergenza sarebbe opportuno intervenire. L'intervento va comunque effettuato solo dopo aver verificato che a tale percentuale corrisponda una elevata densità di infestazione e che il trattamento risulti economicamente conveniente. Pertanto, sebbene la conoscenza della percentuale di emergenza aiuti a decidere quando trattare, la decisione di effettuare realmente l'intervento dipende molto dall'esperienza dell'agricoltore, il quale deve tener conto di elementi acquisibili solo attraverso l'osservazione in campo, come la densità in piante a m⁻² e lo stadio fenologico delle infestanti.

Attualmente AlertInf è in grado di prevedere l'emergenza di sei specie infestanti: *Abutilon theophrasti*, *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album*, *Polygonum persicaria*, *Solanum nigrum*, *Sorghum halepense*. La presenza di numerose altre specie nelle reali condizioni di campo può ridurre sensibilmente l'efficacia dell'impiego del modello. Per tale ragione, è in fase di studio l'inserimento in AlertInf di molte altre infestanti. Attualmente il modello prevede l'emergenza nel mais non irriguo, mentre dall'anno prossimo sarà possibile inserire il calendario delle irrigazioni e utilizzare il servizio anche nel mais irrigato.

Il modello è a disposizione degli agricoltori nel sito web dall'ARPAV dal 2008. Il numero elevato di accessi alla webpage del modello (circa 2000 visite solo nel 2010), denota un certo interesse da parte degli utenti.

Modelli di dinamica di popolazione: modello sul riso crodo

Il riso crodo (*Oryza sativa* L.) rappresenta una delle infestanti più importanti del riso a livello mondiale. In Europa tale infestante viene segnalata per la prima volta in Italia all'inizio del 1800 (Biroli, 1807) e nei decenni successivi la sua diffusione presenta periodi di alterna consistenza, per divenire definitivamente una delle infestanti chiave del riso a partire dal 1980 circa. Attualmente si stima che la specie interessi almeno il 70% delle risaie europee (Catala Forner *et al.*, 2002). Rispetto a tutte le altre infestanti del riso, la gestione del riso crodo con l'impiego di erbicidi è resa particolarmente complessa dal fatto che tale infestante appartiene alla stessa specie del riso coltivato. Sino a pochi anni fa per il contenimento del riso crodo si faceva ricorso a vari metodi, tra i quali la falsa semina e l'impiego di erbicidi applicati in pre-semina erano i più diffusi. Solo nell'ultimo decennio sono state sviluppate varietà di riso tolleranti ad erbicidi imidazolinonici (Clearfield rice®) che rendono possibile il diserbo del riso crodo in post-emergenza della coltura (Delouche *et al.*, 2007), ma il cui impiego presenta alcune limitazioni (quale, ad esempio, il vincolo a non impiegare tali varietà per più di due anni consecutivi sullo stesso appezzamento) principalmente finalizzate a ridurre il rischio di trasferimento del carattere di tolleranza dalla varietà al riso crodo.

In tale contesto risulta pertanto fondamentale impostare programmi di gestione di tipo integrato, che prevedano il ricorso a vari strumenti di lotta e che si basino sull'analisi complessiva dei fattori che condizionano le dinamiche delle infestazioni di riso crodo, includendo fra questi le pratiche agronomiche, le condizioni iniziali di infestazione potenziale (banca semi) e le principali caratteristiche biologiche della malerba. In particolare, assume notevole importanza poter quantificare gli effetti dei singoli fattori sulla dinamica delle infestazioni nel breve e lungo periodo, al fine di individuare gli elementi di maggiore criticità sui quali intervenire per ottenere i migliori risultati.

Il Dipartimento di Agronomia, Selvicoltura e Gestione del Territorio dell'Università degli Studi di Torino, ha sviluppato da alcuni anni un modello di dinamica di popolazione del riso crodo (Vidotto e Ferrero, 2005; Vidotto *et al.*, 2001), nel quale sono stati inclusi molti dei fattori determinanti del ciclo di sviluppo della malerba. A differenza di altre specie infestanti e, soprattutto, di altre condizioni colturali, e nonostante la sua notevole importanza economica a livello mondiale, il problema "riso crodo" è stato solo raramente affrontato attraverso un approccio di tipo modellistico, o per lo meno integrato, che ha comunque riguardato un numero limitato di elementi (Fischer e Ramirez, 1993; Footitt e Cohn, 1992).

Il modello proposto si riferisce ad una condizione gestionale nella quale è previsto il ricorso alla falsa semina, ma può essere adattato a qualsiasi altra condizione. Nel modello, il ciclo vitale del riso crodo è stato idealmente suddiviso in due sezioni principali: dinamica della banca semi e crescita della pianta (Figura 2). Tra gli apporti alla banca semi sono stati considerati principalmente i semi prodotti dalle piante che sono sfuggite agli eventuali interventi di lotta e che cadono sulla superficie del terreno prima della raccolta del riso (i cosiddetti semi “crodati”) e i semi apportati come semi estranei presenti nella semente utilizzata. Gli asporti della banca semi sono costituiti dai semi che germinano e danno origine a plantule e dai semi che vanno incontro a mortalità naturale (per invecchiamento) o a predazione.

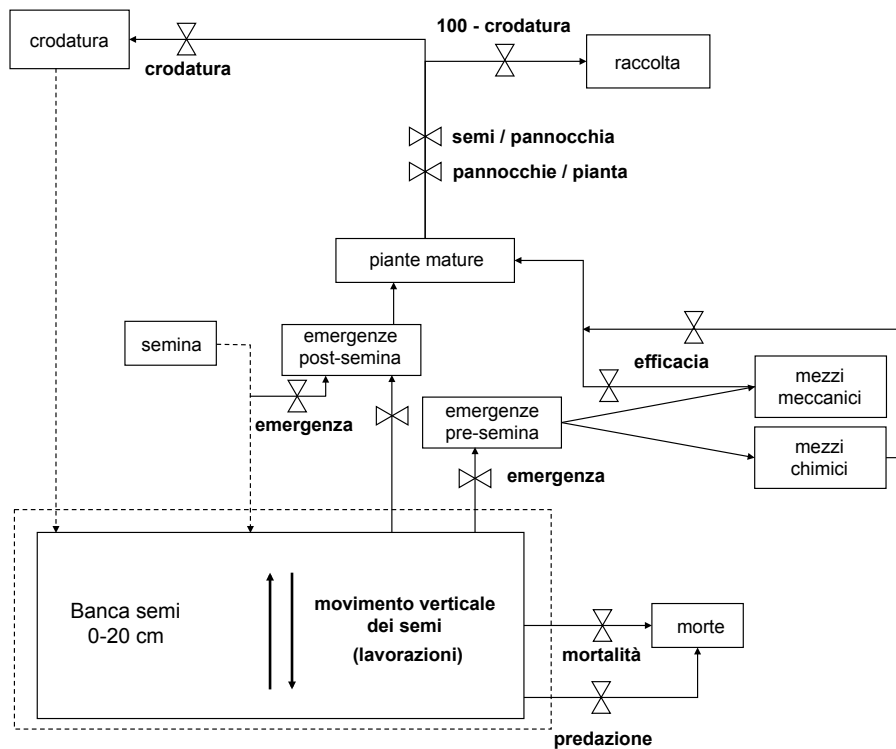


Figura 2. Rappresentazione simbolica della struttura del modello, con indicazione delle variabili di stato (rettangoli), dei flussi (frecce) e dei tassi (X) che regolano i flussi (da Vidotto e Ferrero, 2005, modificato).

La quantità di semi germinati è ripartita in un flusso principale “concentrato”, che si verifica durante la falsa semina, ed un flusso secondario “distribuito” derivante dai semi apportati con la semente e dalle altre emergenze che si verificano in presenza della coltura. Il primo flusso viene calcolato attraverso la stima della distribuzione dei semi lungo il profilo del terreno in seguito alle lavorazioni (Colbach *et al.*, 1998; Colbach e Debaeke, 1998; Cousens e Moss, 1990) e la successiva applicazione di curve empiriche che forniscono la percentuale di

emergenza in funzione della profondità a cui si trova il seme e della eventuale presenza di acqua di sommersione (Ferrero e Finassi, 1995). I valori di densità di infestazione così ottenuti vengono quindi ridotti in funzione del grado di efficacia dell'intervento di contenimento attuato al termine della falsa semina. Nel secondo flusso, possono essere inclusi anche fenomeni frequentemente osservabili in condizioni di campo con la coltura in atto, come l'emergenza di un significativo numero di plantule in corrispondenza delle ormaie.

L'apporto di semi attraverso la crodatura viene stimato moltiplicando il numero delle piante sfuggite all'intervento di contenimento e di quelle emerse successivamente per un coefficiente dato dal prodotto fra i valori medi del numero di pannocchie/pianta, del numero di cariossidi/pannocchia e della frazione di semi che crodano.

Valutando l'effetto ottenuto sui valori stimati di emergenze e banca semi a seguito dell'incremento o del decremento del valore di uno o più parametri considerati nel modello è stato osservato, ad esempio, che elementi determinanti non sono rappresentati esclusivamente dall'efficacia degli interventi di contenimento, ma anche dalle caratteristiche riproduttive della pianta e dalla predazione (Figura 3). L'incremento della predazione, in particolare, determinerebbe una consistente riduzione della banca semi nel lungo periodo.

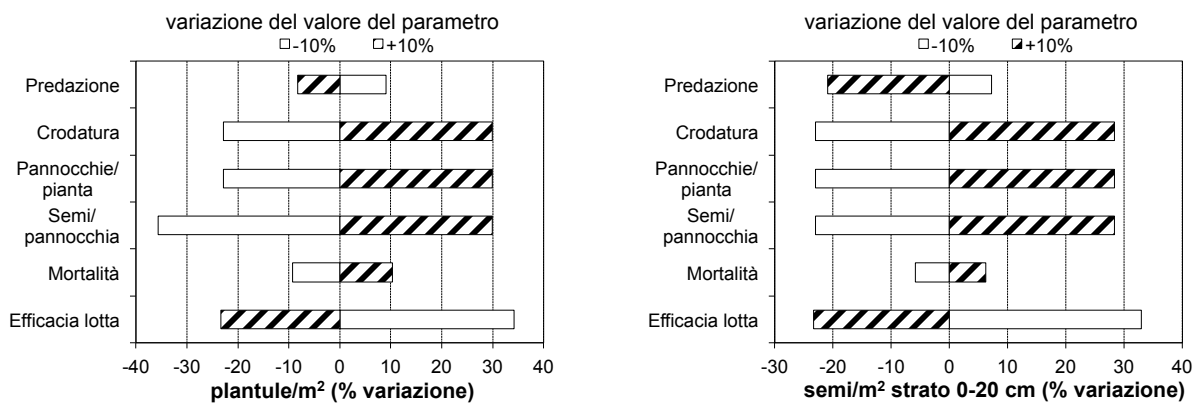


Figura 3. Stima della variazione percentuale dopo 10 anni di simulazione della densità di plantule (sinistra) e della banca semi (destra) di riso crodo conseguenti ad un incremento (barre con riempimento bianco/nero) o ad un decremento (barre con riempimento bianco) pari al 10% dei valori iniziali di uno dei seguenti parametri: predazione, crodatura, numero di pannocchie/pianta, numero di semi/pannocchia, mortalità, efficacia degli interventi di lotta.

Tale fenomeno assume un notevole interesse in relazione alla pratica della sommersione invernale delle risaie (a partire da subito dopo la raccolta, sino alla primavera successiva), già diffusa in altri contesti risicoli e adottata recentemente anche da alcuni risicoltori Italiani, in conseguenza della quale si osserva spesso una notevole riduzione del numero di semi di riso crodo presenti sulla superficie del terreno. Sebbene non sia chiaro se questa pratica favorisca

realmente i fenomeni di predazione, o se piuttosto induca una parte dei semi a perdere la propria dormienza e a germinare già in autunno, può contribuire a ridurre sensibilmente l'infestazione potenziale (Fogliatto *et al.*, 2010).

La simulazione delle dinamiche delle infestazioni di riso crodo condotta per periodi di lunga durata può essere impiegata come supporto a scelte gestionali di carattere generale. Modificando, ad esempio, il parametro che definisce la quantità di semi di riso crodo apportati attraverso la semente di riso, il modello evidenzia come i valori ammessi dalla legislazione attualmente in vigore possano determinare lo sviluppo di forti infestazioni in appezzamenti inizialmente liberi da riso crodo. Sebbene in tali condizioni siano necessari 4-5 anni affinché la presenza del riso crodo raggiunga livelli degni di nota, la simulazione indica che l'impiego di semente non completamente priva di semi di riso crodo debba necessariamente determinare l'adozione di pratiche di contenimento specifiche.

Un altro elemento che può condizionare in modo importante la dinamica delle popolazioni di riso crodo è costituito dalle emergenze tardive che si verificano con la coltura in atto e che non possono essere controllate con erbicidi nelle varietà tradizionali (Figura 4).

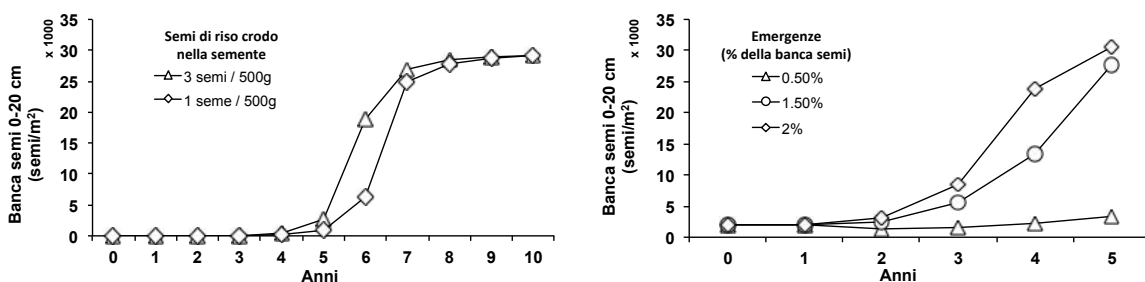


Figura 4. Dinamica della banca semi di riso crodo (strato 0-20 cm) in assenza di programmi specifici di lotta. A sinistra: a seguito dell'impiego di semente contenente 1 o 3 semi di riso crodo ogni 500 g (come consentito dalla legislazione vigente rispettivamente per sementi di base e sementi certificate di 1^a generazione). A destra: in funzione di diversi valori di emergenze tardive.

Numerosi fattori sono implicati nel determinare l'entità di tali emergenze e il successo riproduttivo delle piante che ne derivano. Tra questi, alcuni possono essere in qualche modo influenzati dalla pratica agronomica (es. l'efficacia degli eventuali interventi in pre-semina, la capacità competitiva della coltura di essi, ecc.), mentre altri (come la scalarità di emergenza) sono difficilmente controllabili, poiché legati alla notevole variabilità di comportamento che caratterizza il riso crodo e le loro dinamiche sono spesso difficilmente prevedibili, essendo il risultato di un complesso sistema di interazioni con le pratiche agronomiche.

Sebbene il modello non possa essere considerato a tutti gli effetti un DSS direttamente utilizzabile dall'agricoltore, esso può essere impiegato anche per la definizione di criteri di gestione integrata secondo le indicazioni della Direttiva 2009/128/EC, in quanto può costituire un valido strumento di supporto alla individuazione dei fattori che maggiormente influenzando la dinamica delle infestazioni nel lungo periodo e che richiedono una particolare attenzione. In questo senso, il grado di attendibilità delle stime prodotte dal modello potrebbe venire sensibilmente migliorato integrando un modulo di previsione delle emergenze basato non solo sulla banca semi, ma anche sulla temperatura del suolo in funzione dell'andamento climatico (vedi AlertInf) e calibrato sulle particolari condizioni del suolo di risaia. L'integrazione nel modello di informazioni precise sulla ampia variabilità delle caratteristiche biologiche del riso crodo nel territorio italiano, recentemente ottenute attraverso la ricerca (Fogliatto *et al.*, 2010; Fogliatto *et al.*, 2011), consentirà di ottenere previsioni più accurate e aderenti alle reali caratteristiche delle popolazioni infestanti.

Modelli bio-economici: GestInf

I modelli bio-economici rispondono alle domande “se” e “come” trattare sulla base di caratteristiche biologiche della flora infestante e della coltura e di caratteristiche economiche della coltura e del trattamento. L'Istituto di Biologia Agroambientale e Forestale (IBAF) del CNR in collaborazione con il Dipartimento di Agronomia Ambientale e Produzioni Vegetali dell'Università di Padova ha sviluppato un modello bio-economico chiamato GestInf (Berti e Zanin, 1997) in grado di selezionare il trattamento migliore in post-emergenza per soia, frumento e mais basandosi sul concetto di Densità equivalente (*Deq*) (Berti e Zanin, 1994).

Calcolo della perdita di resa basato sul concetto di Densità equivalente

I trattamenti per il controllo delle infestanti sono fatti con erbicidi ad ampio spettro d'azione e servono per colpire una infestazione composta da numerose specie. Quando si sceglie un trattamento bisogna quindi considerare l'infestazione nel suo complesso e per fare ciò si deve essere in grado di valutare la competitività di un'infestazione composta da più specie e di definire il danno economico che queste possono causare. Malerbe diverse, pur con una stessa densità, possono provocare perdite di resa differenti; non è quindi possibile sommare direttamente i valori di densità osservati per ricavare una stima dell'effetto competitivo dell'infestazione nel suo complesso. Per valutare l'effetto competitivo di una flora mista si

dovranno perciò trasformare opportunamente i valori di densità osservati in valori che possano essere considerati additivi.

La densità equivalente (*Deq*) di una data specie infestante è definita come la densità di una specie di riferimento che determina una perdita di resa uguale a quella causata dalla specie osservata alla densità rilevata. Un esempio di calcolo della *Deq* è riportato in figura 5. In questo caso le 11 piante m⁻² della specie osservata producono una perdita di resa pari a quella che sarebbe determinata da 1 pianta m⁻² della specie di riferimento. La densità di infestazione osservata corrisponde quindi ad una *Deq* di 1 pianta m⁻².

La funzione per il calcolo della *Deq* di ogni singola specie è:

$$Deq_i = \frac{i_i \cdot D_i}{1 + i_i \cdot D_i \left(\frac{1}{a_i} - 1 \right)}$$

Dove D_i è la densità della specie osservata, i ed a sono i parametri competitivi che dipendono dalla specie. La specie di riferimento ha parametri i ed a entrambi pari ad 1.

Sommando le *Deq* delle varie (n) specie presenti si ottiene una Densità Equivalente Totale (*Deqt*):

$$Deqt = \sum_{i=1}^n Deq_i$$

Calcolata la *Deqt* si può calcolare la perdita di resa dovuta all'infestazione nel suo complesso come segue:

$$Yl = \frac{Deqt}{1 + Deqt}$$

Se per ogni specie si conoscono gli indici i ed a è quindi possibile calcolare il danno che può essere causato da una qualsiasi infestazione data dalla combinazione di diverse malerbe.

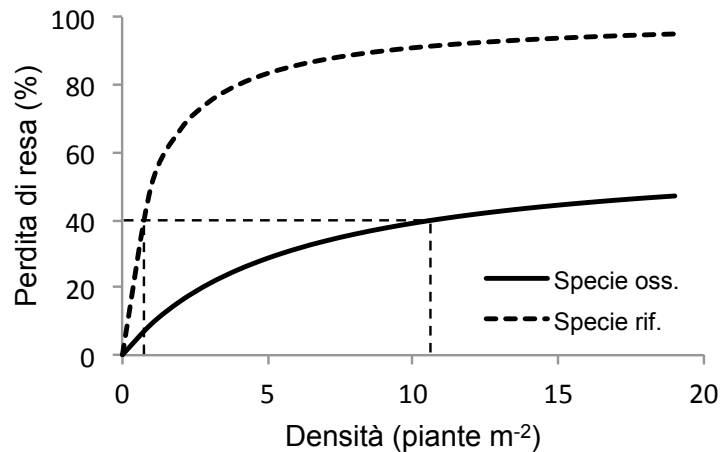


Figura 5. Esempificazione grafica del concetto di Densità equivalente.

Convenienza economica del trattamento

I dati di input del sistema sono le caratteristiche della flora infestante presente in campo, il prezzo della granella e la produzione massima ottenibile dalla coltura in assenza di malerbe (Figura 6). Il rilievo dell'infestazione viene fatto con uno *scouting*, rilevando le specie infestanti e la loro densità all'interno di un'area di piccole dimensioni, definita utilizzando un telaio rettangolare o quadrato (realizzato in fil di ferro o legno) lanciato casualmente nel campo. Nel rilievo vengono distinte le piante piccole (fino a 2 foglie vere) e quelle grandi (con più di 2 foglie vere) perché il sistema considera la diversa competitività delle malerbe nei due diversi stadi di sviluppo. Il sistema utilizza un database delle *kill rate* degli erbicidi utilizzabili nelle colture, per valutare la densità dell'infestazione potenzialmente in grado di sopravvivere al trattamento. Conoscendo per ogni specie la competitività nei confronti della coltura e conoscendone la densità dopo il trattamento, con il metodo della densità equivalente GestInf calcola la perdita di resa causata dalla malerbe sopravvissute al trattamento. Il valore economico della perdita di resa (euro/ha) dopo il trattamento è quindi dato da:

$$Vl_i = Ywf \cdot Yl_i \cdot P$$

dove Ywf è la resa massima ottenibile in assenza di malerbe (q/ha), P è il prezzo della granella (euro/q) e Yl_i è la percentuale di perdita di resa causata dalle malerbe sopravvissute al trattamento (%).

Il costo totale del trattamento è quindi dato da:

$$Ct = Ch + Cd + Vl_i$$

dove Ch è il costo dell'erbicida (euro/ha) e Cd è il costo di distribuzione dell'erbicida (euro/ha).

Il sistema calcola poi il valore della perdita di resa in assenza di trattamento (euro/ha) con la formula:

$$Vl_0 = Ywf \cdot Yl_0 \cdot P$$

dove Yl_0 è percentuale di perdita di resa causata dalle malerbe alla densità rilevata con lo *scouting* senza alcun trattamento.

La convenienza economica a trattare è data dalla differenza tra il valore della coltura non trattata e il costo totale del trattamento:

$$Nm = Vl_0 - Ct$$

Per ogni trattamento il programma fornisce anche una indicazione sulla pericolosità per le falde dei trattamenti in base all'IPF (Indice di Pericolosità per le Falde) (Berti *et al.*, 1995).

Gli output del programma sono la stima della convenienza economica per tutti gli erbicidi e miscele considerati, la perdita di resa causata dalle malerbe residue e il valore dell'indice IPF. In questo modo l'agricoltore può scegliere non solo in funzione della stretta convenienza economica ma anche della compatibilità ambientale. Può inoltre decidere di scegliere un particolare erbicida allo scopo di limitare l'infestazione residua e la conseguente disseminazione. In alcuni casi sono, infatti, da preferire trattamenti con convenienza economica leggermente inferiore ma che consentono una più bassa densità residua di malerbe (minore perdita di resa dopo il trattamento). Questa scelta è opportuna quando le malerbe che sfuggono al trattamento sono di difficile controllo e hanno la tendenza a costituire uno stock di semi persistente (Berti *et al.*, 2001).

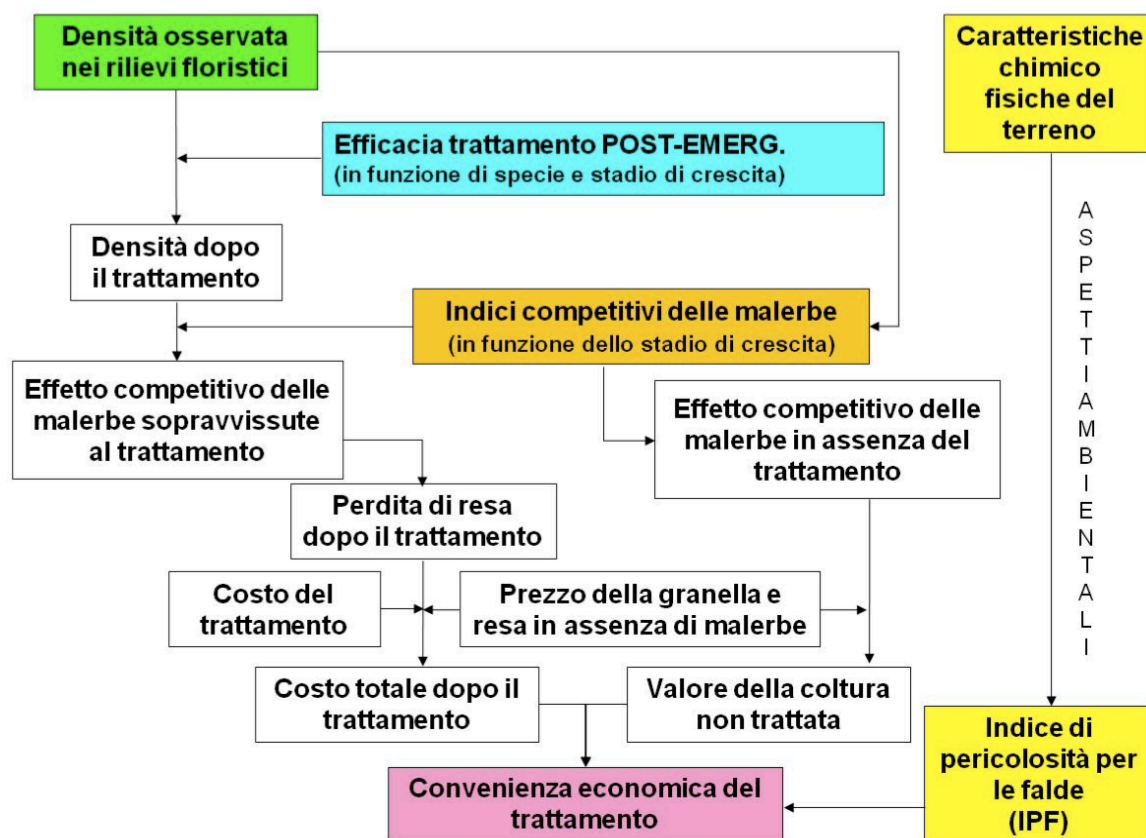


Figura 6. Diagramma di flusso del modello GestInf per l'individuazione del trattamento migliore sulla base della convenienza economica.

Integrazione modelli

Da un'analisi della situazione europea è emerso che l'uso dei DSS può ridurre l'impiego degli erbicidi del 40-50% (Rydahl *et al.*, 2009). Tuttavia, il loro utilizzo è ancora molto limitato e solo circa il 3% degli agricoltori usa DSS per decidere sul controllo delle infestanti. Le ragioni della scarsa diffusione dei DSS sono varie; una delle principali è la necessità di fare un rilievo in campo, che a seconda dei modelli può essere un vero e proprio *scouting* o un rilievo visivo, per fornire al sistema informazioni sulle infestanti. Il rilievo è considerato dall'agricoltore una operazione troppo dispendiosa in termini di tempo e a volte difficoltosa, perché richiede l'identificazione delle infestanti. Se si aggiunge il relativamente basso costo dei trattamenti erbicidi di routine, è facile intuire che gli agricoltori non sono incentivati all'uso di DSS e preferiscono affidarsi al consiglio del tecnico o al loro stessa esperienza per decidere se, come e quando trattare.

Il problema del rilievo delle infestanti è particolarmente evidente nel caso del modello bio-economico GestInf, che richiede uno *scouting* accurato per fornire informazioni non solo qualitative, ma anche quantitative sulla flora infestante. L'operazione dello *scouting* richiede

tempo e una certa specializzazione di chi la effettua; infatti il rilevatore deve saper riconoscere le infestanti anche allo stadio cotiledonare. Inoltre nel caso in cui dopo il rilievo il modello indichi che non è conveniente trattare perché la densità di infestazione è ancora bassa, sarà necessario ripetere l'operazione di *scouting* per poter interrogare nuovamente il modello quando in campo si osservano nuove emergenze. Nel caso dell'uso di GestInf appare quindi chiaro che la semplificazione del rilievo in campo è un punto fondamentale per promuovere l'uso del sistema tra gli agricoltori.

Anche nel caso del modello relativo al riso crodo, la definizione delle condizioni iniziali per la simulazione è piuttosto onerosa, in quanto richiede la determinazione della banca semi. Questa operazione è impegnativa e necessita di una lunga fase in campo per il prelievo delle carote di suolo e di una altrettanto lunga fase di separazione dei semi dal suolo e di conteggio dei medesimi. La determinazione della banca semi risulta fondamentale per l'applicazione del modello al fine ottenere indicazioni di indirizzo generale sulle migliori strategie di gestione del riso crodo. Per l'utilizzo a livello aziendale, il modello dovrà richiedere informazioni più facilmente acquisibili, come, ad esempio, una stima visiva della quantità di semi crodati da effettuare subito dopo la raccolta del riso.

In generale, un primo passo verso la semplificazione dell'operazione di *scouting* è rappresentato dalla possibilità di individuare la data ottimale in cui effettuare il rilievo in modo da utilizzare un unico *scouting* per simulare la dinamica di infestazione in campo in termini di densità (piante m⁻²). Questo è stato ottenuto in GestInf con l'integrazione del modello di previsione delle emergenze AlertInf.

Il metodo consiste nell'associare la densità di una certa specie rilevata in campo con la percentuale di emergenza simulata da AlertInf per quella stessa specie nel giorno del rilievo e, con una semplice proporzione, passare dalla percentuale di emergenza giornaliera data dal modello alla densità giornaliera di quella data infestante per il resto della stagione. Questa operazione permette con un unico *scouting* di ottenere una previsione delle densità delle malerbe in campo per il resto della stagione e di poter quindi interrogare il modello più volte senza dover ripetere lo *scouting*. Il limite principale è rappresentato dalla individuazione della data in cui effettuare lo *scouting* per riuscire a simulare in modo soddisfacente la densità per tutte le specie presenti in campo. Un rilievo effettuato troppo presto potrebbe dare risultati imprecisi, sia per le basse densità rilevate, sia per la mancanza in campo delle specie più tardive. Un rilievo troppo tardivo, invece, potrebbe dare una stima molto buona della densità ma non essere utile perché troppo in ritardo rispetto ai tempi utili per effettuare il trattamento di post-emergenza. Uno studio, condotto su dati di infestazione acquisiti in campi di mais dal

2006 al 2009 in due località del Veneto (Masin *et al.*, 2011), ha evidenziato che la migliore stima della curva della dinamica di emergenza in termini di densità è ottenuta con uno *scouting* effettuato dopo il superamento del 50% delle emergenze delle singole specie infestanti presenti in campo. Tale momento, facilmente individuabile consultando il modello AlertInf, cade in un periodo nel quale è ancora possibile programmare interventi in post-emergenza. Nei vari esperimenti considerati, tale momento si è infatti verificato in un periodo compreso fra una settimana e circa un mese prima del punto centrale del periodo critico di competizione delle infestanti (periodo in cui la coltura deve essere mantenuta libera da infestazione per evitare perdite di resa).

Il metodo permette un notevole miglioramento dell'uso del modello per vari motivi. Prima di tutto la decisione di quando interrogare GestInf andava presa dall'agricoltore sulla base della sua esperienza o del consiglio del tecnico sul momento in cui effettuare il trattamento di post-emergenza. Se tale momento fosse stato troppo anticipato, lo avrebbe saputo dal modello stesso, ma solo dopo aver eseguito lo *scouting* a vuoto (dato che per interrogarlo nuovamente avrebbe necessitato di un secondo rilievo); al contrario se fosse stato troppo tardi, avrebbe subito una perdita di resa. Con il metodo di avviso da parte di AlertInf sui tempi dello *scouting*, si fa il rilievo nel momento opportuno senza rischiare di arrivare troppo tardi. Inoltre dopo il primo *scouting* non c'è più bisogno di tornare in campo ad effettuare ulteriori rilievi così accurati perché è il programma stesso che genera i dati di input sulla densità dell'infestazione automaticamente sulla base delle percentuali fornite da AlertInf.

Bisogna ricordare che l'integrazione di AlertInf nel DSS bio-economico è in grado anche di migliorare la stima della perdita di resa causata dalla competizione delle infestanti, che è alla base del calcolo economico del modello GestInf. La conoscenza della dinamica di emergenza delle malerbe permette di passare dal concetto di Densità equivalente (*Deq*) al più avanzato concetto di Time Density Equivalent (*TDE*). Quest'ultimo, oltre a considerare che ciascuna specie ha parametri competitivi diversi nei confronti della coltura, come fa attualmente GestInf basandosi sulla *Deq*, considera la diversa competitività di coorti emerse in tempi successivi (Masin *et al.*, 2010a). In base a questo concetto, nel calcolo della perdita di resa, si attribuisce maggior peso ad infestanti emerse con la coltura e minore a quelle che emergono via via più tardi nella stagione.

Si può concludere che la combinazione dei due modelli AlertInf e GestInf permette un notevole miglioramento del modello bio-economico sia dal punto di vista della sua utilizzazione pratica, riducendo il numero e dando dei tempi per lo *scouting*, sia migliorandone l'algoritmo per la stima della perdita di resa e il calcolo economico. Per

incentivare la sua utilizzazione pratica bisogna, tuttavia, semplificare ulteriormente il rilievo, eliminando il conteggio in campo di tutte le plantule presenti. È in fase di studio la possibilità di definire delle classi di densità, attribuibili con un semplice rilievo visivo, che sostituiscano il conteggio delle infestanti. Questo semplificherebbe notevolmente il tipo di rilievo a scapito però dell'accuratezza della stima della perdita di resa; va quindi valutata l'entità di tale errore prima di decidere l'applicabilità del metodo.

Modello Best Parts IPM-DSS (ENDURE)

Il progetto europeo ENDURE (European Network for Durable Exploitation of Crop Protection Strategies), svolto dal 2007 al 2010, ha avuto lo scopo di fornire informazioni, strumenti e servizi inerenti all'IPM a ricercatori, politici, agricoltori e tecnici. Uno dei temi di ricerca del progetto ha riguardato lo studio dei DSS realizzati in Europa per il controllo delle infestanti con lo scopo di individuare limiti e vantaggi di ciascuno e di selezionare le parti migliori da unire insieme per creare un nuovo generico DSS che fosse in grado di rispondere all'esigenza di ridurre l'uso degli erbicidi secondo i principi dell'IPM.

Nell'ambito del progetto sono stati valutati nove DSS, creati in sette diversi paesi. Di questi ne sono poi stati selezionati tre da cui sono state ricavate tre 'best parts' da integrare insieme per la costruzione del nuovo DSS (IPM-DSS). I tre modelli selezionati sono stati:

- DecidHerb (INRA, Francia) (Munier-Jolain *et al.*, 2005): questo modello integra vari aspetti relativi alla coltura e all'infestazione, quali quantità e qualità della resa, competitività delle infestanti, dinamica delle malerbe nelle rotazioni, complicazioni alla raccolta dovute alla presenza delle infestanti, ecc., per valutare la dannosità dell'infestazione e quindi la necessità del controllo. Se il sistema valuta che il controllo è necessario, in base al tipo di infestazione propone il trattamento migliore.
- CPO-weeds (AU, Danimarca) (Rydhal, 2004): modello basato su funzioni di dose-risposta per diverse combinazioni di coltura x erbicida x specie infestante x stadio di crescita dell'infestante per la selezione dell'erbicida migliore per il controllo e della dose.
- GestInf (CNR, Italia) (Berti *et al.*, 1997): modello descritto precedentemente, in grado di valutare la perdita di resa dovuta alle infestanti e di calcolare il ritorno economico dei diversi trattamenti a partire da informazioni sull'infestazione, sulla resa e prezzo della granella.

Dai tre modelli originali sono state poi ricavate le parti migliori per la creazione dell'IPM-DSS. Il nuovo DSS a partire da un report di campo fornito dall'utilizzatore finale, valuta il trattamento migliore seguendo tre step principali, che sono (Figura 7):

1. Valutazione della necessità del controllo.

1.1 WPT (originato dal DSS DecidHerb).

Viene quantificata il rischio potenziale dovuto all'infestazione (Weed Potential Threat, WPT).

1.2 Target di efficacia.

Con semplici algoritmi il valore di WPT viene convertito in un valore target di efficacia percentuale che si vuole ottenere.

2. Selezione degli erbicidi (singoli o miscele), dosi e additivi che rispondono alle necessità per il controllo, come riportato nello step 1.

2.1 Funzioni dose-risposta e ADM (originate da DSS CPOWeeds).

Vengono selezionati erbicidi e dosi, specifici per ottenere il target di efficacia richiesto, usando funzioni dose-risposta e ADM (Additive Dose Model) per ottimizzare le dosi nelle miscele di erbicidi.

2.2 Raccomandazioni di 'Best practice'.

Vengono suggeriti l'erbicida e la dose di applicazione tenendo conto delle norme vigenti a livello regionale.

3. Lista e classificazione seconda vari criteri delle opzioni di trattamento.

3.1 Costo del trattamento.

3.2 Efficacia prevista.

3.3 Treatment Frequency Index (TFI).

3.4 Ipest Index (originato da DSS DecidHerb).

3.5 Ritorno economico (originato da DSS GestInf).

Per i trattamenti suggeriti il sistema quindi oltre al costo, all'efficacia prevista e al ritorno economico riporta l'indice TFI e Ipest. TFI è definito come il numero di applicazioni di un dato erbicida che si possono fare in un anno, basato sulla dose standard raccomandata. La dose raccomandata si basa sulla tossicità dell'erbicida. In questo caso il sistema calcola il TFI del trattamento sommando le TFI dei singoli erbicidi (se si tratta di una miscela) alla dose in cui sono stati consigliati come proporzione sulla dose standard. Ipest Index è un indice che esprime il rischio di lisciviazione e runoff (Bockstaller, 2004).

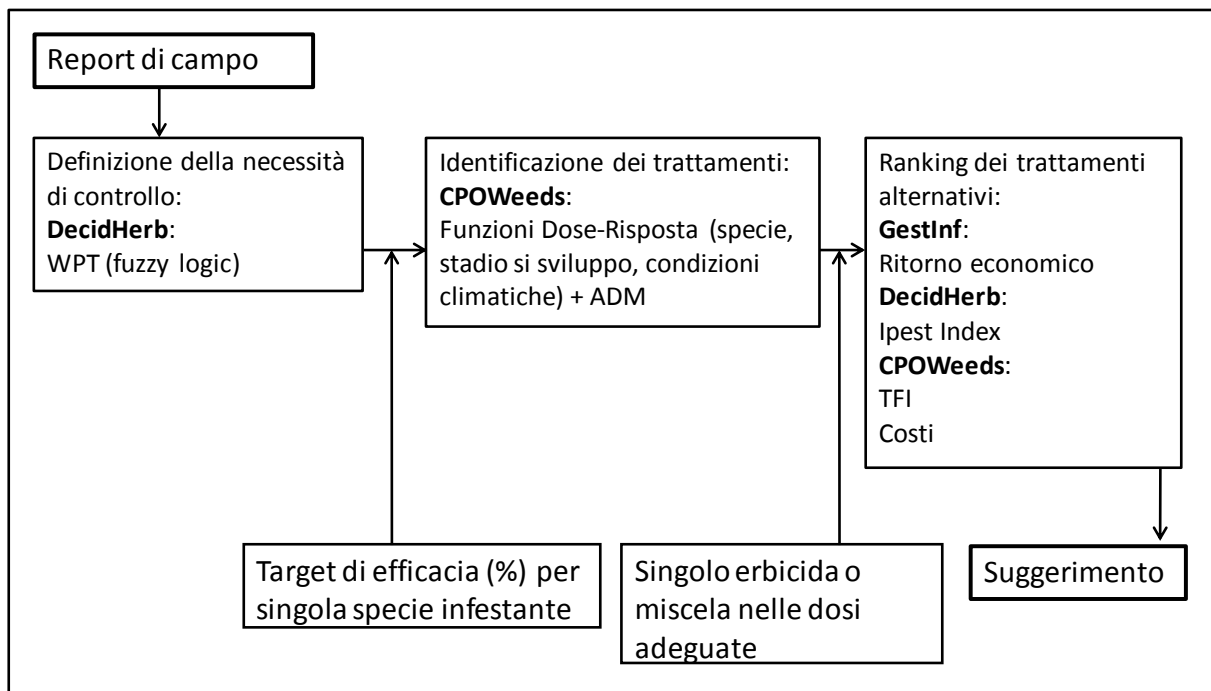


Figura 7. Rappresentazione della struttura del modello IPM-DSS.

Attualmente IPM-DSS è un prototipo compilato in excel che è consultabile nel sito ENDURE Virtual Laboratory (Figura 8). L'attuale versione è solamente dimostrativa dato che compilata con dati derivati dalla Danimarca, dalla Francia e dall'Italia senza alcuna validazione.

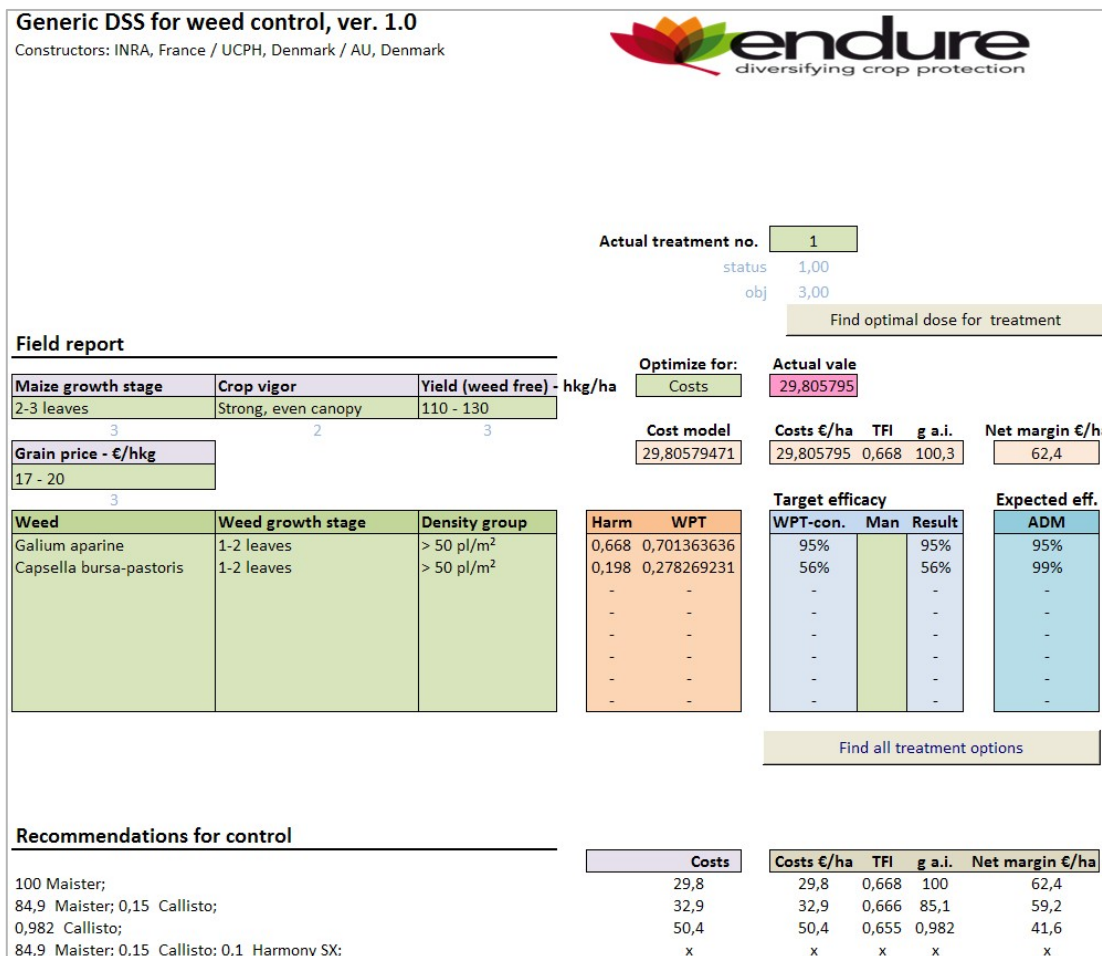


Figura 8. Prototipo compilato in excel dell'IPM-DSS consultabile nel sito di ENDURE Virtual laboratory.

Il DSS verrà parametrizzato e validato a partire da quest'anno in tre paesi europei, Germania, Italia e Slovenia, nell'ambito del progetto europeo PURE (Pesticide Use and risk Reduction in European farming systems with Integrated Pest Management), che sulla base di quanto studiato e valutato in ENDURE ha l'obiettivo di proporre nuove soluzioni per l'IPM e di fornire strumenti pratici per la loro applicazione. Lo scopo finale è quello di produrre un generico DSS che dopo una opportuna parametrizzazione possa essere trasferibile ad ogni paese europeo.

Conclusioni

In generale vengono sviluppati e utilizzati molti meno modelli per il controllo delle infestanti che per la gestione di malattie dovute ad insetti e patogeni. La ragione è che per sviluppare un modello per il controllo delle infestanti che sia utilizzabile nella pratica, il modello deve poter simulare l'effetto sulla coltura dovuto a molte specie diverse, dotate di competitività diversa rispetto alla coltura, che possono essere presenti in proporzioni diverse e in stadi fenologici

diversi. La previsione dei danni causati da questa infestazione e le soluzioni da proporre devono quindi tenere in considerazione l'infestazione nella sua totalità e questo rende la stima molto più complessa.

In questo articolo sono stati presentati i DSS per la gestione delle infestanti sviluppati in Italia e il contributo italiano alla creazione del DSS europeo IPM-DSS. Come detto nell'introduzione, un DSS completo, che possa rispondere alle esigenze della direttiva europea ma contemporaneamente invogliare l'agricoltore o il tecnico alla sua utilizzazione, dovrebbe dare informazioni riguardanti tutte e tre le domande: "se", "come" e "quando" trattare. Le versioni originali dei vari modelli rispondono solo ad una o due di queste domande, ma non a tutte e tre. L'integrazione dei diversi modelli tra loro può invece migliorare notevolmente la qualità dell'informazione per l'utente finale, sia in termini di completezza (risposta a tutte e tre le domande sul trattamento) sia in termini di stima dei valori da cui estrapolare poi il suggerimento finale sul trattamento. È possibile quindi affermare che, sebbene ci sia ancora molto lavoro da fare, i modelli esistenti rappresentano una valida base di partenza per lo sviluppo di sistemi più perfezionati che possano rispondere alle richieste della Direttiva 2009/128/EC sulla implementazione dell'IPM entro il 2014.

Bibliografia

Berti A, Zanin G (1994). Density Equivalent: a method for forecasting yield loss caused by mixed weed populations. *Weed Research* 34: 327-332.

Berti A, Zanin G, Otto S, Trevisan M, Capri E (1995). Evaluation of the cost-risk relationship of groundwater contamination in weed control of soybean. *European journal of Agronomy* 4: 491-498.

Berti A, Zanin G (1997). GESTINF: a decision model for post-emergence weed management in soybean [*Glycine max* (L.) Merr.]. *Crop Protection* 16: 109-116.

Berti A, Zanin G, Onofri A, Sattin M (2001). Sistema integrato di gestione delle malerbe (IWMS). In P. Catizone e G. Zanin, eds. *Malerbologia*. Bologna: Patron Editore, pp. 659-711.

Biroli G (1807). *Del riso*, Milano: Tipografia Giovanni Silvestri.

Bockstaller C (2004). In Barriuso E (Ed.) Estimation des risques environnementaux des pesticides: un point sur: Paris, INRA Editions, pp 75-86.

Catala Forner MdM, Eleftherohorinos IG, Martins L, Vidotto F, Ferrero A, Dhima K, Feougier G, Mouret JC (2002). Red rice control in Southern Europe with pre- and postemergence applied herbicides. In Hill JE, Hardy B (Eds) *Proceedings of the 2nd Temperate Rice Conference 13-17 June 1999*. Sacramento, CA, USA, pp 489-492.

Colbach N, Chauvel B, Roger-Estrade J, J C (1998). Modelling the effect of mouldboard ploughing, in interaction with soil structure, on seed bank movements. In *5th ESA Congress*, Nitra, Slovakia, pp 31-32.

Colbach N, Debaeke P (1998). Integrating Crop Management and Crop Rotation Effects into Models of Weed Population Dynamics: A Review. *Weed Science* 46: 717-728.

- Cousens R, Moss SR (1990). A model of the effects of cultivation on the vertical distribution of weed seeds within the soil. *Weed Research* 30: 61-70.
- Delouche JC, Burgos NR, Gealy DR, Zorrilla de San Martin G, Labrada R, Larinde MR, C. (2007). *Weedy rices: origin, biology, ecology and control*, Vol. 188, Rome, Italy: FAO.
- ENDURE (2007-2010). European Network for Durable Exploitation of Crop Protection Strategies. <http://www.endure-network.eu/>.
- Ferrero A, Finassi A (1995). Viability and soil distribution of red rice (*Oryza sativa* var. *sylvatica*) seeds. *Proceedings, 47th international symposium on crop protection: part I*. Gent, Belgium, pp 205-211.
- Fischer AJ, Ramirez A (1993). Red rice (*Oryza sativa*): competition studies for management decisions. *International Journal of Pest Management* 39: 133-138.
- Fogliatto S, Vidotto F, Ferrero A (2010). Effects of winter flooding on weedy rice (*Oryza sativa* L.). *Crop Protection* 29: 1232-1240.
- Fogliatto S, Vidotto F, Ferrero A (2011). Germination of Weedy Rice (*Oryza sativa*) in Response to Field Conditions During Winter. *Weed Technology* 25: 252-261.
- Footitt S, Cohn MA (1992). Seed dormancy in red rice. VIII. Embryo acidification during dormancy-breaking and subsequent germination. *Plant Physiology* 100: 1196-1202.
- Masin R, Berti A, Otto S, Zanin G (2010a). Validation of a model relating yield loss to weed time of emergence and removal in traditional and early-sown maize. *Weed Research* 50: 120-126.
- Masin R, Cacciatori G, Zuin M C, Zanin G (2010b). AlertInf: emergence predictive model for weed control in maize in Veneto. *Italian Journal of Agrometeorology* 1: 5-9.
- Masin R, Vasileiadis V P, Loddo D, Otto S, Zanin G (2011). A single time survey method to predict the daily weed density for weed control decision-making. *Weed Science* 59: 270-275.
- Munier-Jolain N, Savoie V, Kubiak V, Maillet-Mezeray J, Jouy L, Quere L (2005). Decid'herb, a decision support system on the WEB, designed for sustainable weed management in cultivated fields. *Proceedings 13th EWRS Symposium*, Bari, 19-23 June.
- Rydahl P, Been T, Berti A, Evans N, Gouache V, Gutsche V, Jensen J E, Kapsa J, Levay N, Munier-Nolain N, Niboucha S, Raynal M (2009). Review of new technologies critical to effective implementation of decision support systems and farm management systems, http://www.endure-network.eu/about_endure/all_the_news/dss_helping_farmers_make_smart_decisions.
- Rydahl P (2004). A Danish decision support system for integrated management of weeds. *Aspects of Applied Biology* 72: 43-53.
- Vidotto F, Ferrero A (2005). Modelling population dynamics to overcome feral rice in rice. In Gressel J (Ed) *Crop Fertility and Volunteerism*, pp 353-368. Boca Raton, FL, USA: CRC, Press
- Vidotto F, Ferrero A, Ducco G (2001). A mathematical model to predict the population dynamics of *Oryza sativa* var. *sylvatica*. *Weed Research* 41: 407-420.

AGRICOLTURA SOSTENIBILE E SOSTENIBILITÀ ECONOMICA: RIFLESSI ECONOMICI DELL'IPM IN CASI DI STUDIO

LAZZARIN C., BARNABÈ D.

*Agri 2000 Soc. Coop. Bologna
lazzarin@agri2000.it
barnabe@agri2000.it*

Riassunto

L'applicazione della Direttiva 2009/128/CE sull'utilizzo sostenibile dei fitofarmaci si andrà ad inserire in un contesto normativo cogente per l'impresa agricola già piuttosto articolato, cui si deve aggiungere anche il ruolo di orientamento tecnico svolto dalla grande distribuzione alimentare, principale canale di sbocco per le produzioni agricole e alimentari. Il lavoro svolto ha inteso, anzitutto, analizzare i due suddetti aspetti per verificare i principali fattori che già oggi vincolano le scelte tecniche delle aziende agricole, evidenziando i possibili punti di contatto con la direttiva comunitaria sull'uso sostenibile dei fitofarmaci. La seconda parte del lavoro è stata incentrata sull'analisi di tre casi concreti di imprese agricole, nei quali sono stati rilevati i costi derivanti dall'attivazione di una serie di interventi tecnici riconducibili ai possibili adempimenti connessi all'applicazione della direttiva nel nostro Paese.

Parole chiave

Agricoltura sostenibile; Uso sostenibile degli agro farmaci; Valutazione economica; Consumatori; Grande distribuzione.

Summary

Sustainable agriculture and economic sustainability: economic effects of IPM adoption in case studies

The implementation of the Directive 2009/128/EC concerning the sustainable use of pesticides will add to an already complex compulsory legal framework for the agricultural enterprise. Furthermore, the role and the strategies carried out by the mass distribution, the main sales channel for agricultural products and foodstuffs, must also be considered. To start with, in the present study we intend analyze the two above-mentioned aspects in order to determine the main factors which are already conditioning the technical choices made by farmers, highlighting the possible points of contact with the EU Directive on the sustainable use of pesticides. The second part of the study focuses on the analysis of three case studies of agricultural enterprises. In particular, the analysis concerns the costs linked to activating a series of technical measures on farms so as to meet the requirements arising from the application of the Directive.

Keywords

Sustainable agriculture; Sustainable use of pesticides; Economic assessment; Consumers; Mass distribution.

Introduzione

Il primo passaggio per l'applicazione della Direttiva 2009/128/CE, dopo il suo formale recepimento entro il 14 dicembre del 2011, sarà la trasmissione alla Commissione, entro il 14 dicembre 2012, del Piano d'Azione Nazionale. Il Piano dovrà necessariamente coniugare i requisiti della direttiva con quanto già attuato a livello nazionale, sia in maniera cogente, come nel caso del Decreto Legislativo n. 152/2006 concernente la corretta gestione dei rifiuti, compresi quelli derivanti dall'attività agricola, sia in maniera volontaria, come ad esempio i disciplinari regionali di produzione integrata.

Obiettivo primario della direttiva è giungere a un uso sostenibile degli agrofarmaci, capace cioè di ridurre i rischi e gli impatti sulla salute umana e sull'ambiente, temi entrambi di grande e crescente interesse per i consumatori. Proprio per questa ragione l'applicazione della direttiva andrebbe interpretata, anzitutto, come un'importante opportunità per lo sviluppo del settore agricolo che per essere colta appieno richiederà la capacità da parte del legislatore di creare una efficace sinergia fra i seguenti tre aspetti:

- uso razionale dei prodotti fitosanitari;
- sostenibilità tecnica ed economica delle coltivazioni agrarie;
- informazione e comunicazione ai consumatori.

Materiali e Metodi

L'analisi dei potenziali impatti economici sulle imprese agricole derivanti dall'applicazione della direttiva è stata condotta attraverso un'indagine su tre casi di studio. L'indagine ha permesso di analizzare una serie di costi che le aziende hanno dovuto sostenere a seguito dell'introduzione nei processi produttivi (*crop management*) e gestionali dell'impresa (*farming management*) di una serie di adempimenti potenzialmente capaci di rispondere alle richieste derivanti dall'applicazione della direttiva, quantomeno quelle necessarie al raggiungimento del livello obbligatorio richiesto. Non si è ritenuto di effettuare una analisi economica di tipo controfattuale (aziende con IPM a confronto con aziende senza IPM) per le numerose variabili di natura tecnica, organizzativa e gestionale che concorrono alla definizione dei costi di ciascuna azienda e per la mancanza di un numero significativo di casi, entrambi aspetti che renderebbero poco affidabile il confronto.

L'analisi dei casi di studio è stata preceduta da una descrizione degli aspetti normativi vigenti, dei quali l'applicazione della direttiva dovrà tenere conto, e dalla valutazione di alcuni aspetti significativi che caratterizzano il mercato al consumo dei prodotti agroalimentari. È del tutto

evidente, infatti, la necessità, come ricordato in premessa, di “valorizzare” gli aspetti normativi che già oggi condizionano la gestione dei processi produttivi agricoli, così come la necessità di considerare le condizioni di accesso al mercato poste in essere con finalità di carattere commerciale dagli operatori a valle della filiera agroalimentare, in particolare dalle catene della grande distribuzione alimentare, in risposta alle tendenze di consumo emergenti.

Risultati e discussione

Nel corso degli ultimi due decenni, in particolare, nel sistema agroalimentare si è assistito ad un progressivo aumento del “margine di commercializzazione, trasformazione e distribuzione” o “margine totale” che rappresenta la differenza tra il prezzo pagato dal consumatore per ottenere un determinato prodotto e quello ricevuto per lo stesso dal produttore agricolo. Tale tendenza, messa in evidenza dal modello di Gardner (1975) che analizza le relazioni fra margini totali di mercato e prezzi pagati alla produzione, è connessa ai cambiamenti dei modelli di consumo alimentare, sempre più orientanti verso prodotti e luoghi di acquisto in grado di incorporare un numero crescente di funzioni, in particolare di servizi e di informazioni circa le caratteristiche del bene acquistato (certificazioni, origine, sistema di produzione, ecc.). Questi aspetti, servizi e informazioni, sono in prevalenza riconducibili alle attività svolte nelle fasi di trasformazione e di distribuzione a valle della filiera agroalimentare. In tal senso è quanto mai opportuno ricordare in questo lavoro che l'introduzione di sistemi obbligatori che interessano la fase agricola, come ad esempio la rintracciabilità, determinino maggiori costi di sistema (controllo, amministrazione, ecc.) che provocano un aumento del margine totale sopportato, come evidenziato dal modello di Gardner, prevalentemente dal settore agricolo e dal consumatore, vale a dire dai due anelli deboli della filiera. In figura 1 è possibile osservare il peso della distribuzione nella catena del valore della filiera agroalimentare e il ruolo marginale svolto dal settore agricolo, la cui incidenza era attorno all'8% nel 2009 e in progressivo calo.

Le catene della grande distribuzione alimentare, attraverso le quali i consumatori effettuano oltre il 70% degli acquisti alimentari, hanno avuto un ruolo importante nella crescita del margine totale anche a seguito dell'introduzione e della diffusione delle *private label*, le marche commerciali delle insegne, che hanno raggiunto nel 2010 una quota in valore pari circa al 16% delle vendite totali, a fronte di un dato del 41% per la Germania e del 35% della Francia.

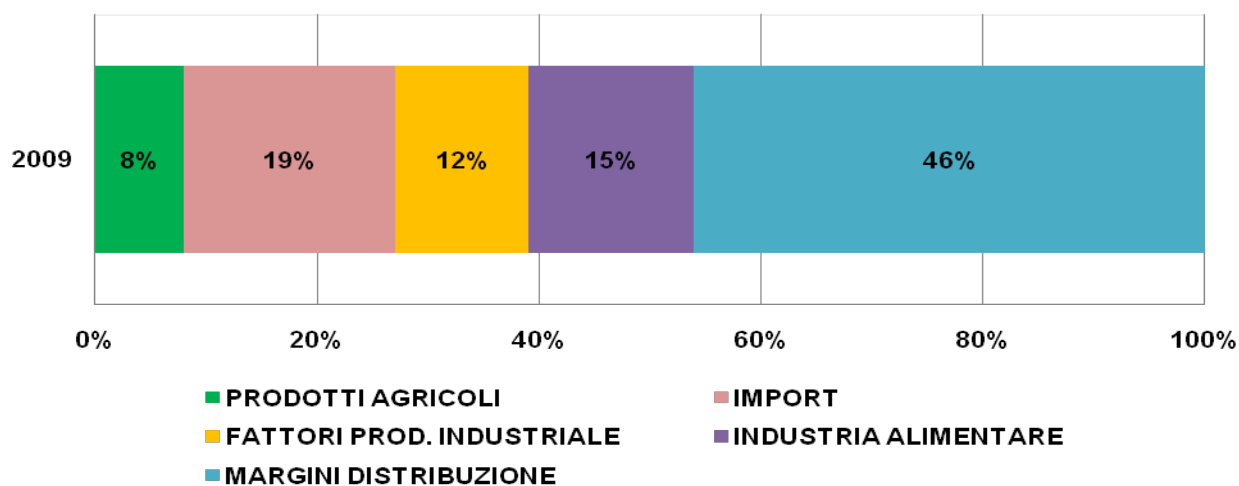


Figura 1. La catena del valore nella filiera agroalimentare: anno 2009. (Elaborazioni Agri2000 su dati ISTAT).

Le *private label* interessano tutti i comparti e rispondono a una precisa strategia di differenziazione delle catene dai concorrenti che tende a spostare la fidelizzazione dei consumatori dai marchi della produzione e dell'industria alimentare, presenti in tutte le insegne della distribuzione, verso la marca del distributore. Nel comparto ortofrutticolo le *private label* si stanno rapidamente diffondendo e oggi rappresentano oltre il 30% delle vendite di ortofrutta, pari ad un valore di circa 1 miliardo di euro. Tale diffusione è anche connessa all'adozione e, in molti casi, all'adattamento in senso restrittivo dei disciplinari regionali di difesa integrata. In altri termini uno strumento di tipo volontario è diventato, *de facto*, un requisito obbligatorio per la fornitura di prodotti con marca delle catene della grande distribuzione alimentare, subendo nel tempo anche ulteriori restrizioni nell'ottica di una differenziazione sempre maggiore della catena dai concorrenti. In figura 2 sono riportati alcuni esempi di *private label* di catene distributive utilizzate per accrescere la distintività dei prodotti ortofrutticoli.



Figura 2. Esempi di marche commerciali utilizzate dalla grande distribuzione alimentare per accrescere la distintività dell'ortofrutta.

Va, altresì, ricordato, sempre parlando di ortofrutta, che il nostro Paese esporta una quota significativa di prodotto, il 16% circa nel 2010, in particolare verso il mercato tedesco che da solo assorbe circa il 40% dell'export, pari ad oltre 1,4 miliardi di euro. In Germania il settore distributivo è particolarmente concentrato, soprattutto se paragonato a quello italiano, tanto è vero che il 75% degli acquisti passano attraverso cinque catene: EDEKA, REWE, ALDI, LIDL, METRO. Anche queste catene adottano una strategia di differenziazione basata sulle *private label* che, nel comparto ortofrutticolo, si è spinta, in alcuni casi, addirittura verso la richiesta di forniture con un numero massimo di residui di agrofarmaci. Di seguito sono riportate alcune delle richieste che i distributori tedeschi chiedono ai produttori per entrare fra i fornitori:

- EDEKA chiede limiti più restrittivi su LMR (limite massimo residuo);
- REWE e METRO chiedono limiti più restrittivi su LMR e ARfD;
- LIDL chiede limiti più restrittivi su LMR, numero di residui e ARfD.

Fra sistemi volontari di certificazione che interessano il processo produttivo agricolo non va dimenticato, per la rilevanza assunta a livello internazionale, il Global GAP (*Good Agricultural Practice*). Lo schema, che prevede un controllo annuale sulle imprese agricole, ha come obiettivo primario quello di fornire rassicurazioni al consumatore circa l'adozione da parte delle aziende agricole di sistemi di produzione orientati a ridurre l'impatto sull'ambiente, al contenimento dell'uso degli agrofarmaci e a garantire la salute e la sicurezza dei lavoratori, nonché il benessere animale. In particolare, gli aspetti del processo produttivo agricolo sui quali si focalizzano i controlli riguardano la corretta gestione:

- del suolo;
- della fertilizzazione;
- dell'irrigazione;
- della difesa;
- degli agro farmaci, compresi gli eventuali reflui al termine dei trattamenti;
- delle attrezzature.

Global GAP è diffuso in oltre 100 paesi e interessa oltre 100.000 imprese agricole (fonte:www.globalgap.org) e, fra gli associati, annovera tutte le principali catene distributive europee, nonché le principali cooperative ortofrutticole italiane.

Come anticipato all'inizio del presente documento, l'applicazione della direttiva dovrà tenere in considerazione, da un lato, il contesto di mercato descritto brevemente in precedenza, dall'altro gli aspetti del contesto normativo già oggi vigenti per le imprese agricole e che potrebbero già ottemperare a quanto richiesto dal legislatore comunitario in tema di uso sostenibile dei fitofarmaci. In particolare, le imprese agricole rientrano negli obblighi previsti dal D.Lgs. n. 152/06 che considera i rifiuti derivanti dall'attività agricola come rifiuti speciali pericolosi, come nel caso degli oli provenienti dai mezzi meccanici, e non pericolosi, come nel caso dei contenitori di fitofarmaci bonificati. Riguardo proprio alla manipolazione dei contenitori di agrofarmaci, richiamata all'articolo 13 della Direttiva 2009/128/CE, la normativa vigente prevede il loro stoccaggio in un ambiente tale da impedirne la dispersione e lo smaltimento tramite servizio pubblico, se sussiste una specifica convenzione, o il conferimento a ditte autorizzate. In tal senso, va anche considerato che il rispetto della suddetta norma è rafforzato dal fatto che il regime di pagamento unico per le aziende agricole, introdotto con il Regolamento (CE) n. 1782/2003 di riforma della PAC, è subordinato all'applicazione da parte dell'operatore agricolo dei principi della condizionalità, vale a dire dell'insieme di regole definite dai Criteri di Gestione Obbligatorie (CGO) e dalle Buone Condizioni Agronomiche e Ambientali (BCAA), tra le quali anche la corretta gestione degli imballaggi usati di agrofarmaci. Vale la pena ricordare che in Italia oggi sono circa 1.350.000 le imprese agricole in regime di pagamento unico, vale a dire la quasi totalità delle aziende del settore primario.

Sempre riguardo alla gestione degli agrofarmaci il DPR 290/91, oltre a disciplinare l'immissione in commercio e la vendita dei prodotti per la difesa, stabilisce che per l'acquisto e utilizzo dei prodotti classificati come "Molto Tossico" (T+), "Tossico" (T) e "Nocivo" (Xn) sia necessario il possesso del "patentino", attualmente rilasciato dalle province dopo un corso di formazione, nonché la registrazione dei trattamenti effettuati nel corso dell'annata sulle diverse colture (quaderno di campagna). Entrambi questi aspetti, il possesso del "patentino" e la compilazione del quaderno di campagna, sono anche indispensabili per il rispetto delle norme sulla condizionalità.

Altro aspetto, non cogente per tutte le imprese agricole, ma per quelle che ricevono sovvenzioni nell'ambito della Misura 214 dei Piani di Sviluppo Rurale sui Pagamenti Agroambientali, nonché per le aziende ortofrutticole che ricevono aiuti attraverso i Piani Operativi e per quelle inserite nello schema di certificazione Global GAP, riguarda la taratura delle irroratrici con cadenza almeno quinquennale, tematica inserita nell'articolo 8 della Direttiva 2009/128/CE.

Prima di entrare nell'analisi dei casi di studio riportiamo di seguito i dati circa la diffusione della difesa integrata emersi da un campione di 1.200 imprese agricole intervistate nell'ambito dell'Osservatorio sull'innovazione nelle imprese agricole realizzato da Agri 2000 e giunto, nel 2010, alla sua quarta edizione.

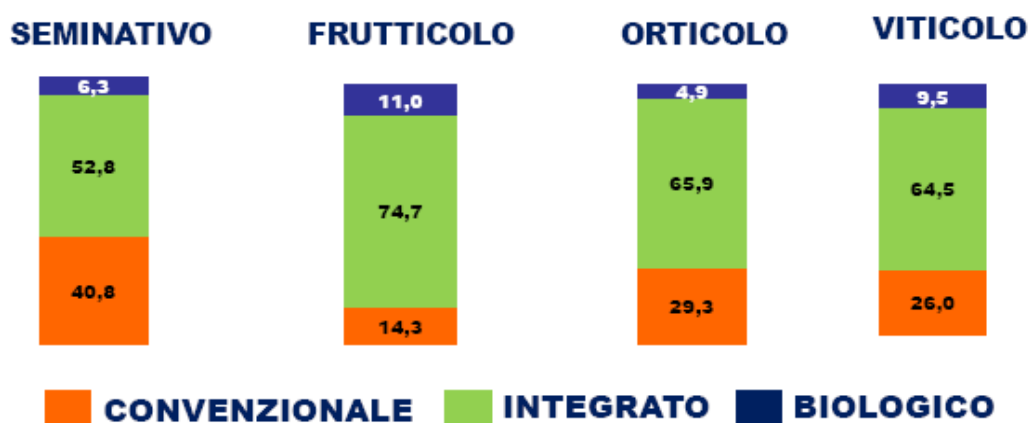


Figura 3. Incidenza percentuale dei diversi sistemi di difesa nei principali comparti agricoli (Fonte: Agri 2000 – Osservatorio sull'innovazione nelle imprese agricole, Edizione 2010).

La corretta valutazione dei dati riportati in figura 3, dai quali emerge l'ampia diffusione della strategia di difesa integrata fra le imprese frutticole, orticole e viticole e in misura minore fra quelle con seminativi, necessita di una premessa sulla metodologia utilizzata per l'indagine, in particolare per quanto attiene alla tipologia di imprenditori oggetto dell'analisi. L'Osservatorio, infatti, concentra la sua analisi sugli imprenditori agricoli "professionali e competitivi". Riguardo al primo parametro, sono stati presi in esame solo gli imprenditori che dedicano alla propria azienda la totalità del tempo di lavoro, mentre per la definizione della competitività si è scelto il confronto reddituale con il settore alimentare. La scelta del confronto con un altro settore per definire la competitività nasce dalla considerazione che le prospettive di sviluppo della nostra agricoltura dipendono dalla sua capacità, quantomeno, di "trattenere" giovani, la cui decisione di intraprendere o meno la carriera professionale nel settore agricolo passa sempre più spesso dal confronto con quanto offerto dagli altri settori, in termini di opportunità economica e di "qualità" della vita. Da queste premesse, sommariamente riassunte, è nata la decisione di considerare competitivo l'imprenditore agricolo che ricava un reddito annuo, al netto di sovvenzioni pubbliche, di almeno 35 mila euro, pari alla retribuzione contrattuale minima di un "quadro" dell'industria alimentare (Agri 2000, Osservatorio sull'innovazione nelle imprese agricole, 2010). La comparazione con la

retribuzione di un “quadro” rappresenta il parametro minimo di competitività, mentre il compenso di un dirigente, *alter ego* dell’imprenditore, il livello di piena competitività. Sulla base dei dati disponibili, in particolare quelli dell’Istat e dell’Inea relativi alla rilevazione sui risultati economici delle aziende agricole e alla rete contabile agricola, sono state stimate circa 120.000 imprese professionali e competitive, pari al 14,5% di quelle attive iscritte nelle Camere di Commercio (2010).

L’impatto potenziale dei requisiti della direttiva sui costi delle imprese è stato analizzato prendendo in considerazione gli aspetti contenuti nella direttiva e di seguito descritti, suddividendoli fra attività connesse al *farming management*, vale a dire alla corretta gestione dell’intera azienda, e attività connesse al *crop management*, ovvero specifiche per le diverse produzioni dell’ordinamento colturale (Figura 4). Gli altri elementi contenuti nella direttiva, come le azioni di informazione e sensibilizzazione, previste all’articolo 7, la formazione del personale dei distributori di agrofarmaci, prevista all’articolo 6, potranno invece avere ricadute sugli altri attori che a vario titolo agiscono nel sistema produttivo, sia pubblici che privati.

CENTRI DI COSTO ANALIZZATI

Farming Management

- ✓ **taratura delle irroratrici**
- ✓ **analisi del suolo**
- ✓ **smaltimento imballaggi**

Crop Management

- ✓ **rilevazione parametri per ottimizzare i trattamenti (scouting aziendale)**
- ✓ **registrazione dei trattamenti e delle concimazioni**
 - ✓ **gestione dei reflui del trattamento**
- ✓ **priorità per i metodi non chimici e per l’uso razionale degli agrofarmaci**

Figura 4. Centri di costo analizzati.

Di seguito sono descritte le principali caratteristiche dei tre casi di studio indagati per valutare il potenziale impatto derivante dall’applicazione della direttiva sull’uso sostenibile degli agrofarmaci sui costi delle imprese agricole.

Tabella 1. Descrizione casi di studio.

	Localizzazione	SAU (ettari)	Ordinamento colturale	Crop management
A	Ferrara	127	Seminativo-frutticolo	Disciplinari difesa integrata regionali; Global GAP
B	Ravenna	40	Frutticolo	Disciplinare distribuzione estera
C	Foggia	40	Seminativo-orticolo	Disciplinare difesa integrata industria di trasformazione

Il primo caso riguarda un'azienda agricola della provincia di Ferrara con una superficie di 127 ettari, di cui 116 a seminativi (grano, bietola, mais, soia) e i restanti 11 investiti a pereto. L'impresa segue i disciplinari regionali di difesa integrata, mentre il frutteto è certificato secondo lo schema Global GAP.

Riguardo ai potenziali costi connessi al *farming management*, il primo oggetto di analisi è la taratura obbligatoria delle macchine irroratrici con una cadenza che, dopo il 2020, dovrebbe essere almeno triennale, come previsto dalla direttiva. L'azienda agricola in questione dispone di 4 irroratrici, 3 per il frutteto (2 atomizzatori e una barra) e 1 per i seminativi. Il costo per ogni taratura, effettuata in uno dei centri autorizzati della Regione, è di circa 200 euro, pari a un costo totale nell'arco di un triennio di 800 euro. Questo comporta un'incidenza per ettaro su base annua di circa 2,1 euro nell'ipotesi di effettuare l'intervento di taratura con cadenza triennale. Nel caso, invece, di taratura annuale, come previsto dal Global GAP, il costo salirebbe a 6,3 euro/ha.

Altro aspetto analizzato riguarda le analisi del suolo finalizzate ad una corretta fertilizzazione che, seppure non siano previste dalla direttiva, rientrano nell'ambito delle norme previste dalla produzione integrata. L'azienda agricola indagata effettua annualmente tre campionature in aree omogenee in maniera tale da coprire circa 20 ettari di superficie, dato che consente di completare tutta l'estensione aziendale nell'arco di 5-6 anni. Complessivamente il costo annuo è di circa 240 euro, pari a un costo per ettaro di 12 euro.

Riguardo allo smaltimento dei contenitori di fitofarmaci, l'azienda ha sottoscritto un contratto con un centro autorizzato e sostiene annualmente un costo complessivo di 300 euro, pari a 2,4 euro/ha.

Riguardo ai potenziali costi connessi al *crop management*, il primo oggetto di analisi concerne l'attività di *scouting*, vale a dire il monitoraggio in campo per valutare il superamento della soglia di rischio, cioè il momento in cui il vantaggio economico derivante dall'intervento di difesa supera il suo costo. Il costo di tale attività è stato analizzato anche se rappresenta una buona pratica agricola ormai usuale per molte aziende, poiché consente di razionalizzare l'uso dei prodotti fitofarmaci, come richiesto dalla direttiva, con benefici sotto il profilo economico, oltre che ambientale. Per i seminativi l'attività di *scouting*, svolta nel nostro caso direttamente dall'imprenditore, richiede circa 12 ore/anno per i terreni a seminativo e circa 5 ore/anno per il frutteto. Per quantificare la spesa complessiva è stato considerato un costo opportunità, trattandosi di attività svolta dall'imprenditore, di 30 euro/ora. Nel caso del seminativo l'attività di *scouting* comporta un costo di 3,1 euro/ha, mentre per il frutteto, considerando anche un investimento di circa 300 euro per il posizionamento di trappole a feromoni, l'incidenza totale è pari a 40,9 euro/ha.

Altro costo analizzato è quello relativo alla registrazione dei trattamenti e delle concimazioni. Nell'azienda della provincia di Ferrara esaminata questa attività, valutata sempre come costo opportunità essendo svolta dall'imprenditore, richiede circa 30 ore/anno per i seminativi, pari ad un costo annuo per ettaro di 7,75 euro, e circa 22 ore/anno per il frutteto, pari ad un costo annuo per ettaro di 60 euro.

Riguardo alla pulitura delle irroratrici e alla corretta gestione delle rimanenze di fitofarmaci, l'azienda in questione ha provveduto alla predisposizione di un'area attrezzata in cemento dotata di un pozzetto per la raccolta delle acque contaminate. La realizzazione dell'area ha comportato un costo di circa 3.000 euro che, considerando il solo ammortamento aritmetico per una durata di 25 anni, al netto quindi delle manutenzioni, porta ad un'incidenza annuale di circa 1 euro/ha.

Sul tema della difesa, l'azienda non ha segnalato aggravii sensibili di costo per i seminativi derivanti dall'applicazione dei disciplinari di difesa integrata. Riguardo alle pere, l'acquirente richiede il rispetto del numero massimo di residui, aspetto che, secondo l'imprenditore, comporterà nei prossimi anni un aggravio dei costi anche a seguito della probabile insorgenza di resistenze.

Tabella 2. Riepilogo costi Azienda – 116 ha seminativi, 11 ha pero.

Centri di costo	Costo annuo aziendale (euro)	Euro/ettaro
Taratura irroratrici	266	2,1
Analisi suolo	240	12
Smaltimento contenitori	300	2,4
<i>Scouting</i>	360 seminativo; 450 frutteto	3,1 seminativi; 40,9 frutteto
Registrazione trattamenti/concimazioni	900 seminativi; 660 frutteto	7,75 seminativi; 60 frutteto
Area attrezzata gestione reflui e pulitura mezzi	120	1
Difesa integrata (previsioni di costo)	+	+
	Costo annuo seminativi	28,35
	Costo annuo frutteto	118,4

Fonte: indagine diretta Agri 2000.

Il secondo caso è quello di un'azienda agricola della provincia di Ravenna con una superficie utile di 40 ettari, di cui 25 investiti a nettarine, sui quali si è concentrata l'analisi, e i restanti 15 a kiwi, caco, melo, pero, ciliegio. L'impresa, socia di una cooperativa, da quest'anno applica per la produzione delle nettarine il disciplinare di una catena distributiva tedesca che pone un limite al numero massimo di residui.

Riguardo alla taratura dei mezzi meccanici adibiti alla distribuzione dei fitofarmaci, l'azienda impiega 2 atomizzatori. Il costo sostenuto per ogni taratura in un centro autorizzato è di circa 240 euro, pari a un costo totale di 480 euro. Questo comporta un'incidenza per ettaro su base annua di 4 euro, nell'ipotesi di effettuare la taratura ogni tre anni.

Per la corretta gestione delle concimazioni e dei reimpianti, l'azienda effettua annualmente una analisi del terreno il cui costo è di circa 170 euro, pari a un costo per ettaro di 4,25 euro.

Riguardo allo smaltimento dei contenitori di fitofarmaci, l'azienda ha sottoscritto un contratto con un centro autorizzato e sostiene annualmente un costo complessivo di circa 200 euro, pari ad una incidenza di 5 euro/ha.

L'attività di *scouting* su nettarine, svolta direttamente dall'imprenditore, comporta un dispendio di circa 32 ore/anno, pari ad un costo complessivo di 960 euro e di 38,4 euro/ha. A tale costo vanno ad aggiungersi quello per la confusione sessuale, pratica per il controllo di *Cydia molesta*, pari a 300 euro/ha e quello per le trappole a feromoni, utilizzate per il controllo di *Cydia molesta* e *Anarsia lineatella*, pari ad un costo di 20,4 euro/ha.

La registrazione dei trattamenti e delle concimazioni richiede circa 18 ore/anno, pari ad un costo di 21,6 euro/ha.

Riguardo alla pulitura delle irroratrici e alla corretta gestione delle rimanenze di fitofarmaci, l'azienda in questione non dispone ancora di un'area attrezzata e gli eventuali reflui vengono riutilizzati nel frutteto.

Come anticipato nella descrizione delle caratteristiche dell'azienda, la difesa delle nettarine è gestita seguendo, da quest'anno, un disciplinare che prevede un numero massimo di 4 residui e restrizioni circa l'uso di alcuni agrofarmaci con profilo residuale ritenuto sfavorevole. Per tal gestione, che comporterà un aggravio dei costi di produzione che l'imprenditore non è ancora in grado di valutare esattamente, sarà corrisposto un sovrapprezzo di 1 euro per ogni tonnellata di nettarine prodotte.

Tabella 3. Riepilogo costi Azienda B – 25 ha nettarine.

Centri di costo	Costo annuo aziendale (euro)	Euro/ettaro
Taratura irroratrici	160	4
Analisi suolo	170	4,25
Smaltimento contenitori	200	5
<i>Scouting</i>	960	38,4
Confusione sessuale	-	300
Trappole	-	20,4
Registrazione trattamenti/concimazioni	540	21,6
Area attrezzata gestione reflui e pulitura mezzi	-	-
Difesa integrata (previsioni di costo)	+	+
	Costo annuo	393,65

Fonte: indagine diretta Agri 2000.

Il terzo caso è quello di un'azienda agricola della provincia di Foggia con una superficie utile di 40 ettari, di cui 30 investiti a grano duro e i restanti 10 a pomodoro da industria. L'impresa, socia di una cooperativa, applica, per la coltivazione del pomodoro, il disciplinare definito dalla regione Puglia con alcune restrizioni richieste dall'industria che acquista il prodotto per la sua trasformazione. Riguardo alla taratura dei mezzi meccanici adibiti alla distribuzione dei fitofarmaci, l'azienda dispone di 2 irroratrici. Il costo sostenuto per ogni taratura in un centro autorizzato è di circa 160 euro, pari a un costo totale di 320 euro. Questo comporta un'incidenza per ettaro su base annua di circa 2,6 euro, nell'ipotesi di effettuare la taratura delle due barre con cadenza triennale.

L'azienda agricola indagata effettua annualmente una campionatura del suolo che, in considerazione delle caratteristiche dei terreni coltivati, permette di analizzare circa 8 ettari di

superficie. Complessivamente il costo annuo è di circa 60 euro, pari a un costo per ettaro di 7,5 euro.

Riguardo allo smaltimento dei contenitori di fitofarmaci, l'azienda ha sottoscritto un contratto con un centro autorizzato e sostiene annualmente un costo complessivo di circa 500 euro, soprattutto derivanti dai contenitori delle piantine di pomodoro per il trapianto, di cui 150 di quota fissa. La quota fissa ha una incidenza di 3,75 euro/ha. Per il grano duro è stato stimato un costo annuo di circa 30 euro, pari a 1 euro/ha, mentre i restanti 320 euro sono stati attribuiti al pomodoro, pari a un costo di 32 euro/ha.

L'attività di *scouting*, svolta direttamente dall'imprenditore, comporta un dispendio di circa 3 ore/anno per il grano duro, pari ad un costo complessivo di 90 euro e di 3 euro/ha, e di circa 15 ore/anno per il pomodoro, pari ad un costo di 450 euro e di 45 euro/ha.

La registrazione dei trattamenti e delle concimazioni richiede circa 2 ore/anno per il grano duro, pari ad un costo complessivo di 60 euro e di 2 euro/ha, e circa 6 ore/anno per il pomodoro, pari ad un costo di 180 euro e di 18 euro/ha.

Riguardo alla pulitura delle irroratrici e alla corretta gestione delle rimanenze di fitofarmaci, l'azienda in questione non dispone ancora di un'area attrezzata.

Come anticipato nella descrizione delle caratteristiche dell'azienda, la difesa del pomodoro è gestita seguendo il disciplinare della regione Puglia con alcune restrizioni richieste dall'industria di trasformazione. Le restrizioni riguardano, in particolare, il divieto di utilizzo di alcuni prodotti per la difesa e il diserbo classificati: Molto tossico (T+) e Tossico (T). Tale divieto comporta un aggravio del 25% del costo complessivo della difesa, pari ad un costo aggiuntivo di circa 125 euro/ha.

Tabella 4. Riepilogo costi Azienda C – 30 ha grano duro, 10 ha pomodoro.

Centri di costo	Costo annuo aziendale (euro)	Euro/ettaro
Taratura irroratrici	106	2,6
Analisi suolo	60	7,5
Smaltimento contenitori	500	4,75 grano; 35,75 pomodoro
<i>Scouting</i>	90 grano; 450 pomodoro	3 grano; 45 pomodoro
Registrazione trattamenti/concimazioni	60 grano; 180 pomodoro	2 grano; 18 pomodoro
Area attrezzata gestione reflui e pulitura mezzi	-	-
Difesa integrata industria	1.250 (costo aggiuntivo totale)	125
	Costo annuo grano	19,85
	Costo annuo pomodoro	233,85

Fonte: indagine diretta Agri 2000.

Conclusioni

Il presente lavoro, con tutti i limiti connessi alle specificità delle aziende agricole scelte come casi di studio, pone in evidenza alcuni aspetti utili per orientare le scelte riguardanti l'applicazione nel nostro paese della Direttiva 2009/128/CE.

Il primo attiene, come ricordato all'inizio del lavoro, il ruolo svolto dalla grande distribuzione e dalle industrie di trasformazione nella definizione di regole riguardanti i sistemi di produzione che stanno diventando obbligatorie per un numero sempre maggiore di imprese agricole, in particolare per quelle più organizzate e competitive, le sole in grado di rispettare vincoli più stringenti di quelli posti dai disciplinari di difesa integrata.

Altro aspetto, come evidenziato dal modello di Gardner e come anche i casi analizzati sembrano confermare, riguarda i maggiori costi derivanti dall'introduzione di sistemi obbligatori nella fase agricola che finiscono per esseri sopportati prevalentemente dalle imprese agricole e dal consumatore, vale a dire dai due anelli deboli della filiera. In tal senso, sarebbe quindi opportuno, nella fase di applicazione della direttiva sull'uso sostenibile, prevedere per il livello base un sistema di regole minime, tenendo in considerazione quanto già previsto dalla nostra legislazione, mentre la definizione del livello avanzato dovrebbe partire da un'analisi approfondita dei vincoli che la distribuzione organizzata e le industrie pongono già oggi ai produttori e, soprattutto, dalla conoscenza delle aspettative dei consumatori. Su tali presupposti conoscitivi si potrà successivamente definire un sistema volontario capace di contribuire alla crescita del potere contrattuale dei produttori, evitando, almeno in parte, di scaricare tutti i costi sulla sola fase agricola. Le tre condizioni da soddisfare perché il sistema volontario così definito possa diventare uno strumento di valorizzazione commerciale delle produzioni agricole sono le seguenti:

- creazione di un marchio capace di comunicare al consumatore la sostenibilità della produzione, la responsabilità dei produttori, la salubrità dei prodotti;
- comunicazione istituzionale rivolta al consumatore dei valori espressi dal marchio;
- organizzazione e concentrazione dell'offerta da parte dei produttori.

Bibliografia

Department for Environment, Food and Rural Affairs. *Consultation on the implementation of EU pesticides legislation*, February 2010 (www.defra.gov.uk/corporate/consult/pesticides/).

European Commission (2009). *Development of guidance for establishing Integrated Pest Management (IPM) principles, Final Report*.

Gardini C, Lazzarin C (2011). Il rating competitivo di Agri 2000 e l'innovazione nelle aziende agricole. *Agriregionieuropa* 7 (24): 64-67.

Gardner BL (1975). The farm-retail price spread in a competitive food industry. *American Journal of Agricultural Economy* 57 (3): 399-409.

Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali (2010). *Rapporto di Applicazione della Condizionalità in Italia*.

ACNielsen (2006). Private Label, Strategic insights to counter sweeping change. *Consumer Insights Europe*.

ACNielsen (2011). The Rise of the Value-Conscious Shopper, *ACNielsen Global Private Label Report*.

INDICATORI DI SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE DELLE PRODUZIONI AGRICOLE E LORO APPLICAZIONE ALLA GESTIONE INTEGRATA DELLE ERBE INFESTANTI

MERIGGI P.¹, MARINO M.², BOERI F.², RUGGERI M.³

1. Horta – Spin off Company Università Cattolica Piacenza

2. Life Cycle Engineering, Torino

3. Facoltà di Agraria - Università Cattolica del Sacro Cuore, Piacenza

E-mail: p.meriggi@horta-srl.com

Riassunto

Attualmente la valutazione della sostenibilità nei sistemi agricoli rappresenta un elemento di guida per le decisioni che possono essere prese in agricoltura. I metodi di valutazione sono estremamente complessi e tengono in considerazione aspetti ambientali, economici e agronomici. La valutazione degli aspetti ambientali può essere effettuata attraverso una analisi di tipo LCA (Life Cycle Assessment) focalizzata su 3 principali indicatori: impronta del carbonio, impronta ecologica e impronta dell'acqua.

Nel presente lavoro sono presentati alcuni risultati relativi all'impronta del carbonio correlata allo sviluppo della tecnica colturale di produzione di soia, girasole e sorgo da granella e più in specifico relativamente a varie strategie di controllo delle erbe infestanti realizzate all'azienda Cà Bosco a Ravenna nel biennio 2001-2002. Dall'analisi emerge, limitatamente alle emissioni di gas serra, un peso relativamente ridotto del controllo delle erbe infestanti nell'ambito della tecnica complessiva di coltivazione. Relativamente alle tecniche di IWM sperimentate, le differenze in termini di CO₂ equivalente sono risultate più ampie nel sorgo da granella rispetto alla soia ed al girasole.

Parole chiave

Sostenibilità; LCA; Impronta carbonica; Gestione integrata delle infestanti; Cereali.

Summary

Evaluation of environmental sustainability indices applied to cropping systems and their relevance for Integrated Weed Management

Nowadays the assessment of sustainability in agricultural systems is a topic in order to provide guidance on the "decision making" in agriculture. Evaluation methods are extremely complex and take into account environmental, economic and agronomic aspects. The assessment of environmental aspects can be done through an analysis of LCA (Life Cycle Assessment), which takes into account three main indicators: carbon footprint, ecological footprint and water footprint.

This paper presents some results of the carbon footprint in relation to the entire technical culture of sunflower, soybean and grain sorghum, and more specifically in relation to various

weed control strategies implemented in 2001-2002 at Cà Bosco farm in Ravenna. The analysis shows, in relation to greenhouse gas emissions, a relatively low weight of the control of weeds in the overall technique of cultivation. With regard to the techniques of IWM tested in the different crops the differences in terms of CO₂ equivalent were wider in grain sorghum than in soybean and sunflower.

Keywords

Sustainability; LCA; Carbon Footprint; Integrated Weed Management; Grain crops.

Introduzione

La sostenibilità in agricoltura è uno dei recenti obiettivi della Politica Agricola Comunitaria. Per sistemi agricoli sostenibili si intendono modelli produttivi che siano in grado di realizzare produzioni alimentari adeguate per qualità e quantità, garantire una giusta remunerazione economica per gli agricoltori e favorire la salvaguardia dei suoli agricoli e delle risorse naturali (Meriggi *et al.*, 2008). In altre parole, sostenibilità significa ricercare un mantenimento della produzione agraria e della fertilità del suolo sul lungo periodo, riducendo gli impatti ambientali legati alle pratiche agronomiche stesse. Su quest'ultimo aspetto la sostanza organica del suolo e la gestione dei residui colturali giocano un importante ruolo. Ad esempio, nei sistemi colturali agroindustriali, dove l'apporto di sostanza organica extra-aziendale è praticamente ridotto o nullo, la gestione dei residui colturali e l'integrazione delle specie depauperanti con colture che lasciano nel terreno importanti quantità di sostanza organica rappresentano aspetti decisamente importanti per la sostenibilità degli stessi.

Infatti, la valutazione della sostenibilità nei sistemi agricoli rappresenta un elemento di guida per le decisioni a livello di politica agricola che possono essere prese in agricoltura.

La valutazione degli aspetti ambientali può essere effettuata attraverso una analisi di tipo LCA (Life Cycle Assessment), che è un metodo oggettivo di valutazione e quantificazione dei carichi energetici ed ambientali e degli impatti potenziali associati ad un prodotto/processo/attività lungo l'intero ciclo di vita, dall'acquisizione delle materie prime fino al fine vita ("dalla Culla alla Tomba"). La rilevanza di tale tecnica risiede principalmente nel suo approccio innovativo, che consiste nel valutare tutte le fasi di un processo produttivo come correlate e dipendenti (Baldo *et al.*, 2008).

Analisi LCA

È noto che l'analisi LCA, essendo un "metodo globale", viene impiegato spesso per la quantificazione degli impatti su ampia scala, ma è stato utilizzato solo sporadicamente per valutazioni più specifiche o locali.

Considerando l'intero ciclo di vita di un prodotto agro-industriale, attraverso l'analisi LCA è possibile fornire una valutazione ragionata degli impatti determinati dalla sola fase del ciclo rappresentata dall'attività agricola (Brentrup, 2004). Un caso interessante è rappresentato dal ciclo della pasta di frumento duro.

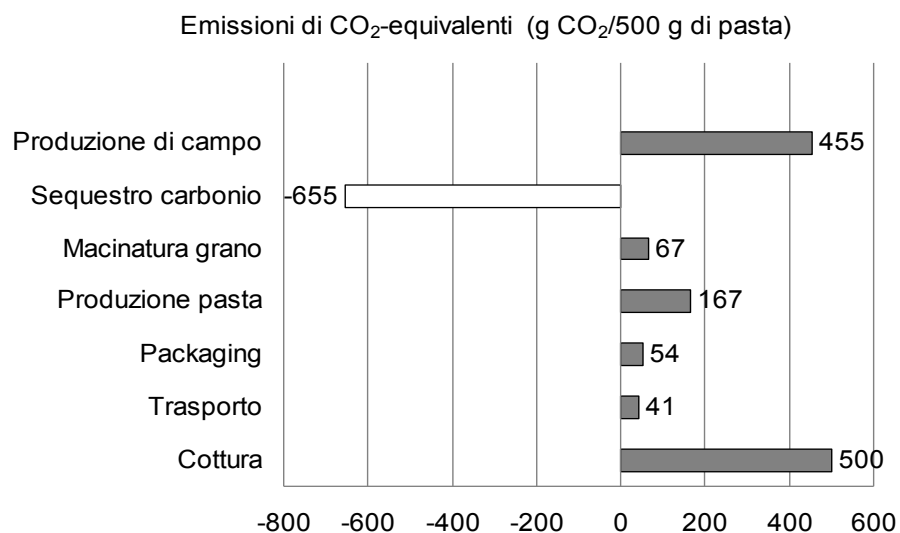


Figura 1. Emissioni di CO₂ equivalente calcolate tramite lo sviluppo dell'analisi LCA della pasta di frumento duro. Gli istogrammi di destra indicano gli impatti ambientali del ciclo di vita calcolati in emissioni di grammi di CO₂ equivalente per 500 grammi di pasta, relativamente alle varie fasi (produzione di campo, macinatura, ecc.). L'istogramma di sinistra indica la sottrazione del carbonio dall'atmosfera attraverso l'organizzazione dello stesso nelle paglie, granella e radici. (Fonte: Environmental product declaration of Durum wheat semolina dried pasta produced in Italy, in paperboard box; S-EP-00039; 19/08/2009).

L'analisi LCA sulla pasta ha evidenziato che le pratiche agronomiche rappresentano, assieme alla cottura, due fasi tra le più importanti in termini di impatto ambientale (Figura 1). Nel dettaglio, gli impatti più rilevanti connessi con l'attività di coltivazione sono dovuti all'utilizzo di fertilizzanti azotati e alle operazioni meccaniche, in particolare alle lavorazioni del terreno (Ruini *et al.*, 2010).

Nel grafico di figura 1 sono riportati gli impatti calcolati in emissioni di grammi di CO₂ equivalente. Oltre a questo parametro, vengono principalmente utilizzati gli indicatori per la valutazione ambientale di seguito descritti.

Carbon Footprint o Impronta del Carbonio o Potenziale di riscaldamento globale (GWP): raffigura l'ammontare totale di emissioni gassose ad effetto serra o GHG (GreenHouse Gases) generate da un determinato processo. Tra i GHG sono comprese quelle sostanze presenti in atmosfera, naturali e di natura antropica, che sono trasparenti alla radiazione solare in entrata sulla Terra ma capaci di trattenere, in maniera consistente, la radiazione infrarossa emessa

dalla superficie terrestre, dall'atmosfera e dalle nuvole. I gas serra sono prodotti direttamente o indirettamente per supportare le attività umane. Generalmente sono espressi in massa di CO₂ equivalente, ottenuta equiparando alla CO₂ tutti i gas immessi in atmosfera in termini di effetti di riscaldamento della Terra, secondo tabelle di conversione definite dall'IPCC (International Panel on Climate Change) (Tabella 1).

Tabella 1. Alcuni fattori di equivalenza definiti dall'IPCC.

Sostanze	Fattore di equivalenza
CO ₂	1
N ₂ O	298
CH ₄	25

Il calcolo dell'impronta di carbonio è ben conosciuta anche in campo agronomico dove rappresenta uno degli indicatori più utilizzati; di norma il contributo più grande sul potenziale di riscaldamento globale associato alla produzione di un prodotto agricolo deriva dai fertilizzanti azotati impiegati (sia per la loro produzione che per il rilascio di protossido di azoto nella fase di utilizzo) e dalle operazioni agricole (consumi combustibili) (Benedusi, 2008).

Ecological Footprint o impronta Ecologica (EF): misura l'area biologicamente produttiva necessaria per rigenerare le risorse consumate e per assorbire i rifiuti prodotti da un popolazione umana o da una singola attività antropica. Utilizzando l'impronta ecologica, è possibile stimare quanti "pianeta Terra" servirebbero per sostenere l'umanità, qualora tutti vivessero secondo un determinato stile di vita (Ewing *et al.*, 2008).

Il Global Footprint Network ha elaborato il metodo denominato "Ecological Footprint Accounting" (EFA) attraverso il quale è possibile calcolare l'EF come sommatoria di 6 contributi:

- energy land, che rappresenta il territorio necessario ad assorbire la CO₂ generata dal sistema;
- il forest land, territorio necessario alla produzione del legname;
- il built-up land, territorio dove vengono posizionate le infrastrutture;
- il crop land, territorio destinato all'agricoltura;
- il fishing ground, territorio necessario alla pesca;
- il grazing land, territorio necessario per il pascolo.

Attraverso specifici fattori di equivalenza, i differenti tipi di territorio vengono tradotti in Global Ettari (gha) l'unità di misura dell'EF; i fattori in oggetto sono riportati nella tabella 2.

Tabella 2. Alcuni fattori di equivalenza usati per il calcolo.

Componente	Unità	Fattore di equivalenza
Energy Land	gha/t CO ₂	0,227
Crop Land	gha/t	2,64
Grazing Land	gha/t	0,5
Forest	gha/t	1,33
Built-up Land	gha/t	2,64
Fish Ground	gha/t	0,40

Mentre i dati LCA sono solitamente riferiti a unità fisica (come la massa dei prodotti), l'indicatore EF è riferito ad un periodo specifico; in altre parole, l'EF mostra come viene sfruttato il suolo per un anno da parte del sistema sotto analisi.

Il calcolo è basato sulla seguente formula:

$$EF [gha/y] = Environmental\ aspect [unit/y] * Conversion\ Factor [ha/unit] * Equivalence\ Factor [gha/ha]$$

dove:

- *EF*: Impronta Ecologica del Sistema; è misurata in termini di superficie “globale”;
- *Environmental aspects*: scambi di energia e di massa fra sistema ed ambiente;
- *Conversion factor*: uso dei terreni dovuto ad aspetti ambientali;
- *Equivalence factor*: fattore per il confronto tra i diversi tipi di terreno.

Water Footprint o impronta dell'Acqua: rappresenta il quantitativo totale di acqua utilizzata da un sistema in termini di volumi consumati (evaporati) e/o inquinati per unità di tempo.

L'85% circa dell'impronta idrica umana è connessa alla produzione agricola (inclusa la produzione zootecnica), il 10% alla produzione industriale e il 5% al consumo domestico. La principale referenza per questa metodologia è il Water Footprint Network, fondata dalla Twente University, UNESCO-IHE Institute for Water Education e il World Business Council for Sustainable Development (Gerbens-Leenes e Hoekstra, 2008).

L'indicatore Water Footprint (WF) è suddiviso in tre componenti:

- *Blue water*: rappresenta il volume di acqua fresca prelevata da risorse naturali (acqua superficiali e profonde) ed utilizzata per produrre beni e servizi o consumati dagli individui e dalle comunità (es. acque per irrigazione o industriali);
- *Green water*: rappresenta il volume di acqua di origine piovana evapotraspirata durante la crescita delle colture (acqua evapotraspirata dal terreno e dalle piante);
- *Grey water*: rappresenta il volume di acqua contaminata associata al sistema analizzato.

Questo indicatore è calcolato come il volume di acqua che è richiesto per diluire gli inquinanti affinché la qualità dell'acqua ritorni accettabile ed entro standard qualitativi.

Un esempio di impiego degli indicatori di sostenibilità ambientale su scala più ampia è ben rappresentato dallo studio realizzato in collaborazione con Barilla G. e R. Fratelli Spa al fine di analizzare e valutare le caratteristiche dei principali sistemi colturali italiani nei quali è coltivato il frumento duro (Ruini *et al.*, 2011). In questo caso è stato realizzato uno studio di tipo multidisciplinare confrontando diversi indicatori: economico, produttivo, agronomico, ambientale e di sicurezza alimentare.

L'obiettivo finale di questo studio è stato quello di identificare (attualmente solo dal punto di vista teorico) dei sistemi agricoli "sostenibili" da poter successivamente validare nei vari territori di produzione nazionali, anche con l'obiettivo di innalzare sia la qualità che la quantità della materia prima. Una volta validati, tali sistemi agricoli dovrebbero essere tradotti in Disciplinari di coltivazione del frumento duro.

Dal punto di vista metodologico sono state prese in considerazione 4 macro-aree: la pianura Lombardo-Veneta, la regione Emilia-Romagna, l'Italia Centrale (Toscana, Marche e Umbria) ed infine l'Italia Meridionale ed insulare (Puglia, Basilicata e Sicilia). Per tutte queste macro-aree sono stati individuati degli avvicendamenti standard, sufficientemente rappresentativi delle rotazioni nelle quali è coltivato il frumento duro in Italia.

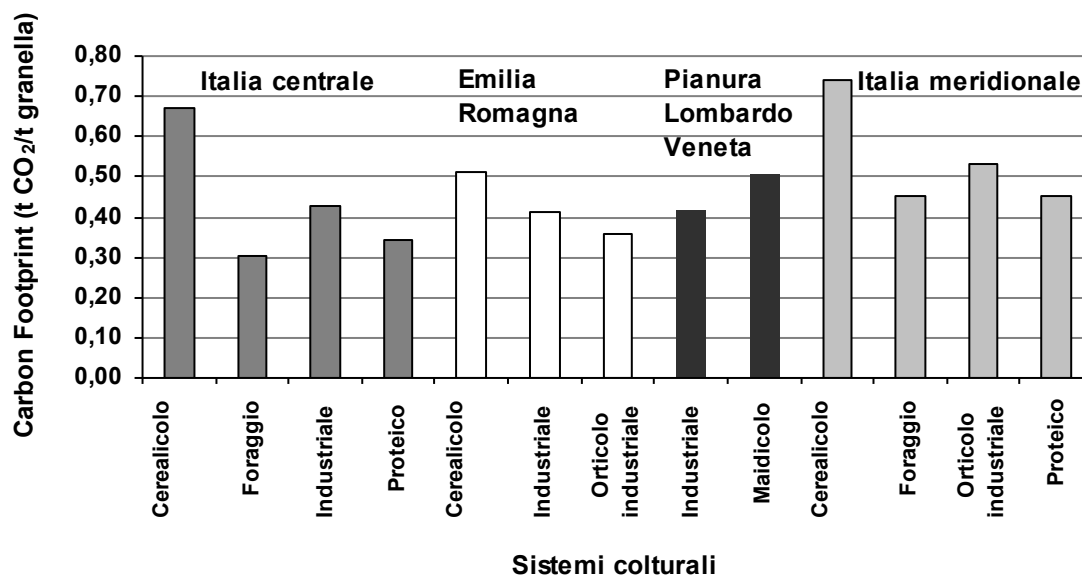


Figura 2. Carbon Footprint del frumento duro nei diversi sistemi culturali analizzati. I valori espressi sono stati calcolati in t di CO₂ equivalente per t di granella prodotta.

Per ogni avvicendamento, e per tutte le colture, sulla base di informazioni ottenute da aziende agricole rappresentative e con un livello di professionalità medio-alto, sono stati valutati i numerosi parametri che sono poi stati utilizzati come base per il calcolo degli indicatori di sintesi dello studio.

Per quanto attiene all'impronta del carbonio (Figura 2), nell'ambito di ciascuna macro-area possiamo osservare un'interessante variabilità: in linea di massima, nei sistemi cerealicoli la tecnica di coltivazione del frumento duro risulta la più impattante in termini di emissioni di gas serra. Questo è in parte spiegato dal fatto che in tali sistemi la coltivazione del frumento duro richiede operazioni colturali molto dispendiose, come l'aratura, eseguita al fine di ridurre il rischio di presenza di micotossine, o le abbondanti concimazioni con azoto, necessarie in quanto i cereali in rotazione (frumento tenero e duro, mais e sorgo da granella) asportano forti quantità dell'elemento e lasciano residui colturali non facilmente degradabili dalla microflora del terreno. Per contro, specialmente ove sono presenti foraggere o colture proteiche nella rotazione, il "costo ambientale" diminuisce sensibilmente. In questi casi l'azoto residuale delle colture della rotazione consente una riduzione degli apporti artificiali del nutriente ed è possibile realizzare tecniche di lavorazione del terreno di tipo conservativo: minimum tillage o semina diretta.

Il peso ambientale del controllo integrato delle erbe infestanti in termini di impronta di carbonio

Come evidenziato nell'introduzione, nell'ambito della tecnica colturale sono soprattutto le componenti della fertilizzazione azotata e delle lavorazioni del terreno che "pesano" maggiormente in termini di emissioni.

Per una prima valutazione dell'impronta del carbonio relativamente alle tecniche di gestione delle erbe infestanti si è fatto riferimento a risultati di prove applicative di campo condotte da Agronomica Srl Consortile nell'ambito del Progetto P.N.R.A. Tema 6 (Metodologie e tecnologie per la riduzione dell'impatto ambientale derivante dall'uso dei fitofarmaci) finanziato dal MIUR nei primi anni del decennio scorso. I risultati di questa attività specifica rappresentano una buona base di partenza per le valutazioni di carattere ambientale basate sul calcolo dell'impronta del carbonio.

Le prove sono state realizzate presso l'Az. Agr. Cà Bosco (Ravenna) nel biennio 2001-2002, secondo uno stesso schema sperimentale ripetuto nei 2 anni su colture di soia, girasole e sorgo da granella con l'obiettivo di confrontare differenti tecniche di controllo delle malerbe attraverso l'utilizzo sia di mezzi chimici che di interventi meccanici.

Per ogni specie nel biennio è stata adottata una tecnica colturale standard.

Le prove sono state impostate secondo lo schema a blocco randomizzato con 4 ripetizioni, con singole parcelle della dimensione di circa 1000 m² ciascuna, in modo da permettere di realizzare su scala aziendale un confronto tra strategie di controllo chimico associato a quello meccanico (IWM, Integrated Weed Management) e altre caratterizzate dall'esclusivo controllo meccanico.

La tabella 3 descrive l'impostazione delle prove che sono state effettuate nel biennio in questione. Come si può notare, per ogni coltura sono state messe a confronto diverse strategie di controllo delle malerbe considerando la possibilità di interventi con erbicidi in pre-emergenza e/o post-emergenza integrando questi trattamenti con operazioni meccaniche finalizzate al controllo delle erbe infestanti. In particolare, al fine di ottenere una maggiore razionalizzazione dell'impiego dei diserbanti, è stato approfondito l'utilizzo localizzato degli erbicidi integrato con interventi meccanici come la fresatura, la rincalzatura e la strigliatura.

Con questo studio si è voluto anche analizzare la fattibilità del passaggio da un controllo integrato, dove il "peso" del mezzo chimico è ancora significativo e importante, a strategie di controllo unicamente basate sul mezzo meccanico, peraltro principale strumento utilizzabile nell'agricoltura biologica.

Tabella 3. Schema di impostazione delle prove nel biennio 2001-2002. Sono indicati gli erbicidi utilizzati nelle varie fasi di coltivazione ed i relativi dosaggi, espressi in kg/ha o l/ha.

Coltura	Tesi	Sigla	Distanza interfila (cm)	Pre-emergenza a pieno campo	Pre-emergenza localizzato	1° Post-emergenza	2° Post-emergenza	Intervento meccanico
Soia	1	PRE + POST	45	Dual VegOil 2 + Afalon 0,7		Overtop 0,6 + Harmony 0,005		Fresatura
	2	POST	45			Twindex 1,5 + Stratos U 2		Fresatura
	3	ALS	45			Dynam 0,08	Dynam 0,06	Fresatura
	4	MECC	45					Fresatura + strigliatura
Girasole	1	PRE LOC	70		Stomp 2 + Patoran 2 (- 60%)			Fresatura
	2	PRE PC	70	Stomp 2 + Patoran 2				Fresatura
	3	POST	70			Challenge 0,5 + Assert 0,7		Fresatura + rincalzatura
	4	MECC	70					Fresatura + rincalzatura
Sorgo da granella	1	PRE + POST	45	Click 50 FL 1 + Ramrod 3		Click 50FL 1 + Fenoxilene 0,4		Fresatura
	2	PRE LOC + POST 2	45		Click 50 FL 1 + Ramrod 3 (-50%)	Click 50FL 1 + Fenoxilene 0,4		Fresatura
	3	PRE LOC + POST 3	45		Ramrod 3 (-50%)	Click 50FL 1 + Fenoxilene 0,4		Fresatura
	4	MECC 1	70					Fresatura + rincalzatura
	5	MECC 2	45					Strigliatura + fresatura

Per il calcolo dell'impronta del carbonio durante tutta la fase di coltivazione così come in ciascuna tesi dedicata al controllo integrato delle erbe infestanti si è proceduto all'attribuzione di un valore di CO₂ equivalente per ogni singola operazione o per operazioni combinate. Il valore in CO₂ equivalente delle operazioni meccaniche è strettamente correlato con il consumo del carburante. Nel caso di operazione combinate, come ad esempio la semina con distribuzione contemporanea del diserbante, una parte delle emissioni è stata attribuita alla semina ed una parte (minima) al controllo delle erbe infestanti. Altre attività meccaniche legate al controllo delle erbe infestanti, come la fresatura e la strigliatura, sono state invece eseguite con passaggi distinti e successivi e pertanto conteggiate separatamente.

Per quanto riguarda i vari mezzi tecnici impiegati (semente, concimi, prodotti fitosanitari) si è proceduto all'attribuzione di un valore di CO₂ equivalente per kg di prodotto. Nel caso del girasole e del sorgo da granella, quando sono stati effettuati interventi con distribuzioni localizzate dei diserbanti si è tenuto conto anche di una riduzione rispetto ai quantitativi applicati a pieno campo rispettivamente del 60% e del 50%.

Risultati e discussione

Sull'intera tecnica colturale adottata nel biennio per le varie specie è stata calcolata l'impronta carbonica suddividendo il valore ottenuto complessivamente tra i vari aspetti della tecnica colturale: lavorazioni del terreno (principali e secondarie), sementi e semina, fertilizzanti e loro distribuzione, gestione delle erbe infestanti, controllo delle malattie e degli insetti, irrigazione, raccolta e trasporto (Figura 3).

Dall'analisi della figura 3 si evince, a ulteriore conferma di quanto precedentemente evidenziato, il notevole "peso" in termini di emissioni della fertilizzazione (ad eccezione della soia per la nota quasi totale autosufficienza azotata derivante dalla simbiosi batterica) e delle lavorazioni. La difesa delle coltivazioni non incide in modo significativo sul conteggio totale delle emissioni.

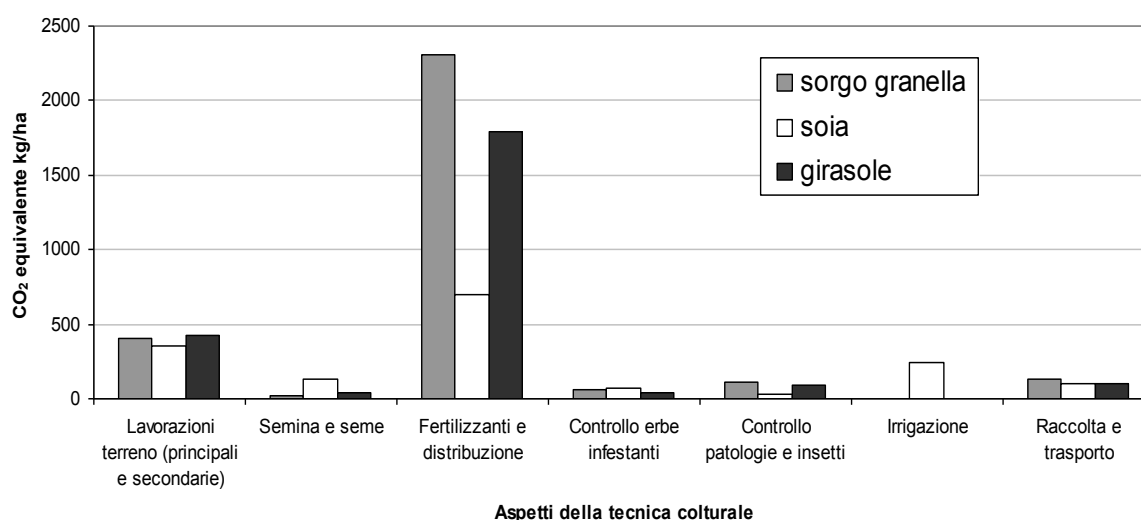


Figura 3. Carbon Footprint espresso in kg/ha di CO₂ equivalente di colture di soia, sorgo da granella e girasole coltivati in pianura padana sud orientale.

Pur tuttavia, una analisi delle varie strategie di IWM a confronto è stata realizzata.

I tre grafici sotto riportati (Figure 4, 5 e 6) illustrano i risultati del calcolo dell'impronta del carbonio di ciascuna tesi e i risultati produttivi ottenuti per le tre colture considerate.

Dalla figura 4, che riporta la media biennale dei valori di resa in granella della soia ed il calcolo dell'impronta del carbonio delle operazioni e mezzi tecnici relativi alla sola gestione della flora infestante, emerge una sostanziale equivalenza sia delle rese in granella che dei valori di emissioni. I valori più contenuti di impronta del carbonio sono quelli relativi alle tesi

del solo intervento in post emergenza + sarchiatura (POST) e del solo controllo meccanico con strigliatura seguita da fresatura (MECC).

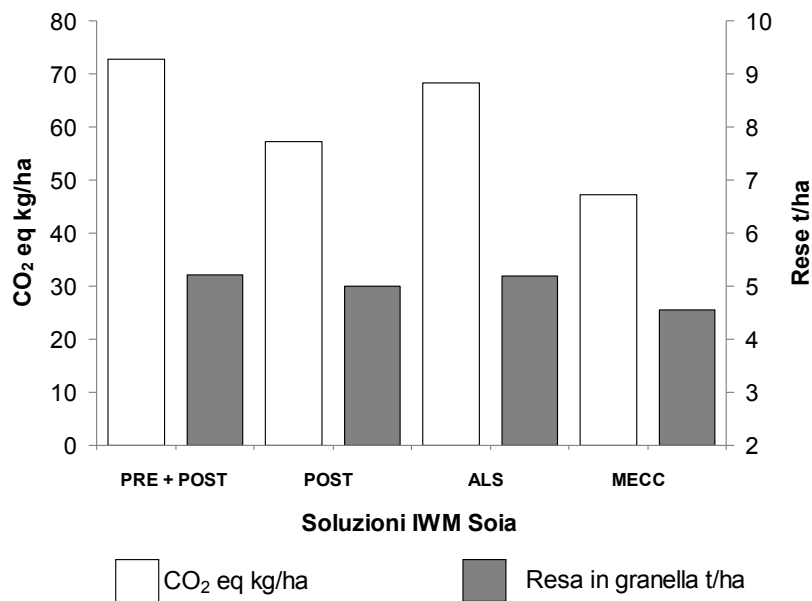


Figura 4. Carbon Footprint espresso in kg/ha di CO₂ equivalente e rese in t/ha in colture di soia in 4 tesi IWM a confronto.

In figura 5 sono rappresentati i risultati del girasole. Dal punto di vista delle “emissioni” la tesi che prevede l’applicazione localizzata degli erbicidi in pre-emergenza seguita dalla sarchiatura e la tesi con sarchiatura abbinata alla rincalzatura senza nessun apporto chimico sono state quelle a minor impatto. Per quanto riguarda le produzioni in granella, la tesi con solo controllo meccanico ha evidenziato nella media del biennio produzioni in granella più contenute.

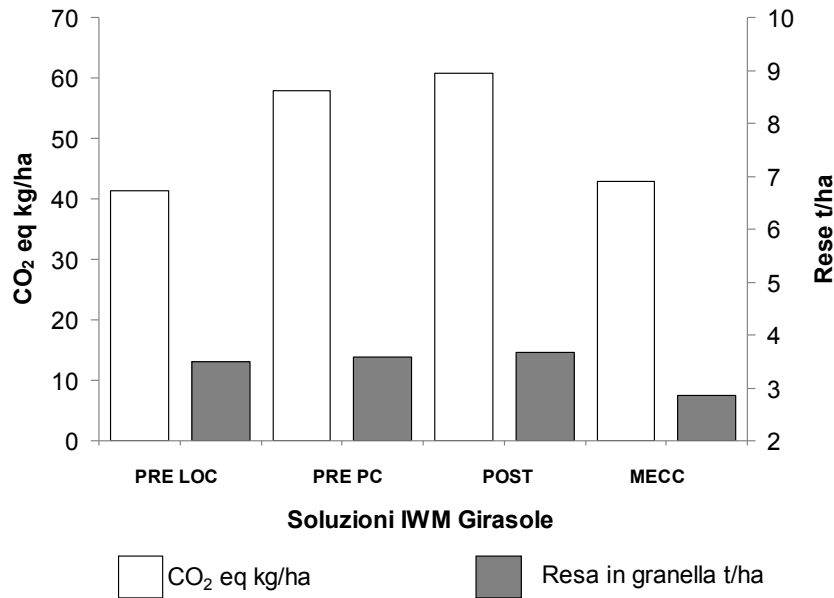


Figura 5. Carbon Footprint espresso in kg/ha di CO₂ equivalente e rese in t/ha in colture di girasole in 4 tesi IWM a confronto.

Infine per quanto attiene al sorgo da granella (Figura 6), dove peraltro sono state valutate, diversamente dalle altre specie, 2 strategie con solo controllo meccanico, le variazioni del livello di emissioni sono state più ampie: da 80 a circa 42 kg di CO₂ per ettaro come valori estremi, rispettivamente per la tesi 1 (PRE + POST) e per la tesi 4 (MECC 1). Quest'ultima considerava anche la semina del sorgo con un'interfila maggiore, per consentire la fresatura interfilare e contemporaneamente la rincalzatura. Anche dal punto di vista produttivo le varie strategie si sono differenziate sensibilmente: i valori più bassi sono stati riscontrati nelle tesi con solo controllo meccanico.

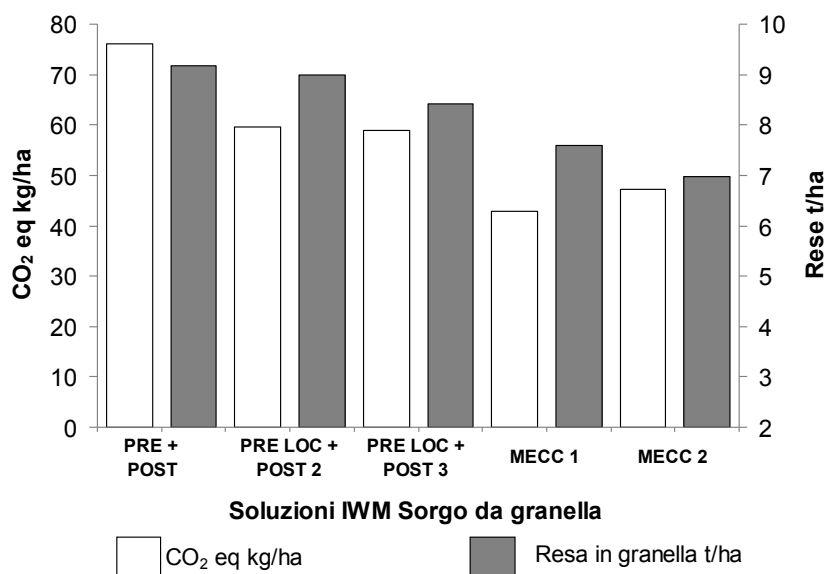


Figura 6. Carbon Footprint espresso in kg/ha di CO₂ equivalente e rese in t/ha in colture di sorgo da granella coltivati in 5 tesi IWM a confronto.

Conclusioni

Dall'analisi complessiva della tecnica di coltivazione è stato osservato che la parte relativa alla difesa dalle erbe infestanti costituisce una componente molto limitata dell'impronta del carbonio delle varie colture considerate, variabile dal 3 al 5% della somma totale in emissioni. Per l'agricoltura integrata le soluzioni di IWM proposte in questo studio (come ad esempio l'impiego localizzato di mezzi chimici abbinati a interventi meccanici aggiuntivi) permettono di raggiungere sia gli obiettivi economici (alta resa in granella) che ambientali (basso impatto ambientale).

Tuttavia, in tutte e tre le colture, nel caso di controllo esclusivamente meccanico la riduzione di emissioni di CO₂ è generalmente modesta rispetto agli interventi caratterizzati dall'uso di mezzi meccanici accoppiati a quelli chimici; inoltre, come si può notare soprattutto nella soia e nel girasole, esistono delle strategie chimiche che presentano dei valori di emissioni di CO₂ del tutto analoghi alle strategie basate solamente sul controllo meccanico.

L'analisi degli impatti ha dimostrato che i maggiori contributi in termini di emissioni non sono rappresentati dalla produzione industriale dei prodotti fitosanitari o dalla loro degradazione nell'ambiente a seguito della somministrazione, ma soprattutto dal numero di passaggi in campo con mezzi agricoli. Ne consegue che ripetuti passaggi negli appezzamenti presentano un impatto ambientale più alto rispetto all'intervento chimico. Ciò deriva dal fatto che maggiori sono gli interventi in campo, maggiore è l'utilizzo di gasolio. È bene inoltre

precisare che l'impiego di prodotti fitosanitari, e quindi erbicidi, corrisponde a quantità molto modeste in termini di emissioni di CO₂ rispetto ai valori che si ottengono quando si valutano le concimazioni azotate.

Bibliografia

Baldo G L, Marino M, Rossi S (2008). *Analisi del ciclo di vita LCA*. 272 pp. Milano: Edizioni Ambiente.

Benedusi L (2006). *Le emissioni inquinanti in atmosfera dal settore agricolo. Amministrazione Provinciale di Piacenza*. Servizio Pianificazione Territoriale e Ambientale.

Brentrup F (2004). Environmental impact assessment of agricultural production systems using the life cycle assessment (LCA) methodology II. The application to N fertilizer use in winter wheat production systems. *European Journal of Agronomy* 20: 265-279.

Ecoinvent (2007). *Life Cycle Inventories of Agricultural Production Systems*. Swiss Centre for Life Cycle Inventories. Disponibile presso www.ecoinvent.ch.

Ewing B, Goldfinger S, Wackernagel M, Stechbart M, Rizk S, Reed A, Kitzes J (2008). *The Ecological Footprint*. Global Footprint Network.

Gerbens-Leenes PW, Hoekstra AY (2008). *Business water footprint accounting: a tool to assess how production of goods and services impacts on freshwater resources world-wide*. Research Report Series 27, UNESCO IHE.

Global Footprint Network (2006). *Ecological Footprint Standards 2006*. Disponibile presso www.footprintstandards.org.

ISO 14040 (2006). *Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework*.

ISO 14044 (2006). *Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines*.

Life Cycle Inventories of Agricultural Production Systems Data v2.0 (2007). Thomas Nemecek and Thomas Kägi Agroscope Reckenholz-Tänikon Research Station ART Ecoinvent report 15. Zürich and Dübendorf.

Meriggi P, Poggiolini S, Vicari A. (2007). Valutazione della qualità delle acque di drenaggio in sistemi agricoli sostenibili. *Atti Convegno SIRFI "Uso sostenibile degli agrofarmaci: la nuova direttiva comunitaria, problematiche applicative e ruolo della ricerca"*, Bolgona, pp 159-169.

Nemecek T, GL-Pro partners (2006). *Environmental impact of GL in regional crop rotations*. Disponibile presso www.grainlegumes.com.

PAS 2050:2008 (2008): Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services" BSI (British Standard Institution).

Ruini L, Cabrini P, Ranieri R, Meriggi P, Boeri F, Montani M (2010). Economic, Agronomic and Environmental integrated analysis of Durum wheat cultivation cropping systems. *7th International Conference on Life Cycle Assessment in the Agri-Food Sector*, Bari.

Ruini L, Ferrari E, Meriggi P, Marino M, Boeri F, Ruggeri M (2011). Sostenibilità dei sistemi colturali con frumento duro. *Filiera Grano duro news* 18: 3-5.

WWF (2008). *Global Footprint Network, Zoological Society of London, "Living Planet Report 2008"*.

INDICE DEGLI AUTORI

BARNABÈ D.....	139	MAZZINI F.....	1
BOERI F.	155	MERIGGI P.	41, 155
CAMPAGNA G.....	41	OTTO S.....	117
FERRERO A.....	19	RAPPARINI G.....	41
GALASSI T.	1	RUGGERI M.	155
LAZZARIN C.....	139	SATTIN M.....	103
MARINO M.....	155	VIDOTTO F.....	117
MASIN R.	117	ZANIN G.	19