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

atti

Uso sostenibile degli agrofarmaci: la nuova direttiva comunitaria, problematiche applicative e ruolo della ricerca

BOLOGNA, 5 APRILE 2007

Convegno organizzato in collaborazione con le "Giornate Fitopatologiche"

Citazione suggerita:
Ferrero A, Saglia AA, Vidotto F, editors 2007. Atti del XVI convegno S.I.R.F.I. “Uso sostenibile degli agrofarmaci: la nuova direttiva comunitaria, problematiche applicative e ruolo della ricerca”, 5 aprile 2007, Bologna, Italy. 176 p.

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

ISBN 978-88-95616-00-1
ISBN editor: SIRFI

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

atti

Uso sostenibile degli agrofarmaci: la nuova direttiva comunitaria, problematiche applicative e ruolo della ricerca

a cura di

ALDO FERRERO, ANNA ANGELA SAGLIA e FRANCESCO VIDOTTO

BOLOGNA, 5 APRILE 2007

Convegno organizzato in collaborazione con le "Giornate Fitopatologiche"

L'Unione Europea sta predisponendo una direttiva volta a contenere l'impatto degli agrofarmaci sulla salute umana e sull'ambiente mediante un loro uso più sostenibile. Si tratta di una serie di provvedimenti finalizzati al potenziamento del monitoraggio e della ricerca, all'informazione e formazione degli utilizzatori nonché alla definizione di interventi specifici sull'uso di questi prodotti. Alcune di queste misure potranno avere significativi riflessi sul piano pratico. Le limitazioni imposte all'impiego degli agrofarmaci negli ambienti sensibili (corsi d'acqua e riserve idriche) e nelle aree destinate alla fruizione pubblica, o l'obbligo di un miglior controllo delle attrezzature per la loro distribuzione richiederanno sicuramente un nuovo approccio nell'uso di queste sostanze. Nella protezione delle colture sarà sempre più necessario ricorrere ad una combinazione di strumenti basati sulla valorizzazione di misure preventive, di previsione, diagnosi e sulla selezione dei vari mezzi di lotta meccanici e chimici.

Questo convegno, organizzato dalla SIRFI (Società Italiana per la Ricerca sulla Flora Infestante) in collaborazione con le Giornate Fitopatologiche, si rivolge ai vari studiosi, tecnici, e operatori pubblici coinvolti nella gestione della difesa delle piante, per una riflessione comune sulle strategie più idonee a raggiungere gli obiettivi previsti dalla direttiva comunitaria sull'uso sostenibile degli agrofarmaci, in un'ottica di valorizzazione della qualità e salubrità delle produzioni, di protezione dell'ambiente e di salvaguardia dell'economia gestionale.

ATTI DEL XVI CONVEGNO S.I.R.F.I.
"Uso sostenibile degli agrofarmaci: la nuova direttiva comunitaria, problematiche applicative e ruolo della ricerca"
Bologna, 5 aprile 2007

INDICE

La strategia comunitaria sui pesticidi e la proposta di direttiva sull'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari
Zaghi C., Caffarelli V. 1

Direttiva sull'uso sostenibile dei pesticidi: possibili ripercussioni sull'organizzazione dell'attività fitosanitaria a carattere regionale
Galassi T.,Mazzini F., Saglia A.A. 11

Il punto di vista dei produttori agricoli sull'uso sostenibile degli agrofarmaci
Pasti M.A. 23

Il ruolo dell'industria nell'uso sostenibile degli agrofarmaci
Rosso M. 29

Le strategie nella gestione sostenibile degli agrofarmaci: gli erbicidi
Covarelli G. 35

Le strategie nella gestione sostenibile degli agrofarmaci: i fungicidi
Faretra F. 55

Le strategie nella gestione sostenibile degli agrofarmaci: gli insetticidi
Cravedi P. 65

Il ruolo della gestione agronomica nella lotta alle malerbe
Masin R., Otto S., Zanin G. 73

La distribuzione degli agrofarmaci alla luce della nuova Direttiva Europea
Balsari P. 91

La direttiva e la gestione delle aree extra-agricole
Miravalle R., Barbariol G., Mancusi E. 103

Risposta delle comunità di malerbe in sistemi colturali erbacei a diversi livelli di input energetico
Ferrero A., Vidotto F., Saglia A.A. 121

Studi di lungo periodo sull'inquinamento diffuso da diserbanti
Vicari A., Catizone P. 145

Valutazione della qualita' delle acque di drenaggio in sistemi agricoli sostenibili
Meriggi P., Poggiolini S., Vicari A. 159

La contaminazione da terbutilazina nei campi pozzi della piana di lucca: aspetti agronomici e sanitari
Silvestri N., Piccioni E., Sabbatini T., Tozzini C. 171

Indice degli autori 177

LA STRATEGIA COMUNITARIA SUI PESTICIDI E LA PROPOSTA DI DIRETTIVA SULL'USO SOSTENIBILE DEI PRODOTTI FITOSANITARI

ZAGHI C.[1], CAFFARELLI V.[2]

[1]*Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare*
Direzione generale per la salvaguardia ambientale
E-mail: Zaghi.Carlo@minambiente.it
[2]*ENEA Dip. BAS (Biotecnologie, Agroindustria e protezione della Salute)*
Sezione: SIC (Sicurezza Alimentare Sanitaria e Ambientale)
E-mail: vincenzo.caffarelli@casaccia.enea.it

Riassunto
L'uso dei prodotti fitosanitari comporta significativi vantaggi economici, tuttavia la maggior parte di essi presenta delle proprietà che li rende pericolosi per la salute dell'uomo e l'ambiente. Nonostante le restrizioni poste dalla attuale normativa, la percentuale di campioni di prodotti agricoli nei quali i residui di prodotti fitosanitari risultano al di sopra dei limiti ammessi rimane intorno al 5%. Inoltre certi prodotti fitosanitari sono frequentemente trovati nelle acque a concentrazioni al di sopra dei limiti. Il quadro legislativo comunitario si concentra soprattutto sulla fase iniziale e finale del ciclo di vita di questi prodotti, mentre appare carente per quanto riguarda la fase di utilizzo. Il 6° programma comunitario di azione in materia di ambiente adottato dal Parlamento europeo e dal Consiglio, propone lo sviluppo di una "strategia tematica mirata ad un uso sostenibile dei pesticidi". Viene descritto il nuovo quadro legislativo delineato dalla strategia tematica.

Parole chiave
Prodotti fitosanitari; Sviluppo sostenibile; Agricoltura.

Summary

The EU strategy on pesticides and the Directive proposal on sustainable use of pesticides

There are significant economic benefits associated with the use of Plant Protection Products (PPPs), nevertheless most of them have properties that make them a hazard to health and the environment. Despite the existing restrictions, pesticide residues still exceed maximum legal limits in around 5% of of tested food samples. In addition, certain pesticides are commonly found in the aquatic environment at concentrations above the legal limit. The EU legislative framework mainly concentrates on the start and end of the life-cycle of PPPs, but scarcely addresses the actual use-phase. The 6th environmental action programme adopted by the European Parliament and Council proposes the development of a strategy aimed at the sustainable use of pesticides. The new legislative framework outlined by the strategy is described.

Keywords
Pesticides; Sustainable development; Agricolture.

L'uso dei prodotti fitosanitari comporta significativi vantaggi economici, tuttavia la maggior parte di essi presenta delle proprietà che li rende pericolosi per la salute dell'uomo e l'ambiente. Nonostante le restrizioni poste dalla attuale normativa, la percentuale di campioni di prodotti agricoli nei quali i residui di prodotti fitosanitari risultano al di sopra dei limiti ammessi rimane intorno al 5%. Inoltre certi pesticidi sono frequentemente trovati nelle acque a concentrazioni al di sopra dei limiti. Il quadro legislativo comunitario si concentra soprattutto sulla fase iniziale e finale del ciclo di vita di questi prodotti, mentre appare carente per quanto riguarda la fase di utilizzo.

Considerando l'uso dei prodotti fitosanitari, negli Stati membri vi sono realtà molto differenti, riconducibili all'eterogeneità dei sistemi agricoli e alle differenti condizioni climatiche, con conseguenti diverse esigenze in termini di protezione delle piante, ma anche al livello di impegno per la riduzione dell'uso e dei rischi connessi ai prodotti fitosanitari. Ciò è all'origine della disparità di condizioni per gli utilizzatori e le aziende operanti nel settore e della mancanza di un livello uniforme di tutela della salute dell'uomo o dell'ambiente all'interno della Comunità.

Il sesto programma comunitario di azione in materia di ambiente (2002-2012) adottato con decisione n.1660/2002/CE, del Parlamento europeo e del Consiglio individua le aree prioritarie di intervento e definisce i problemi, gli obiettivi e le azioni da intraprendere. In particolare viene sottolineata la necessità di ridurre ulteriormente l'impatto dei prodotti fitosanitari sulla salute umana e sull'ambiente attraverso misure finalizzate a promuoverne un uso più sostenibile.

A questo scopo il sesto programma comunitario di azione in materia di ambiente propone le seguenti azioni prioritarie:

- la piena attuazione dell'attuale quadro normativo e il riesame della sua efficacia
- l'elaborazione di una strategia tematica per l'uso sostenibile dei pesticidi

La Strategia tematica sull'uso sostenibile dei pesticidi

Considerato che non sono ancora disponibili sufficienti informazioni sull'applicazione della direttiva sull'immissione in commercio dei biocidi, la strategia comunitaria sui pesticidi prende in considerazione soltanto i prodotti fitosanitari.

Gli strumenti legislativi più rilevanti che regolano questo settore sono la Direttiva 91/414/CE sull'immissione in commercio dei prodotti fitosanitari che prevede una approfondita valutazione dei rischi prima dell'autorizzazione, ed il Regolamento 396/2005/CE sui livelli massimi di residui di sostanza attiva negli alimenti finalizzato alla prevenzione dei rischi per i consumatori. La normativa risulta invece carente per la parte relativa alla fase intermedia vale a dire ai rischi associati alla fase di utilizzo dei prodotti fitosanitari.

La strategia tematica adottata dalla Commissione europea, COM(2006) 372, sull'uso sostenibile dei pesticidi, propone misure finalizzate a colmare le lacune nella legislazione relativa alla fase di utilizzo dei prodotti e a creare un contesto di politiche coerenti ed omogenee.

Essa è stata accompagnata da una ampia consultazione che ha coinvolto il Parlamento europeo, il Comitato economico, il Comitato delle regioni, le organizzazioni industriali, le organizzazioni dei consumatori e degli agricoltori e il pubblico in generale. Inoltre è stata prodotta una valutazione di impatto delle misure proposte nella strategia che ha preso in considerazione gli impatti sociali, economici, ambientali e sulla salute[1].

Obiettivi della strategia tematica sono:

- Minimizzare i pericoli e i rischi per la salute e l'ambiente derivanti dall'impiego dei pesticidi;
- Migliorare i controlli sull'utilizzo e sulla distribuzione dei pesticidi;
- Ridurre i livelli di sostanze attive nocive anche mediante la sostituzione di quelle più pericolose con alternative più sicure, incluse le alternative non chimiche;
- Incentivare l'utilizzo di coltivazioni con un impiego ridotto o nullo di prodotti fitosanitari, fra l'altro mediante una maggiore sensibilizzazione degli utilizzatori, promuovendo l'uso di codici di buone pratiche e l'esame dell'eventuale applicazione di strumenti finanziari;
- Pervenire a un sistema trasparente di segnalazione e controllo dei progressi compiuti nel conseguimento degli obiettivi strategici, compreso lo sviluppo di indicatori appropriati.

Nella strategia tematica vengono presentate le varie misure individuali per il raggiungimento di tali obiettivi. Queste, secondo un approccio globale, sono adottate sia integrandole negli

1: tutta la documentazione relativa alla strategia tematica è disponibile al sito http://ec.europa.eu/environment/ppps/1st_step_com.htm

strumenti legislativi esistenti sia, quando questo non è possibile, attraverso la proposta di nuova legislazione.

La proposta di Direttiva sull'uso sostenibile dei pesticidi

La proposta di Direttiva COM(2006) 373 sull'uso sostenibile dei pesticidi presentata dalla Commissione nel Luglio 2006 è finalizzata a dare attuazione alle parti della strategia tematica che comportano l'adozione di una nuova normativa. Di seguito vengono riportate alcune delle misure proposte:

- Ogni Stato membro dovrà elaborare un Piano di Azione Nazionale (PAN) "per definire gli obiettivi, le misure e i tempi per la riduzione dei rischi, dei pericoli e della dipendenza dai prodotti fitosanitari". Tali piani hanno lo scopo di implementare gli obiettivi della strategia tematica stabilendo traguardi e scadenze a partire dalle specifiche condizioni nazionali. Alla elaborazione dei PAN partecipano tutti i soggetti interessati alla sua definizione ed attuazione;
- Creazione di un sistema di formazione e sensibilizzazione per i distributori e gli utilizzatori professionali dei prodotti fitosanitari al fine di una piena consapevolezza dei pericoli e dei rischi connessi al loro uso. Presso i distributori dovrà essere presente una persona in grado di dare informazioni sui prodotti classificati come tossici o molto tossici. La direttiva elenca nell'Allegato1 gli argomenti che dovranno essere trattati nei corsi di formazione;
- L'informazione dovrà interessare anche gli utilizzatori non professionali ed in genere il pubblico più vasto attraverso campagne di divulgazione e sensibilizzazione;
- Gli Stati membri devono istituire un sistema di ispezione e manutenzione periodica delle attrezzature per l'applicazione dei prodotti fitosanitari. Per garantire livelli adeguati ed analoghi dei controlli nei diversi Stati membri la Direttiva riporta nell'Allegato 2 gli elementi relativi ai dispositivi e alle funzionalità da sottoporre a controllo;
- Divieto di ricorrere all'irrorazione aerea per evitare effetti sulla salute umana e l'ambiente che possono derivare dalla dispersione dei prodotti irrorati. Le deroghe possono essere accordate solo a specifiche condizioni;
- Gli Stati membri devono garantire che sia prestata particolare attenzione alla prevenzione dell'inquinamento delle acque di falda e superficiali, provvedendo a

creare zone di rispetto e limitando il più possibile la dispersione aerea in prossimità dei corsi d'acqua superficiali;

- Designazione di aree a uso ridotto o nullo di prodotti fitosanitari (parchi, aree protette ecc.) per garantire la tutela di gruppi di popolazione vulnerabili e in linea con altre normative come la Direttiva quadro sulle acque 2000/60/CE;
- Adozione di norme per limitare le fonti di inquinamento puntuali durante le fasi di stoccaggio, trattamento della miscela antiparassitaria che rimane nel serbatoio dopo l'applicazione, pulizia delle attrezzature ecc., e per limitare l'esposizione dell'operatore durante le fasi di preparazione e manipolazione della miscela antiparassitaria;
- Dovranno essere elaborate a livello comunitario norme generali di difesa integrata delle colture. Gli Stati membri dovranno adottare le misure necessarie per garantire "un utilizzo più eco-compatibile di tutti i mezzi disponibili per la protezione delle colture, privilegiando, ove possibile, le alternative a basso rischio, e secondariamente i prodotti che esercitano un impatto minimo sulla salute umana e sull'ambiente". Gli Stati membri dovranno provvedere affinché gli utilizzatori professionali applichino le norme generali di difesa integrata entro il 1° Gennaio 2014;
- Dovranno essere approvati indicatori di rischio armonizzati a livello comunitario per registrare i progressi nella riduzione del rischio derivante dall'uso dei prodotti fitosanitari a seguito dell'applicazione della strategia tematica. Per il calcolo degli indicatori gli Stati membri utilizzeranno i dati statistici provenienti dalla raccolta e rendicontazione obbligatoria dei dati sull'immissione in commercio e l'utilizzo dei prodotti fitosanitari (Proposta di Regolamento COM (2006) 778).

Altre misure della Strategia tematica integrate o da integrare in altri strumenti legislativi

- Le misure per il rafforzamento del sistema di monitoraggio sulla immissione in commercio e l'uso dei prodotti fitosanitari che saranno utilizzati per il calcolo degli indicatori di rischio sono contenute nella proposta di Regolamento COM (2006) 778 concernente le statistiche sui prodotti fitosanitari;
- Nella Strategia tematica una via di riduzione del rischio da perseguire è la "sostituzione" di un prodotto fitosanitario con un altro più sicuro per la salute umana e

l'ambiente o con una alternativa non chimica, a seguito di un processo di "comparazione". Tale principio può essere implementato a diversi livelli: a livello comunitario di autorizzazione delle sostanze attive, a livello di autorizzazione nazionale dei prodotti, a livello di scelta dell'utilizzatore fra diversi prodotti di analoga efficacia. La proposta di Regolamento per l'immissione in commercio dei prodotti fitosanitari prevede che certe sostanze seppure autorizzate siano individuate come "candidate alla sostituzione" sulla base di determinati criteri di tossicità e rischio. Successivamente, a livello nazionale, quando viene richiesta la registrazione di prodotti contenenti una sostanza candidata alla sostituzione, nel caso che per la stessa tipologia di impiego risultino già autorizzati altri prodotti più sicuri o altri sistemi di controllo non chimico, l'autorizzazione potrà essere negata. Nel Regolamento sono delineati i criteri su cui basare la comparazione e le condizioni in cui si può derogare dal principio di sostituzione;

- Nell'ambito del Regolamento 396/2005/CE sui livelli massimi di residui dei prodotti fitosanitari negli alimenti le attività di monitoraggio e controllo potranno essere rafforzate;
- Le misure di monitoraggio delle concentrazioni di fitofarmaci nelle matrici ambientali specie nelle acque superficiali e di falda andranno rafforzate possibilmente integrandole con quelle previste nella Direttiva quadro sulle acque 2000/60/CE;
- La promozione di attività di ricerca su certi effetti dei pesticidi, non ancora indagati come ad esempio quelli derivanti dalle sostanze che interferiscono con il sistema endocrino (endocrine disruptors) o dall'esposizione contemporanea a più sostanze attive potranno essere allocata all'interno di progetti europei;
- E' in corso di elaborazione una proposta di Direttiva che riguarderà l'immissione in commercio delle macchine per l'applicazione dei prodotti fitosanitari che stabilirà gli standard da rispettare per la protezione dell'ambiente e la salute dell'uomo.

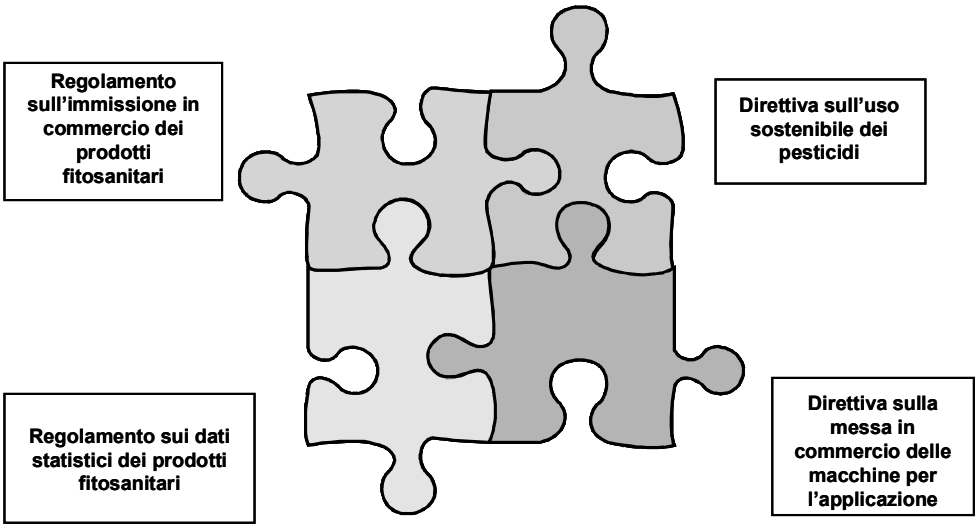


Figura 1. La strategia tematica si configura come un approccio che utilizza in modo integrato diversi strumenti legislativi.

In definitiva la Strategia tematica sull'uso sostenibile dei pesticidi si configura come un approccio olistico che utilizza in modo integrato diversi strumenti legislativi (nella Fig.1 sono rappresentate le parti più rilevanti della strategia).

I piani di azione nazionali

L'elaborazione dei piani di azione nazionali sono da considerarsi come la base progettuale su cui costruire la strategia tematica. In alcuni Stati membri sono già presenti esperienze di adozione di piani nazionali mirati a ridurre i rischi derivanti dall'uso dei prodotti fitosanitari. Altri come l'Italia hanno accumulato un'esperienza sul campo per diversi degli aspetti trattati nella strategia. Per fare solo qualche esempio: le esperienze in ambito regionale di difesa integrata, coordinate attraverso il Comitato nazionale di difesa integrata del MiPAAF che ha il compito di emanare le linee guida nazionali per la difesa integrata, quale riferimento per la redazione delle relative norme tecniche regionali, nell'ambito delle azioni promosse e finanziate dai Piani di Sviluppo Rurale (Regolamento 1257/99/CE); oppure le attività di formazione degli utilizzatori di prodotti fitosanitari e dei distributiori; il programma del MiPAAF relativo alle attività di controllo e taratura delle macchine per la difesa delle colture al quale sta lavorando un gruppo di lavoro coordinato dall'ENAMA con l'intento di individuare linee guida comuni tra le Regioni. Esiste un corpo di misure legislative nazionali

e regionali che regolamentano alcuni dei punti toccati dalla strategia tematica. Altre iniziative più o meno direttamente collegabili alla strategia tematica sono in atto. Per quanto riguarda la regolamentazione della produzione integrata sono state avviate due iniziative: una in forma di norma tecnica volontaria proposta dall'UNI, l'altra come proposta di decreto ministeriale del MiPAAF. Tuttavia la situazione nelle diverse regioni risulta molto diversificata per quanto riguarda l'insieme e il coordinamento delle azioni intraprese per un uso più razionale e sicuro dei prodotti fitosanitari. L'adozione di un piano di azione nazionale viene quindi a costituire lo strumento per un adeguamento complessivo del sistema agricolo nazionale agli standard configurati dalla strategia tematica. Sono attese ricadute positive sul sistema produttivo, sulla protezione della salute degli agricoltori e sull'ambiente.

Il Ministero dell'Ambiente ha istituito un tavolo tecnico di consultazione istituzionale che sarà di volta in volta allargato agli altri soggetti interessati, con l'obiettivo di raccogliere informazioni sulle diverse esperienze in atto e discutere misure, obiettivi, risorse, tempi del piano di azione. Da questa iniziativa si attende un contributo fondamentale di conoscenze e proposte.
Va sottolineato che una condizione indispensabile per la costruzione del Piano di azione e della sua successiva realizzazione è la cooperazione dei soggetti interessati.

L'esame della proposta di Direttiva sull'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari è attualmente in corso di svolgimento presso il Gruppo "Questioni agricole (Pesticidi/prodotti fitosanitari)" del Consiglio con la partecipazione congiunta del Consiglio Ambiente e del Consiglio Agricoltura.
Presso il Gruppo "Questioni agricole (Pesticidi/prodotti fitosanitari)" del Consiglio è avviato parallelamente l'esame del Regolamento sull'immissione in commercio dei prodotti fitosanitari.

Nell'allegato vengono riportati alcuni dei possibili elementi da considerare per l'elaborazione dei Piani nazionali.

ALLEGATO

Possibili elementi per un Piano di Azione Nazionale sull'Uso Sostenibile dei Prodotti Fitosanitari

in riferimento alla

"Strategia Tematica della Commissione Europea per l'uso sostenibile dei pesticidi"

Informazione pubblica

- Procedure per dare al pubblico effettive opportunità di partecipare allo sviluppo, all'attuazione ed al monitoraggio del Piano di Azione Nazionale e di ogni sua revisione;
- Campagne di sensibilizzazione per informare l'opinione pubblica e gli utilizzatori non-professionali sul pericolo ed il rischio associato all'uso dei Prodotti Fitosanitari.

Formazione per uso agricolo ed extra-agricolo

- Formazione per i venditori, gli assistenti e gli utilizzatori professionali e possibili sistemi di certificazione.

Buone pratiche d'uso dei Prodotti Fitosanitari

- Controlli regolari dei macchinari dedicati all'applicazione dei Prodotti Fitosanitari;
- Raccolta dei contenitori vuoti dei Prodotti Fitosanitari o di quelli obsoleti;
- Sistemi e procedure sicure per lo stoccaggio, la manipolazione e la miscelazione dei Prodotti Fitosanitari e il lavaggio dei macchinari.

Tutela risorse idriche e monitoraggio

- Misure di protezione dell'ambiente acquatico dall'inquinamento derivante dall'uso dei Prodotti Fitosanitari;
- Monitoraggio della presenza dei pesticidi e loro metaboliti nei comparti ambientali, in particolare nelle acque.

Tutela aree sensibili

- Designazione di aree ad uso ridotto o nullo di Prodotti Fitosanitari, in particolare di aree utilizzate dalla popolazione in generale o dai bambini, o connesse con Natura 2000.

Adozione di misure specifiche mirate alla riduzione del rischio e del pericolo derivante dall'uso dei Prodotti Fitosanitari

- Individuazione di specifici obiettivi per la riduzione del pericolo e del rischio. Gli Stati membri possono identificare colture, azioni o sostanze attive antiparassitarie prioritarie per le quali i trend di rischio siano allarmanti e possono stabilire obiettivi di riduzione del rischio;
- Definizione delle condizioni necessarie per l'applicazione dei criteri generali della Difesa Integrata da parte degli agricoltori che diverrà obbligatoria a partire dal 2014. Promozione di metodi agricoli a basso impatto di uso di Prodotti Fitosanitari come, ad esempio, l'agricoltura biologica;
- Organizzazione di sistemi efficaci per provvedere ad una assistenza indipendente ed obiettiva agli utilizzatori professionali e non, sui sistemi più appropriati per il controllo degli organismi dannosi;
- Promozione di attività di ricerca per ridurre il rischio associato all'uso dei Prodotti Fitosanitari, compreso in particolare lo sviluppo e l'uso di alternative non chimiche a minore impatto sull'ambiente;
- Misure specifiche per una generale abolizione dell'applicazione dei Prodotti Fitosanitari con mezzi aerei e possibili deroghe.

Controllo e Monitoraggio

- Sistemi di verifica rivolta agli utilizzatori professionali per constatarne la conformità delle azioni rispetto alle disposizioni previste dalle normative riguardanti i pesticidi;
- Monitoraggio e registrazione di casi di avvelenamento da pesticidi che coinvolgano gli utilizzatori, i residenti, gli astanti, i consumatori;
- Sistemi di raccolta dei dati sulla distribuzione e l'uso dei Prodotti Fitosanitari e calcolo di indicatori di rischio a livello locale, regionale e nazionale.

ATTI XVI *Convegno S.I.R.F.I.*, 2007, 11-21.

DIRETTIVA SULL'USO SOSTENIBILE DEI PESTICIDI: POSSIBILI RIPERCUSSIONI SULL'ORGANIZZAZIONE DELL'ATTIVITÀ FITOSANITARIA A CARATTERE REGIONALE

GALASSI T.[1], MAZZINI F.[1], SAGLIA A.A. [2]

1. Servizio Fitosanitario, Regione Emilia Romagna
2. Settore Fitosanitario, Regione Piemonte

Riassunto
La proposta di Direttiva sull'uso sostenibile dei "pesticidi" è un documento che avrà numerose ricadute operative sull'utilizzo dei prodotti fitosanitari a livello comunitario, nazionale e regionale. In Italia alcuni degli interventi proposti sono già, del tutto o in parte, operativi; altri aspetti, invece, sono del tutto innovativi e richiederanno un'organizzazione nuova di strutture e di servizi. Le ricadute dirette sull'attività fitosanitaria di carattere regionale possono essere sintetizzata in quattro macrotematiche: Formazione per uso agricolo ed extra-agricolo dei prodotti fitosanitari; Buone Pratiche d'Uso dei Prodotti Fitosanitari; Tutela delle risorse idriche e loro monitoraggio e tutela delle aree sensibili; Adozione di misure specifiche mirate alla riduzione del rischio e del pericolo derivante dall'uso dei Prodotti Fitosanitari. Per ciascuna di esse vengono esaminati i diversi aspetti applicativi e le relative criticità.

Parole chiave
Prodotti fitosanitari; Direttiva; Attività fitosanitaria.

Summary

Directive on sustainable use of pesticides: repercussions on phytosanitary activity at regional level.

The Directive's proposal for action to achieve sustainable pesticide use will have a huge influence on the use of pesticides at every level (European, national and regional). Some proposed actions have already been adopted in Italy; others are quite innovative and require reorganization of the extension services. The direct repercussions on phytosanitary activity of the Italian regions can be summarized in four major topics: education and training for professional and non-professional users of pesticides in agricultural and non–agricultural areas; standards on good pesticide practices; measures to protect the aquatic environment, surface and ground waters and sensitive areas; planned actions to reduce hazards and risks from spraying pesticides. The different aspects of each topic and their criticalities are examined.

Keywords
Pesticides; Directive; Phytosanitary activity.

La proposta di Direttiva sull'uso sostenibile dei "pesticidi" è un documento di grande rilevanza sia per gli obiettivi che si prefigge sia per le azioni che propone di attivare dai singoli Stati membri nell'ambito del proprio territorio. Numerose saranno, infatti, le ricadute operative che si determineranno sull'utilizzo dei prodotti fitosanitari a livello comunitario, nazionale e regionale. Inoltre, quando sarà approvata, essa contribuirà a definire, insieme alla Direttiva n. 91/414 CEE sull'immissione in commercio degli agrofarmaci e al Regolamento n. 396/2005 CE sui residui massimi dei prodotti fitosanitari, un quadro normativo completo per il settore della difesa fitosanitaria. Va ancora ricordato che la Direttiva n. 91/414 CEE sarà a breve superata da un nuovo Regolamento ora in discussione a livello europeo, fra questo provvedimento e la proposta di direttiva esistono numerosi punti di contatto che andranno adeguatamente sviluppati ed armonizzati.

A livello regionale la nuova Direttiva viene considerata con particolare interesse e soddisfazione poiché definisce un quadro complessivo ed organico nel quale si collocano varie iniziative già realizzate in questi ultimi anni con provvedimenti attuativi del "Piano Nazionale di Lotta Integrata del 1988", dei "Piani Operativi delle Organizzazioni dei Produttori" in applicazione del Reg. CEE n. 2200/99 e delle "Misure Agroambientali" previste dal Reg. CEE n. 2078/92 e dal Reg. CE n. 1257/99. In particolare nella proposta di Direttiva vengono pienamente recepiti e sviluppati, trovando un sostanziale riconoscimento formale, alcuni concetti sui quali il dibattito è sempre stato particolarmente vivace. Ad esempio

1. nell'"Articolo 4" (*"Piani d'azione nazionali per la riduzione dei rischi, dei pericoli e della dipendenza dai pesticidi"*) si prevede che gli Stati membri adottino "piani d'azione nazionali per definire gli obiettivi, le misure e i tempi per <u>la riduzione dei rischi, compresi i pericoli, connessi ai pesticidi e della dipendenza da tali sostanze</u>".
2. nell'"Articolo 13" ("*Gestione integrata delle specie nocive)* si prevede che gli Stati membri adottino tutte le misure necessarie per incentivare un'agricoltura a basso apporto di pesticidi, ivi compresa la gestione integrata delle specie nocive, e per garantire che gli utilizzatori professionali dei pesticidi passino ad un utilizzo più ecocompatibile di tutti i mezzi disponibili di protezione delle colture, <u>privilegiando, ove possibile, le alternative a basso rischio, e secondariamente i prodotti che esercitano un impatto minimo sulla salute umana e sull'ambiente tra tutti quelli disponibili per trattare lo stesso problema.</u>

Su tale approccio l'impegno delle Regioni è da tempo particolarmente intenso ed i risultati ottenuti fino ad ora sono sicuramente interessanti e incoraggianti, come si può ad esempio evidenziare nelle tabelle 1 e 2.

Tabella 1. Effetti della revisione (Dir. 91/414) sui Disciplinari di Produzione Integrata (DPI) della regione Emilia-Romagna.

Sostanza attiva: Insetticidi Fungicidi Diserbanti	**In Italia**	**Nei DPI**	**Incidenza in % sui DPI**
Escluse da All. I	157	33	21
Inserite in All. I	70	47	67
Nuove in All. I	48	47	98

Tabella 2. Riduzione dei prodotti fitosanitari più pericolosi per la salute umana nelle aziende in produzione integrata - Indagine condotta in Emilia-Romagna.

Coltura	**Classi di tossicità acuta riduzione %**		**Frasi di rischio tossicità cronica riduzione %**	
	Prodotti T	***Prodotti Xn***	***R63***	***R40 ****
Pero	- 70,8	- 36	- 91,4	- 100
Pesco	- 57,1	- 45,7	- 32,6	- 16,8
Barbabietola	- 93,6	- 34,2	- 95	- 100

** I dati si riferiscono al periodo 2002-2004; R40 corrisponde pertanto alla frase di rischio "Possibilità di effetti irreversibili". Come noto con l'introduzione dei nuovi criteri di classificazione R40 corrisponde attualmente alla frase di rischio "Possibilità di effetti cancerogeni - prove insufficienti".*

Al di là della condivisione degli obiettivi e delle attività già avviate, che sono sicuramente riconducibili allo spirito della Direttiva, non poche sono le novità che l'attività fitosanitaria delle Regioni dovrà prevedere. In Italia alcuni degli interventi proposti sono già, del tutto o in parte, operativi; in questi casi la loro applicazione dovrebbe essere razionalizzata e risultare più semplice. Altri aspetti, invece, sono del tutto innovativi e richiederanno un'organizzazione completamente nuova sia di strutture sia di servizi. In questa fase preliminare le Regioni sono state sollecitate dal Ministero dell'Ambiente a collaborare alla definizione preliminare del "Piano d'azione nazionale per la riduzione dei rischi, dei pericoli e della dipendenza dai pesticidi".

E' in questo contesto che verranno esaminati i diversi aspetti applicativi della nuova direttiva e, di conseguenza, la relativa analisi delle criticità. Questo lavoro non può quindi che essere preliminare e costituisce un primo approccio mirato all'esame degli interventi previsti ed alla valutazione delle ricadute applicative nei diversi contesti regionali.

Per quanto riguarda le ricadute dirette sull'attività fitosanitaria di carattere regionale la nuova Direttiva può essere sostanzialmente sintetizzata in quattro macrotematiche:

1. Formazione per uso agricolo ed extra-agricolo dei prodotti fitosanitari;
2. Buone Pratiche d'Uso dei Prodotti Fitosanitari;
3. Tutela delle risorse idriche e loro monitoraggio e tutela delle aree sensibili;
4. Adozione di misure specifiche mirate alla riduzione del rischio e del pericolo derivante dall'uso dei Prodotti Fitosanitari.

Formazione per uso agricolo ed extra-agricolo (Art. 5 e Art. 6 - Bozza Direttiva)

La proposta di Direttiva prevede che gli Stati Membri facciano sì che tutti gli utilizzatori professionali, i distributori e i tecnici abbiano accesso ad una appropriata formazione. Gli Stati Membri definiranno inoltre dei sistemi di certificazione che attestino la frequenza a corsi di formazione che siano sviluppati secondo quanto indicato dalla Commissione in un allegato alla Direttiva stessa che potrà essere periodicamente aggiornato.

Questo aspetto è stato adeguatamente considerato nel nostro Paese già dal 1968 con il DPR n. 1255 e, al momento, è definito dagli articoli contenuti nel capo V "Commercio e vendita di prodotti fitosanitari" del DPR n. 290/2001. L'attuazione di questi adempimenti è demandata a livello regionale.

Differenze tra la bozza di Direttiva e l'attuale situazione in Italia:

1. Formazione per gli operatori professionali

- Direttiva: formazione (al momento una tantum) e attestato di partecipazione per tutti gli operatori professionali
- In Italia: formazione con esame finale e rilascio di patentino solo per gli utilizzatori di sostanze classificate come T, T+ e Xn; periodica formazione di aggiornamento con attestato di partecipazione ed esame finale. Non sono previsti corsi specifici per gli utilizzatori professionali di prodotti classificati come Xi e Non classificati. La nuova classificazione ambientale N non rappresenta al momento un elemento vincolante ai fini formativi.

2. Formazione per i distributori (venditori)

- Direttiva: formazione (al momento una tantum) e attestato di partecipazione per tutti i distributori (venditori) di prodotti classificati come T e T+; riscontro da parte dei venditori che gli utilizzatori professionali dispongano dell'attestato di partecipazione ai corsi di formazione precedentemente richiamati;
- In Italia: formazione con esame finale e rilascio del certificato di abilitazione alla vendita per i venditori di qualunque prodotto fitosanitario; periodica formazione di aggiornamento con attestato di partecipazione ed esame finale. La vendita dei prodotti classificati come T, T+ e Xn può avvenire solo se gli acquirenti esibiscono il "patentino".

3. Formazione per gli operatori non professionali

- Direttiva: informazione agli operatori non professionali di agrofarmaci dei rischi e dei pericoli derivanti dall'utilizzo degli stessi; informazione a tutti i cittadini dei rischi e dei pericoli derivanti dall'utilizzo dei prodotti fitosanitari;
- In Italia : formazione con esame finale e rilascio di patentino per tutti gli utilizzatori non professionali di sostanze classificate come T, T+ e Xn; non sono previste altre attività specifiche per gli operatori non professionali e per i cittadini sui rischi e i pericoli derivanti dall'utilizzo di agrofarmaci.

Buone Pratiche d'Uso dei Prodotti Fitosanitari (Art. 8 e Art. 12 - Bozza Direttiva)

La Direttiva prevede che gli Stati Membri regolamentino adeguatamente l'ispezione delle attrezzature per la distribuzione degli agrofarmaci e per la riduzione di possibili inquinamenti puntiformi derivanti da un non corretto stoccaggio dei prodotti e da errori nella fase di preparazione delle miscele, nella manipolazione e pulizia delle attrezzature.

Differenze tra la bozza di Direttiva e l'attuale situazione in Italia:

1. Controlli regolari dei macchinari dedicati all'applicazione degli Agrofarmaci

- Direttiva: è previsto e regolamentato il controllo obbligatorio delle attrezzature da utilizzare per l'uso degli agrofarmaci; vengono individuati gli aspetti di tale controllo in uno specifico allegato della bozza di Direttiva; è previsto il controllo, entro 5 anni, di tutte le attrezzature, ma non è chiaro se esso debba essere periodico (previsto al comma 1 dell'art. 8 e non ripreso chiaramente al comma 3 dello stesso art. 8); non è chiaro inoltre se il controllo

riguardi anche la taratura delle attrezzature (punto 10 dell'allegato II della Direttiva); nessun riferimento, infine, ai volumi di distribuzione;

- In Italia: argomento non regolamentato; sono stati definiti a livello nazionale dei protocolli per il controllo delle attrezzature nuove e, nell'ambito di un gruppo di lavoro interregionale, sono stati definiti vari aspetti relativi ai controlli delle attrezzature già in uso presso le aziende agricole. Alcune Regioni hanno adottato, nell'ambito dei Piani Regionali di Sviluppo Rurale (PRSR) attuativi del Reg. CE n. 1257/99, misure per il controllo e la taratura degli atomizzatori e delle barre irroratrici. In questi casi sono stati definiti gli elementi da controllare e i parametri da rispettare; sono state individuate le strutture autorizzate al controllo e le relative modalità di accreditamento. Individuati infine i volumi di acqua da utilizzare e impostata conseguentemente la taratura in funzione delle diverse forme di allevamento (es. Emilia-Romagna).

2. Manipolazione e stoccaggio dei pesticidi, dei relativi imballaggi e dei resti

- Direttiva: prevede che gli Stati membri provvedano a definire procedure che evitino pericoli per la salute o per la sicurezza delle persone e per l'ambiente derivanti dalle operazioni di: stoccaggio, manipolazione, diluizione e miscela di agrofarmaci prima dell'applicazione, manipolazione degli imballaggi e dei resti di pesticidi, trattamenti delle miscele rimanenti dopo l'applicazione e la pulizia delle attrezzature.
- In Italia: la materia è ancora scarsamente regolamentata. Per quanto riguarda lo stoccaggio dei prodotti sono applicate, su base volontaria e in alcune aree italiane, le prescrizioni previste dalle norme EurepGap. Di sicuro interesse per questa problematica saranno i risultati del progetto TOPPS (Train the Operator to Prevent Pollution to Point Sources), progetto che l'Unione Europea, nell'ambito dei progetti Life Ambiente, ha finanziato insieme all'Associazione Europea dei Produttori di Agrofarmaci (ECPA). Il progetto si basa sui principi della lotta integrata ed interessa le tematiche legate all'impiego degli agrofarmaci: uso, manutenzione e regolazione delle macchine irroratrici; trasporto, stoccaggio e manipolazione degli agrofarmaci nell'azienda agricola; preparazione delle miscele fitoiatriche; smaltimento dei reflui del trattamento; pulizia delle attrezzature impiegate per la distribuzione, ecc.. Risulta normata dal Decreto "Ronchi" la raccolta e lo smaltimento dei contenitori di agrofarmaci anche attraverso la realizzazione di specifici "Accordi di programma a livello provinciale".

Tutela delle risorse idriche e loro monitoraggio; tutela delle aree sensibili (Art. 10 e Art. 11 - Bozza Direttiva)

La Direttiva prevede che gli Stati Membri adottino misure adeguate per salvaguardare e tutelare l'ambiente acquatico e le zone sensibili dall'utilizzo degli agrofarmaci.
Viene regolamentato l'impiego dei prodotti fitosanitari in prossimità dei corpi idrici e dei punti di captazione delle acque potabili. Vengono introdotte forti limitazioni per gli impieghi nelle aree extra-agricole.

Differenze tra la bozza di Direttiva e l'attuale situazione in Italia:

1. Risorse idriche

- Direttiva: viene regolamentato l'impiego dei prodotti fitosanitari in prossimità dei corpi idrici e dei punti di captazione delle acque potabili. Si prevede di limitare l'impiego di prodotti pericolosi per l'ambiente acquatico, di favorire l'utilizzo di attrezzature più efficienti e a bassa dispersione (limitata deriva – basso volume – ugelli antideriva ecc.). Vengono introdotte zone di rispetto (buffer zones) che separino i corpi idrici dalle superfici trattate con prodotti; è previsto il potenziamento del monitoraggio della presenza dei pesticidi e loro metaboliti nei comparti ambientali, in particolare nelle acque. Viene infine limitato l'impiego di prodotti fitosanitari nelle aree urbane.
- In Italia: argomento già introdotto dal DLgs 194/95, dal DLgs 152/99 e dal DLgs 152/2006, ma ancora non completamente sviluppato; alcune regioni hanno già definito interventi a tutela delle risorse idriche, ma è necessaria una uniformità a livello nazionale. Fino ad ora l'impiego dei prodotti fitosanitari in ambiente extra-agricolo è stato poco normato in generale, esistono alcune isolate iniziative a livello regionale (es. Toscana ed Emilia-Romagna per l'uso di diserbanti). Alcuni prodotti fitosanitari di recente registrazione prevedono misure di mitigazione del rischio (es. buffer zone). L'applicazione di tali misure è particolarmente problematica anche per la insufficiente formazione degli operatori.

2. Zone sensibili

- Direttiva: al fine di garantire i necessari requisiti di igiene e sicurezza pubblica gli Stati membri devono adeguatamente intervenire per individuare le aree ad uso ridotto o nullo di Prodotti Fitosanitari, in particolare tra le aree utilizzate dalla popolazione in generale o dai bambini, o connesse con Natura 2000. In tale contesto occorre limitare o vietare l'utilizzo

degli agrofarmaci nei parchi pubblici, giardini e cortili delle scuole, impianti sportivi e aree "Natura 2000".

- In Italia: argomento non ancora affrontato in maniera adeguata. Esistono solo alcune iniziative a livello regionale e comunale. Nell'ambito della Regione Emilia-Romagna sono stati definiti i disciplinari per la gestione del verde pubblico, in Piemonte è vietato l'impiego di prodotti classificati Xn, T e T+ nelle aree urbane.

Adozione di misure specifiche mirate alla riduzione del rischio e del pericolo derivante dall'uso dei Prodotti Fitosanitari (Art. 9 e Art. 13 - Bozza Direttiva)

In modo palese e trasparente la Direttiva riconosce l'utilità e promuove l'adozione dei metodi integrati per il contenimento delle specie nocive, in questo senso pone attenzione alla riduzione sia del rischio che del pericolo derivante dall'uso degli agrofarmaci (comma 1 e 2 dell'art. 13).

Da perfezionare la definizione del controllo integrato delle specie nocive uniformando quanto indicato al comma 1 dell'art. 13 della proposta di Direttiva e quanto previsto dalla bozza del Regolamento che sostituirà la Direttiva n. 91/414. Anche l'art. 3 del Regolamento, in fase di discussione, definisce infatti, diversamente dalla Direttiva, il "Contenimento integrato delle specie nocive" come: "L'attenta presa in considerazione di tutte le tecniche di controllo fitosanitario disponibili e la conseguente integrazione di misure appropriate intese a scoraggiare lo sviluppo delle popolazioni di specie nocive e a mantenere l'uso dei prodotti fitosanitari ed altre forme d'intervento a livelli che siano economicamente giustificati e che riducano o minimizzino i rischi per la salute dell'uomo e per l'ambiente. L'obiettivo prioritario del contenimento integrato delle specie nocive è la produzione di colture sane con metodi che perturbino il meno possibile gli ecosistemi agricoli e che promuovano i meccanismi naturali di controllo fitosanitario."

Differenze tra la bozza di Direttiva e l'attuale situazione in Italia:

1. **Messa a punto di misure per incentivare un'agricoltura a basso apporto di pesticidi (comma 1 - Art. 13)**

- Direttiva: si prevede che gli Stati membri adottino misure per una agricoltura a basso apporto di prodotti fitosanitari con un utilizzo più ecocompatibile di tutti i mezzi di protezione disponibili, privilegiando ove possibile le alternative a basso rischio e secondariamente i prodotti che esercitino un impatto minimo sulla salute umana e

sull'ambiente tra tutti quelli disponibili per trattare lo stesso problema. Il tutto dovrebbe avvenire nello spirito di quanto previsto dalla "Strategia tematica" nella quale si prevede che gli Stati membri possano identificare colture, azioni o sostanze attive antiparassitarie prioritarie per le quali i trend di rischio siano allarmanti e possano stabilire obiettivi di riduzione del rischio.

- In Italia: la difesa integrata è oggetto di numerose iniziative con effetti in taluni casi anche ridondanti, ma, al momento e per alcune aree, caratterizzate da una elevatissima partecipazione da parte dei produttori con un sostanziale coinvolgimento di buona parte del mondo scientifico, degli enti pubblici, delle OP e della GDO. Per quanto riguarda i servizi pubblici, al di là di alcune iniziative di valenza locale (in alcune Regioni la lotta guidata prima e la difesa integrata poi hanno ormai oltre 30 anni di storia), il nostro Paese ha iniziato ad affrontare la tematica dal 1988 con il "Progetto nazionale di lotta fitopatologica integrata" e poi ha proseguito nell'ambito dell'applicazione dei Reg. CEE n. 2078/92 e n. 1257/99. La maggior parte delle Regioni ha messo a punto norme tecniche proprie, realizzate in conformità ai principi e criteri generali definiti nella Decisione n. C(96) 3864 del 31 dicembre 1996 del Comitato Star dell'Unione Europea. La verifica di tale coerenza è stata affidata ad un Comitato Tecnico Scientifico Nazionale ora definito "Comitato Nazionale Difesa Integrata" e istituito con D.M. n. 242 del 31 gennaio 2005. Su tale materia ora sono in atto alcune importanti iniziative: redazione da parte del citato Comitato di linee guida nazionali, definizione di una norma UNI per la certificazione volontaria di prodotti integrati ed infine un coordinamento tra Ministero e Regioni per definire una proposta di Decreto sulla produzione integrata.

2. Assistenza tecnica (comma 3 – Art. 13)

- Direttiva: gli Stati membri devono provvedere per mettere a disposizione sistemi di monitoraggio, supporti alle decisioni e consulenti affinché sia favorita la gestione integrata delle specie nocive; la proposta non prevede specifiche risorse finanziare dedicate a questo settore.
- In Italia: l'attività di consulenza a supporto dell'applicazione della produzione integrata è stata lungamente al centro delle iniziative regionali; ultimamente è in fase di ridimensionamento e trova applicazione attraverso iniziative di carattere regionale (es. Regione Emilia-Romagna) e attraverso interventi finanziati con il Reg. CE n. 2200/96. Purtroppo le iniziative sostenute direttamente con fondi regionali sono in fase di esaurimento, l'OCM ortofrutta è in fase di ricontrattazione e gli interventi di consulenza programmati con i

nuovi PRSR non sembrano orientati a sostegno delle applicazioni della produzione integrata. Nella recente programmazione sono indirizzati, infatti, alla consulenza economica alle imprese e al supporto per l'applicazione della "condizionalità". Sono purtroppo episodici gli interventi regionali per sostenere le reti di monitoraggio e i sistemi di previsione e avvertimento, strumenti che risultano invece determinanti per garantire l'applicazione della produzione integrata.

3. Applicazione entro il 2014 del controllo integrato delle speci nocive (comma 4 e 5 - Art. 13)

- Direttiva: è da chiarire quanto indicato al comma 4 e 5 dell'Art. 13, circa il livello di applicazione della produzione integrata anche in relazione a quanto previsto dal comma 7 che a questo proposito richiama l'Art. 52 del Regolamento in fase di discussione sulla modifica alla Direttiva n. 91/414 "*Uso dei prodotti fitosanitari"*: I prodotti fitosanitari devono essere utilizzati correttamente. L'uso corretto comporta il rispetto delle condizioni stabilite conformemente all'articolo 30 e indicate sull'etichetta nonché l'applicazione dei principi di buona pratica fitosanitaria e, per quanto possibile, dei principi in materia di contenimento integrato delle specie nocive e di buona pratica ambientale. Al più tardi entro il 1° gennaio 2014 l'uso corretto dei prodotti fitosanitari deve essere conforme ai principi in materia di contenimento integrato delle specie nocive, comprese la buona pratica fitosanitaria e la buona pratica ambientale. Norme dettagliate sull'applicazione del presente articolo, comprese le prescrizioni minime riguardanti tali principi, possono essere adottate conformemente alla procedura di cui all'articolo 76, paragrafo 2. Quanto riportato nell'introduzione della Direttiva e nell'inciso del comma 5, appare interpretabile come "entro il 2014 devono essere definite dagli Stati membri indicazioni generali vincolanti sulla produzione integrata e norme tecniche di coltura di carattere volontario". Tale aspetto va chiaramente definito e puntualizzato.
- In Italia: Una applicazione di carattere vincolante di norme di produzione integrata di carattere generale su tutta la produzione agricola, potrebbe creare qualche difficoltà anche tenendo conto della scadenza del 2014.

4. Sostegno alle Aziende Agricole (comma 6 – Art. 13)

- Direttiva: gli Stati membri istituiscono incentivi necessari per incoraggiare gli agricoltori ad applicare le norme di gestione integrata delle specie nocive specifiche per coltura.

- In Italia: non esistono specifici interventi regionali al riguardo. I soli interventi in fase di attuazione sono quelli previsti come completamento degli interventi della Misura F del Reg. CE n. 1257/99. Nei nuovi PRSR (2007-2013) molte regioni non hanno previsto l'attuazione di interventi specifici ed hanno fortemente ridimensionato gli interventi anche nelle precedenti fasi attuative dai Reg. CEE n. 2078/92 e n. 1257/99.

5. Divieto o limitazioni nell'uso del mezzo aereo

- Direttiva: si prevede che vengano adottate misure specifiche per una generale abolizione dell'applicazione dei prodotti fitosanitari con mezzi aerei e vengono definiti i criteri per le possibili deroghe.
- In Italia: la tematica è al momento definita dal DPR 290/01 che demanda alle Regioni il compito di stabilire misure specifiche sui propri territori. In generale gli interventi sono fortemente limitati e riconducibili al solo utilizzo, in determinate condizioni e con particolari vincoli, di mancozeb, rame e zolfo con formulati specificamente registrati per il mezzo aereo e sulle sole colture di cereali, vite, pioppo ed olivo. Una totale abolizione dei trattamenti aerei potrebbe creare qualche problema in alcune aree viticole.

Conclusioni

La nuova Direttiva stimolerà e indirizzerà quindi in modo consistente gli interventi fitoiatrici sul territorio delle regioni per tutti i prossimi anni. Sicuramente crescerà l'impegno per la tutela dell'ambiente e per la salvaguardia della salute degli operatori agricoli e dei consumatori.

La Direttiva dovrebbe consentire di strutturare e organizzare gli interventi sul territorio in modo più organico ed integrato e allo stesso tempo dovrebbe creare condizioni produttive omogenee per tutti gli agricoltori dell'Unione Europea.

La fase applicativa della Direttiva sarà sicuramente molto complessa. Al di là delle criticità sinteticamente evidenziate, forti sono le preoccupazioni sulla disponibilità di risorse finanziare necessarie per favorire l'applicazione degli interventi previsti. In particolare si evidenzia come nella proposta di Direttiva risulti trascurata la tematica della ricerca scientifica che dovrebbe invece essere alla base degli interventi programmati.

Da sempre difesa integrata è sinonimo di innovazione, senza ricerca e sperimentazione è impossibile creare le condizioni affinché questa si sviluppi e si radichi sul territorio.

ATTI XVI *Convegno S.I.R.F.I.*, 2007, 23-27.

IL PUNTO DI VISTA DEI PRODUTTORI AGRICOLI SULL'USO SOSTENIBILE DEGLI AGROFARMACI

PASTI M.A.

Associazione Italiana Maiscoltori.
E-mail: marco.pasti@gmail.com

Riassunto
L'uso di agrofarmaci è stato caratterizzato da una continua evoluzione che ha portato alla riduzione delle dosi impiegate e all'eliminazione dei prodotti meno compatibili. La crescente richiesta di produzioni più sane e di maggior qualità ha spesso spinto verso un maggior uso di agrofarmaci. L'uso di piante GM e progressi nella lotta integrata (IPM) potrebbero controbilanciare questa tendenza. La maggior parte delle misure proposte per il nuovo regolamento sono già adottate dagli agricoltori di molti stati membri. Il nuovo regolamento dovrebbe omogeneizzare le diverse situazioni cercando dove possibile di semplificare le regole tenendo presente la reale efficacia delle misure da adottare. In epoca di globalizzazione è necessario tenere anche presente la perdita di competitività che gli agricoltori europeei dovrebbero affrontare in caso di eccessiva burocrazia nelle regole adottate.

Parole chiave
Agrofarmaci; Agricoltura; Legislazione.

Summary

The farmer's opinion on sustainable use of pesticides

The use of pesticides in agriculture has been characterized by continuous evolution that led to the use of lower doses and more compatible products. The growing request for healthier and higher quality food/feed has often prompted a higher use of pesticides. The use of GM plants and progress in IPM could counterbalance this tendency. Most measures proposed for the new regulation have already been adopted by farmers in many member states. The new regulation should harmonize different situations seeking, where possible, to simplify the rules by taking into account the effectiveness of the measures to be adopted. At a time of globalization the loss of competitiveness should also be taken into account that European farmers would face in the case of excessive bureaucracy in the rules adopted.

Keywords
Pesticide; Agriculture; Regulation.

Le imprese agricole, da sempre orientate verso un costante miglioramento delle proprie produzioni e dei processi produttivi, sono ulteriormente spinte in questa direzione

dall'evoluzione dei mercati, della politica agricola comune, e delle norme sulla sicurezza alimentare sul benessere animale e sulla tutela ambientale. L'uso di agrofarmaci è oggi una parte integrante in molti processi di produzione vegetale e come tale è anch'esso stato sottoposto all'evoluzione di tali processi: negli anni si sono messi a punto tempi e modalità d'applicazione che hanno consentito di ridurre notevolmente le dosi applicate ed è stato via via ridotto l'uso dei principi attivi più tossici o più persistenti nell'ambiente. Negli ultimi anni sono poi aumentate le registrazioni obbligatorie e volontarie sull'uso degli agrofarmaci nelle aziende agricole. Le macchine per la distribuzione sono andate anche'esse evolvendosi sia negli ugelli sia in altre parti della macchina stessa come le barre, i circuiti di lavaggio, vari accessori, il controllo elettronico dei volumi distribuiti ed altro ancora. Contemporaneamente sono aumentati considerevolmente sia il costo sia la produttidività di queste macchine che ormai non sono più gestibili dall'azienda agricola di medie dimensioni, che in Italia non raggiunge i 10 ettari.

Come imprese agricole quindi siamo favorevoli ad un regolamento che armonizzi all'interno della Comunità sia l'utilizzo dei fitofarmaci sia la costruzione e l'omologazione delle macchine per i trattamenti, purché le misure che saranno introdotte abbiano una concreta e comprovata efficacia, il minimo aggravio burocratico per le aziende, il minimo impatto economico e ne sia verificata l'effettiva utilità nel corso degli anni. Come imprenditore agricolo in Italia mi trovo, infatti, ad impiegare la maggior parte del mio tempo per adempiere agli obblighi richiesti, spesso inutilmente, dalla normativa comunitaria recepita con le immancabili complicazioni a livello nazionale o regionale. Un eventuale ulteriore aggravio burocratico fine a se stesso comporterebbe un'ulteriore riduzione del tempo dedicato a seguire realmente le varie attività aziendali, tra cui l'ottimizzazione dell'utilizzo degli agrofarmaci.

La ricerca e la sperimentazione possono e devono svolgere un ruolo fondamentale non soltanto nello sviluppo di nuove molecole, ma anche nella messa a punto del loro utilizzo a livello agronomico e dello sviluppo e validazione di nuove tecniche e tecnologie che ne migliorino l'impiego nei diversi ambienti e nelle diverse colture. Non meno importante è poi una corretta ed imparziale comunicazione dei risultati ottenuti. Ricordo, infatti, ad esempio, che ancora oggi non è sempre chiaro agli operatori quale sia la tipologia d'ugello migliore nei diversi tipi di trattamento, piuttosto che la miglior epoca di trattamento o la dose più adatta o altro ancora. La spinta all'utilizzo generalizzato degli ugelli antideriva, che in molti casi ha portato a sensibili miglioramenti nel contenimento della deriva, ha portato contemporaneamente ad una riduzione d'efficacia nell'applicazione in microdose dei diserbi che agiscono per contatto rendendo quindi necessarie dosi più alte o più applicazioni. Tuttora

esistono incertezze sulle dosi e sui tempi d'applicazione di numerosi trattamenti e nel corso degli anni sono spesso state date indicazioni diametralmente opposte. Ricordo a titolo esemplificativo il trattamento della cercospora nella barbabietola che è passato nel giro di pochi anni dalla tecnica della confluenza delle macchie al trattamento preventivo o il trattamento antipiralide nel mais che ancor oggi ha due scuole di pensiero: una propende per seguire il ciclo dell'insetto l'altra per seguire il ciclo della pianta.

Ricerca e sperimentazione hanno un ruolo fondamentale nell'ottimizzare l'impiego degli agrofarmaci che non si esaurisce con l'autorizzazione alla vendita di una molecola o un prodotto ma dovrebbe seguirne l'impiego che ne viene fatto a pieno campo nei sistemi complessi dell'ambiente agrario. Torno a citare come esempio la barbabietola, coltura per la quale, da quando sono stati eliminati i sali di stagno per la lotta alla cercospora, si sono resi necessari almeno due trattamenti insetticidi per controllare le larve di lepidotteri defogliatori. Al di là del maggior costo economico per l'azienda agricola, i benefici sulla salute dell'operatore o sull'ambiente derivanti dall'eliminazione dei sali di stagno sono davvero maggiori dell'impatto sull'ambiente dei due trattamenti insetticidi? E soprattutto, quando si è proceduto alla loro eliminazione, sono stati considerati anche questi aspetti? Purtroppo credo di no. Sarebbe utile avere una valutazione anche a posteriori dell'introduzione o dell'eliminazione dei vari agrofarmaci. Da questo punto di vista va inoltre sottolineato che con l'attuale sistema di revisione degli agrofarmaci con il rinnovo dei dossier si rischia l'eliminazione di molecole che, pur conservando una buna valenza agronomica e senza particolari controindicazioni d'ordine ambientale o tossicologico, non risultano essere interessanti sotto il profilo economico per le ditte che dovrebbero istruire il dossier. Tipico è il caso ad esempio delle colture di nicchia coltivate su superfici ridotte e per le quali i ridotti volumi di commercializzazione non giustificano il costo d'istruzione dei dossier. Questo processo di revisione rischia inoltre di ridurre la concorrenza tra industrie produttrici di agrofarmaci e questo sarebbe paradossale che avvenisse proprio nel momento in cui per i farmaci per uso umano si cerca di aumentare la concorrenza con l'aumento dei farmaci generici e dei punti vendita.

Un altro aspetto che oggi sfugge al controllo nella normale pratica è, ad esempio, la rotazione dei principi attivi. Si ricorre, infatti, spesso a principi attivi con gli stessi meccanismi d'azione anche dove si pratica la rotazione colturale, aumentando quindi il rischio d'insorgenza di resistenze. Questo ed altri aspetti, che la ricerca applicata dovrebbe mettere in luce, sono di difficile approccio nell'ambito di una norma generale e andrebbero affrontati nell'ambito di programmi di formazione previsti dalla normativa in gestazione.

Come già ricordato, nel corso degli anni sono calate le dosi e l'utilizzo degli agrofarmaci più tossici o meno ecocompatibili, contemporaneamente però le sempre maggiori richieste di prodotti di più alta qualità e salubrità hanno spinto ad un maggior utilizzo di agrofarmaci. Ricordo ad esempio che il recente Regolamento sulle *Fusarium*-tossine ha dato forte impulso all'utilizzo di fungicidi nei cereali autunno vernini e di insetticidi nel mais per il contenimento della piralide, trattamento quest'ultimo che ormai interessa quasi un quinto della superficie seminata a mais. Anche da questo punto di vista la ricerca ha un importante ruolo da svolgere nell'individuare e mettere a punto quei metodi di lotta agronomica o resistenze varietali che consentano il raggiungimento della qualità o standard sanitari richiesti con un ridotto uso di agrofarmaci. A questo proposito l'utilizzo di piante GM può consentire un miglioramento della qualità e salubrità dei prodotti con un minor utilizzo di agrofarmaci: penso ad esempio al mais resistente alla piralide i cui attacchi, spesso consistenti nei nostri ambienti, sono spesso la causa principale degli elevati contenuti in fumonisine del nostro mais. La minor produzione causata dagli attacchi inoltre implica che ogni chilogrammo di mais non GM richieda un maggior apporto di tutti i fattori produttivi tra cui anche agrofarmaci che sono applicati sulla base non delle quantità prodotto ottenuto ma delle superfici coltivate. Anche la soia resistente al glifosate può consentire un uso di agrofarmaci più ecocompatibili, oltre che meno costosi per le aziende agricole. È singolare il fatto però che all'opinione pubblica venga fatto credere che le piante resistenti agli erbicidi aumentano l'uso di diserbanti ed in generale le piante GM aumentino il consumo di agrofarmaci. Mi pare che lo Stato Italiano con il blocco della ricerca in pieno campo su piante GM assomigli allo struzzo che infila la testa sotto la sabbia per non vedere cosa succede attorno a se. La ricerca e la sperimentazione devono esser svolte anche nel nostro paese per compiere un'analisi completa di rischi e benefici dei singoli eventi di trasformazione delle piante GM a supporto di scelte politiche magari impopolari, o malviste da alcuni settori produttivi ma utili non solo per la nostra agricoltura ma anche per l'intera società nel suo complesso. La corretta comunicazione dei risultati della sperimentazione, che spesso è mancata in passato, è poi un passaggio importante per l'accettazione da parte dell'opinione pubblica degli OGM ritenuti utili.

Le singole misure attualmente proposte come oggetto di nuovo regolamento sono in gran parte già realtà da noi e in molti stati membri. Il loro inquadramento in una norma comunitaria non è quindi di per sè motivo di preoccupazione, se la loro applicazione viene fatta con un minimo d'elasticità e buon senso pratico. Sarebbe ad esempio assurdo imporre fasce tampone lungo i corsi d'acqua che scorrono sopraelevati rispetto al piano di campagna, o imporre corsi di formazione con programmi datati o eccessivamente ampi rispetto alle necessità

dell'operatore. L'applicazione di tale normativa può invece essere un'occasione per uniformare, e quando possibile, semplificare all'interno della Comunità regole che potrebbero portare ad una distorsione della concorrenza. Distorsione che però rischia di aumentare nello scenario globale in un'epoca in cui le barriere commerciali si vanno sempre più assottigliando e l'aumento degli oneri a carico delle aziende nella Comunità viene sempre meno compensato da aiuti pubblici. Sintomatico è il fatto che nel conteggio dell'impatto economico delle nuove misure proposte sia calcolato come entrata positiva per le aziende agricole il sostegno economico derivante dal nuovo piano di sviluppo rurale, ma tale risorsa era già a disposizione delle aziende agricole e non può essere quindi considerata una nuova entrata a fronte di un nuovo impegno.

In conclusione auspichiamo che la nuova normativa costituisca il più possibile un'opportunita di sviluppo nella salvaguardia della salute umana e dell'ambiente piuttosto che un aggravio burocratico fine a se stesso.

ATTI XVI *Convegno S.I.R.F.I.*, 2007, 29-34.

IL RUOLO DELL'INDUSTRIA NELL'USO SOSTENIBILE DEGLI AGROFARMACI

ROSSO M.

Agrofarma-Federchimica
E-mail :m.rosso@federchimica.it

Riassunto
L'industria degli agrofarmaci si impegna da anni per collaborare con tutti gli operatori della filiera agricola per incoraggiare un uso sicuro degli agrofarmaci e diffondere un'agricoltura di qualità, pertanto ha accolto favorevolmente le proposte di Direttive della Comunità Europea per un uso sostenibile degli agrofarmaci.
Agrofarma crede nella formazione come mezzo per ottenere un alto stadio di professionalità nella protezione delle colture, nella salvaguardia dell'ambiente e nella sicurezza degli operatori.
La difesa integrata svolge un ruolo importante nel raggiungimento di un uso sostenibile degli agrofarmaci in quanto incoraggia a lavorare in stretto rapporto con la natura combinando pratiche colturali tradizionali con tecniche moderne di protezione chimica al fine di ottenere produzioni sufficienti, cibo sicuro e il rispetto dell'ecosistema naturale.

Parole chiave
Agrofarmaco; Formazione; Difesa integrata; Uso sostenibile.

Summary

Role of industry in sustainable use of crop protection products

Industry has worked for years with the other stakeholders in order to achieve a safer use of crop protection products and to spread quality agriculture, so it welcomes the European Commission proposal for Directives on the sustainable use of crop protection products.
Agrofarma believes in training as the way to achieve the highest professional standards in crop protection, environmental conservation and workers' safety.
Integrated farming plays a significant part in the sustainable use of crop protection products as it encourages farmers to work in tandem with nature, enabling them to combine a range of traditional farming practices with chemical crop protection in order to achieve acceptable yields, safe food and respect for the natural ecosystem.

Keywords
Crop protection products; Training; Integrated Pest Management; Sustainable use.

Introduzione

Il 12 luglio 2006 la Commissione Europea ha proposto al Parlamento e al Consiglio le Direttive sull'uso sostenibile degli agrofarmaci.

Tali Direttive che sono attualmente in discussione comprendono tutte quelle misure che non potevano essere integrate nelle norme già esistenti.

Le proposte di Direttive nascono dall'esigenza di normare l'uso effettivo degli agrofarmaci che fino ad ora è stato parzialmente trascurato dalle normative in vigore e hanno l'obiettivo di ridurre ulteriormente l'impatto degli agrofarmaci sulla salute umana e sull'ambiente.

L'industria degli agrofarmaci accoglie favorevolmente le proposte della Commissione di incrementare la sicurezza nell'utilizzo degli agrofarmaci e di incentivare lo sviluppo di un'agricoltura sostenibile.

Agrofarma ritenendo i propri prodotti dei farmaci indispensabili per la cura delle colture e che come tali devono essere utilizzati, come ben noto per i farmaci per l'uomo, solo quando servono e nelle quantità strettamente necessarie, ha deciso nel 2002 di adottare il termine "agrofarmaci" in luogo di "pesticidi". Poiché il termine "agrofarmaci" è utile per favorire l'identificazione dei prodotti per la cura delle piante nel modo più adeguato e comprensibile da parte del consumatore, è necessario introdurre tale denominazione anche nei testi di legge proposti dalla Commissione.

Gli agrofarmaci, svolgono un ruolo importante nell'agricoltura moderna, poiché garantiscono la protezione delle colture da parassiti, erbe infestanti e malattie e inoltre assicurano una costante fornitura di alimenti di alta qualità a prezzi accessibili per tutti i consumatori. Pertanto gli agrofarmaci sono indispensabili per lo sviluppo di un'agricoltura sostenibile.

Gli agrofarmaci sono autorizzati a seguito di una valutazione completa del rischio e pertanto, se utilizzati come previsto in etichetta non sono pericolosi né per l'uomo né per l'ambiente.

Agrofarma ritiene inopportuno un collegamento diretto tra l'obiettivo generale di riduzione del rischio connesso all'utilizzo degli agrofarmaci e le misure finalizzate a ridurre la dipendenza dal controllo chimico. Una riduzione dell'uso degli agrofarmaci, infatti, non è automaticamente collegato ad un miglioramento delle condizioni della salute umana e dell'ambiente.

L'industria degli agrofarmaci è concorde con la necessità di normare la fase di utilizzo degli agrofarmaci, ma ritiene indispensabile, dato il complesso sistema normativo sugli agrofarmaci, di evitare qualsiasi ripetizione o sovrapposizione con altre legislazioni in vigore.
La proposta di Direttiva che istituisce un quadro per l'azione comunitaria ai fini dell'utilizzo sostenibile degli agrofarmaci stabilisce che gli Stati Membri adottino piani d'azione nazionali al fine di ridurre i rischi legati all'utilizzo degli agrofarmaci.
I Piani Nazionali dovrebbero concentrarsi sulle misure opportune per la riduzione dei rischi ambientali che sono associati non solo all'utilizzo dei prodotti chimici, ma anche all'utilizzo di possibili alternative a questi.
L'Industria degli agrofarmaci ritiene che i Piani Nazionali debbano avere come obiettivo la riduzione dei possibili rischi connessi all'utilizzo degli agrofarmaci. Non ha invece alcun significato parlare di riduzione del pericolo, in quanto questo non può essere scientificamente determinato.
Di seguito riporteremo brevemente le posizioni di Agrofarma sulle misure che, secondo la Commissione Europea devono essere contenute nei piani d'azione nazionale.

Formazione

Una formazione costante è essenziale per l'uso efficace e responsabile degli agrofarmaci ed è un requisito indispensabile per garantire l'applicazione delle Buone Pratiche Agricole.
Gli agrofarmaci vengono applicati dagli utilizzatori professionali siano essi agricoltori, dipendenti o contoterzisti, per tutti gli attori quindi, è indispensabile ricevere formazione ed informazioni costanti su tutti gli agrofarmaci indipendentemente dalla loro classificazione, per migliorare il livello professionale.
Importanti traguardi in questo senso sono già stati raggiunti in Italia grazie all'impegno svolto dalle strutture di assistenza tecnica pubbliche e private per il corretto impiego dei prodotti per la protezione delle colture da parte degli operatori.
L'industria degli agrofarmaci ritiene che la qualità dell'utilizzo degli agrofarmaci potrà migliorare se tutti gli utilizzatori professionali saranno formati ed otterranno un certificato attestante la loro competenza.
Inoltre la formazione è necessaria, come previsto dalla Direttiva in discussione, anche per i distributori, sia perché forniscono consulenza agli agricoltori e sia perché essi stessi manipolano, trasportano e gestiscono grosse quantità di agrofarmaci. L'industria ritiene

pertanto importante l'istituzione di corsi di formazione specifici per i distributori su temi che riguardano più direttamente la loro attività.
La presenza di una persona nel luogo della vendita in grado di informare/formare gli utilizzatori professionali sull'uso degli agrofarmaci è di fondamentale importanza. Secondo Agrofarma questa persona dovrebbe essere sul luogo di vendita e formata indipendentemente dalla classificazione dei prodotti venduti fin dall'inizio dell'applicazione della Direttiva.

Ispezione delle attrezzature in uso

L'efficiente funzionamento di tutte le attrezzature di applicazione degli agrofarmaci è una parte fondamentale del processo di corretto utilizzo degli stessi. Pertanto Agrofarma ritiene che l'ispezione costante delle attrezzature sia un contributo effettivo per garantire l'uso sostenibile degli agrofarmaci e per ridurre al minimo i possibili rischi ambientali.
Agrofarma è inoltre favorevole alla proposta della Commissione di emanare una Direttiva distinta per la certificazione delle attrezzature per l'applicazione degli agrofarmaci.

Irrorazione aerea

L'industria degli agrofarmaci ritiene importante l'adozione di tutte le misure necessarie affinché l'applicazione aerea non comporti danni alla salute dell'uomo e alla sicurezza dell'ambiente. Gli agrofarmaci per l'impiego nell'irrorazione aerea sono autorizzati a seguito di un'analisi completa del rischio e pertanto, se utilizzanti secondo quanto riportato in etichetta non comportano rischi né per l'ambiente né per l'uomo.

Tutela dell'ambiente acquatico

La salvaguardia dell'ambiente acquatico è di fondamentale importanza ed è per questo che è stata emanata la Direttiva quadro sulle acque (2000/60/CE). La Direttiva sull'uso sostenibile degli agrofarmaci dovrebbe tenere in considerazione che misure relative all'acqua sono già in fase di attuazione nei singoli Stati Membri, è sicuramente opportuno e necessario evitare possibili problemi di duplicazione di legislazione, spesso in contrasto tra loro.
Nella Direttiva sull'uso sostenibile degli agrofarmaci vengono previsti divieti di utilizzo di agrofarmaci, questo dovrebbe essere valutato attentamente ed essere messo in raffronto con l'esistenza di alternative possibili. Nel caso di assenza di alternative si dovrebbe attivare tutte le forme possibili e disponibili di mitigazione del rischio.

Tutela delle zone sensibili

Le aree Natura 2000 sono aree destinate alla conservazione della diversità biologica presente nel territorio dell'Unione Europea.
L'uso degli agrofarmaci spesso è necessario all'interno delle aree di Natura 2000 per controllare i parassiti che diversamente costituirebbero una minaccia per le specie protette o per la biodiversità e in quanto in queste aree permane un'attività agricola.
Il divieto totale di utilizzo degli agrofarmaci in queste aree potrebbe quindi causare un'alterazione alle procedure tradizionali danneggiando l'attuale equilibrio instauratosi.
Pertanto Agrofarma concorda nell'individuare negli Stati Membri le figure più idonee e valutare la necessità di limitare l'uso degli agrofarmaci nelle aree sensibili sulla base della valutazione dei rischi pertinenti.

Gestione Integrata delle colture

Agrofarma è favorevole allo sviluppo di misure che incoraggino l'adozione della gestione integrata delle colture (ICM), in quanto ritiene che i sistemi agricoli che fanno uso delle tecniche di ICM soddisfano i tre criteri di sviluppo agricolo sostenibile: redditività economica, accettazione sociale e compatibilità ambientale.
La definizione di gestione integrata delle colture presente nella proposta di Regolamento per la revisione della direttiva 91/414 (COM 2006-388) cui la Direttiva sull'uso sostenibile degli agrofarmaci rimanda, è esaustiva e completa. Tale definizione afferma, infatti, che l'ICM è un processo produttivo che, prestando attenzione all'ambiente fa uso di tutte le tecniche disponibili per produrre alimenti di assoluta sicurezza per il consumatore in modo efficiente ed economicamente redditizio.
Agrofarma è invece contraria ad un'esclusiva riduzione dell'uso degli agrofarmaci e a una selezione dei prodotti impiegabili, unicamente basato su criteri di pericolo, in quanto questi non sono correlati alla riduzione del rischio.
Agrofarma è invece favorevole a tutte quelle forme di agricoltura, tra le quali l'agricoltura biologica, che portano all'applicazione delle buone pratiche agricole e al corretto uso degli agrofarmaci. Non è invece condivisibile la promozione di tipologie di agricoltura utili unicamente a screditare l'agricoltura che fa un uso corretto della chimica.

Indicatori

Agrofarma concorda con l'esigenza dell'Unione Europea di quantificare in modo scientifico i progressi realizzati nel raggiungimento degli obiettivi delle Politiche Comunitarie finalizzate a ridurre ulteriormente l'impatto degli agrofarmaci sull'ambiente e sulla salute dell'uomo.

Gli indicatori di rischio devono essere strumenti scientificamente validati e sufficientemente flessibili in modo da adattarsi a diversi aspetti come le caratteristiche del terreno, il clima, il tipo di pratica agronomica diffusa, ecc..

L'utilizzo dei dati statistici sull'immissione in commercio e l'uso degli agrofarmaci (Reg. ESTAT COM (2006) 778) può servire ad individuare le tendenze d'impiego degli agrofarmaci, non è invece possibile una correlazione diretta tra la quantità impiegata e l'effettivo rischio dell'utilizzo di agrofarmaci.

ATTI XVI *Convegno S.I.R.F.I.*, 2007, 35-53.

LE STRATEGIE NELLA GESTIONE SOSTENIBILE DEGLI AGROFARMACI: GLI ERBICIDI

COVARELLI G.

Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali della Facoltà di Agraria di Perugia.

Riassunto

Nella difesa delle piante coltivate, l'impiego degli agrofarmaci rappresenta un aspetto di primaria importanza per il quale, attualmente e sempre più in futuro, saranno necessarie strategie di gestione sostenibile.

Il presente lavoro vuol fornire una panoramica sulle principali strategie per il controllo delle piante infestanti in grado di contribuire significativamente ad una gestione sempre più sostenibile dell'uso degli erbicidi con conseguenti effetti positivi sia sulla sicurezza alimentare sia sull'ambiente.

Parole chiave

Difesa delle colture; Diserbo; Erbicidi.

Summary

Strategies for a sustainable use of pesticides: herbicides

Use of pesticides is one of the more important aspects of sustainable crop protection. The paper summarizes the main strategies for sustainable use of herbicides in weed control practices in order to obtain positive effects on environmental and food safety.

Keywords

Crop protection; Weed control; Herbicides.

Premessa

Molte sono le stime della perdita di produttività delle colture agrarie dovuta ad insetti, piante infestanti e funghi patogeni; la più recente (Scheitza, 2006) su riso, frumento, orzo, patata, soia, cotone e caffè, calcola perdite, senza alcun trattamento a queste colture, del 52% della produzione così attribuita: 15% a insetti, 14% a piante infestanti, 13% a funghi patogeni e 10% a danni in post-raccolta (Oerke e Dehne, 1994; Yudelman, 1998) (Figura 1). Anche con l'attuale difesa, le piante infestanti sono responsabili di perdite produttive che dovranno essere recuperate, almeno in parte, con un più razionale uso degli erbicidi. Ciò, soprattutto, se si considera che la popolazione mondiale dai 2,5 miliardi del 1950 è passata ai 4,0 del 1975,

ai 6,0 del 2000 e si prevede arriverà ai 7,5 miliardi nel 2020. Si calcola che nel contempo i terreni arabili sono passati dai 0,5 ettari pro-capite del 1950 agli attuali 0,3 (Figura 2).

Fortunatamente, nei paesi maggiori produttori di soia e cereali le produzioni unitarie aumentano in maniera esponenziale.

Non possiamo, quindi, pensare di perdere quote significative di derrate alimentari senza l'uso di erbicidi ma, per la sicurezza alimentare ed il rispetto dell'ambiente, il loro uso deve configurarsi in una gestione sostenibile.

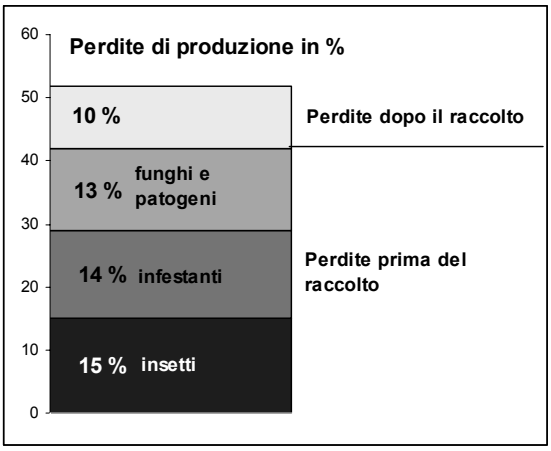


Figura 1. Perdite medie delle colture non trattate sulla produzione totale ottenibile con: riso, frumento, orzo, mais, pomodoro, soia, cotone e caffè; circa il 50% delle aree coltivabili del mondo.

	Popolazione mondiale (miliadi)	Terre arabili e colture permanenti (miliardi di ettari)	Superficie aziendale per persona (ettari)
1950	2.5	1.3	0.5
1975	4.0	1.4	0.4
2000	6.0	1.5	0.3
2020	7.5	1.5	0.2

Fonte: Nazioni Unite

Figura 2. Superfici arabili per persona.

Gli elementi per una gestione sempre più sostenibile degli erbicidi si possono così riassumere:

Possibilità di ridurre il loro impiego

Determinare la soglia economica d'intervento per evitare il trattamento

La soglia economica d'intervento (SEI) è la densità delle piante infestanti alla quale il costo del trattamento eguaglia il beneficio ottenuto con l'eliminazione delle malerbe nell'anno considerato. Differisce dalla soglia economica ottimale d'intervento (SEO), che considera non solo i benefici economici nell'anno in corso, ma anche quelli ottenibili negli anni successivi; ciò, in quanto tiene conto anche del danno della disseminazione delle eventuali malerbe che non vengono eliminate.

Una volta determinata sperimentalmente la relazione matematica tra la densità delle malerbe e la riduzione della produzione, occorre individuare la densità che determina un danno pari al costo del trattamento.

Molte sono state le ricerche effettuate in questo settore, ma allo stato attuale la determinazione della soglia d'intervento incontra non poche difficoltà oggettive, in quanto:

- gli studi sugli effetti della competizione riguardano solo un limitato numero di malerbe e di colture;
- le informazioni disponibili provengono per lo più da ambienti pedoclimatici molto diversi e talvolta poco paragonabili;
- l'effetto della densità delle malerbe sulle colture è stato studiato prevalentemente con infestazioni monospecifiche, mentre mancano quasi del tutto valutazioni su infestazioni plurispecifiche, che prevalentemente si trovano nella realtà;
- non è sempre facile determinare la densità delle malerbe, soprattutto ai primi stadi di sviluppo, quando le differenze utili al riconoscimento da specie a specie sono piuttosto esigue o percepite solo da specialisti;
- i tempi a disposizione per la determinazione della densità, per la scelta dell'intervento più razionale e per la messa in pratica del metodo di lotta sono spesso molto ristretti;
- le infestanti non sono distribuite regolarmente all'interno del campo, ma hanno generalmente una distribuzione "aggregata" (Ferrari *et al.*, 1987) che crea non poche difficoltà per la determinazione della loro densità.

La ricerca scientifica negli anni '80 e '90 ha messo a disposizione degli agricoltori un buon numero di informazioni relative alle Soglie Economiche d'Intervento**.** Per esempio, è risultato che, per normali costi del trattamento, le soglie economiche per le colture primaverili sono inferiori a 4-5 piante m^{-2}, talvolta anche ad 1 pianta m^{-2}. Tuttavia, rimane irrisolto il problema dell'incremento delle infestazioni legate alla produzione di semi da parte delle infestanti presenti al disotto delle soglie d'intervento (e quindi non eliminate). Questo problema sarebbe dovuto essere risolto, come già accennato, con l'individuazione delle cosiddette Soglie Economiche Ottimali che, tuttavia, si sono rivelate di individuazione molto difficile, data l'estrema variabilità dipendente dalla successione colturale, dalle tecniche agronomiche adottate, oltre che dalla specie infestante considerata.

Altro problema legato alla determinazione delle soglie economiche d'intervento è quello relativo al caso delle infestazioni plurispecifiche. Infatti, la SEI permette di valutare l'opportunità di un trattamento mirato verso una singola specie, il che è piuttosto utile in campo entomologico, ma non in campo malerbologico. Alcuni tentativi di determinazione della SEI per infestanti plurispecifiche sono stati fatti dai ricercatori di Padova, con l'adozione del concetto di " Densità Equivalente" che è stato messo alla base di un sistema decisionale (GESTINF) di controllo delle piante infestanti (Berti e Zanin, 1997). Ricerche sulla determinazione della soglia economica d'intervento sono state eseguite negli anni 90 anche da chi scrive.

Individuare per ogni coltura il periodo critico

Tutte le colture, indipendentemente dalle loro caratteristiche ecofisiologiche, presentano un periodo in cui sono particolarmente sensibili alla competizione delle erbe infestanti. La ricerca agronomica si è molto occupata della determinazione, per ogni coltura, del periodo di massima dannosità determinato da singole piante infestanti o, meglio, da ogni associazione vegetale.

Ovviamente, il diserbo durante il periodo critico consente la massima efficacia e razionalità d'impiego degli erbicidi riducendone anche la dose d'applicazione. Molte sono state le ricerche che hanno permesso di concludere che se si effettua il diserbo di pre-emergenza, è necessario scegliere un prodotto con una persistenza tale da mantenere la coltura libera da infestanti per tutta la durata del periodo critico; persistenze inferiori determineranno decrementi produttivi maggiori di quelli attesi, persistenze superiori sono inutili e possono essere anche dannose per l'ambiente e la coltura successiva. Se si effettua il diserbo di post-

emergenza, l'intervento va eseguito all'inizio del periodo critico e deve essere ripetuto se, prima della sua fine, si verificano nuove emergenze di malerbe.
Nel frumento il periodo di massima sensibilità alle erbe infestanti si situa tra l'inizio dell'accestimento e la fine della levata (Montemurro *et al.*, 1991), nel mais tra la terza–quarta e la sesta settimana dopo l'emergenza (Covarelli, 1999; Ferrero *et al.*, 1996), nella barbabietola da zucchero tra la terza e la settima settimana dopo l'emergenza (Meriggi e Sgattoni, 2000), nel girasole tra 40-50 giorni dopo l'emergenza (Covarelli e Tei, 1983).
L'evoluzione della tecnica colturale in alcune specie, come la semina anticipata rispetto all'epoca ritenuta ordinaria (es.: mais), un più rapido iniziale sviluppo fogliare (es.: girasole), un maggior indice di accestimento (es.: frumento) ecc., induce ad approfondire ulteriormente queste ricerche.

Scelta dell'epoca di applicazione degli erbicidi

Per un razionale impiego degli erbicidi è preferibile, quando e dove possibile, eseguire i trattamenti di post-emergenza o di post-trapianto che hanno i seguenti vantaggi:

- si potrà evitare l'intervento se l'infestazione si rivela di entità tale da non causare danni;
- molto prodotto, in rapporto allo stadio della coltura, si ferma sulla vegetazione e non raggiunge il terreno;
- il prodotto da usare ed un'eventuale dose ridotta si potranno scegliere in funzione della qualità e quantità delle piante infestanti presenti;
- si possono usare prodotti poco persistenti nel terreno in quanto, in genere, quelli impiegati hanno un'azione sistemica ad assorbimento fogliare e non residuale ad assorbimento radicale;
- si hanno maggiori possibilità, rispetto alle altre epoche d'intervento, di eliminare gli organi sotterranei delle piante infestanti perenni.

Eseguire trattamenti localizzati

E' possibile localizzare il trattamento di pre o post-emergenza solo sulla fila della coltura, su una striscia di terreno di 25-30 cm e completare successivamente l'azione con una o più sarchiature dell'interfila. In questo modo si ottiene una riduzione della dose ad ettaro anche fino ad un terzo di quella normale (Pannacci e Covarelli, 2005; Covarelli e Pannacci, 2006). Un'ampia descrizione di questa tecnica si ha nel volume "Tecnologia del diserbo localizzato a

pieno campo" (Saggini, 1980). Anche l'esecuzione del diserbo "a tratti", con una diserbatrice dotata di sensori uniti agli ugelli che rilevano la presenza delle erbe infestanti, può diminuire sensibilmente la quantità degli erbicidi da distribuire per unità di superficie.

Eseguire trattamenti frazionati in postemergenza

La maggior parte delle infestanti nelle prime fasi di sviluppo è più sensibile ai trattamenti con erbicidi ad azione sistemica; anticipando quindi il trattamento, si può conseguire una sensibile riduzione della dose d'impiego del prodotto chimico.

Questa tecnica consente di migliorare la selettività dell'erbicida nei confronti della coltura e la sua efficacia verso le piante infestanti. Poiché la somma della quantità di principi attivi distribuiti con trattamenti frazionati dovrebbe essere inferiore a quella da usarsi con un unico trattamento, si può conseguire una riduzione dell'impiego di diserbanti chimici. Ne è stato un classico esempio la riduzione delle dosi d'impiego nel diserbo nella barbabietola da zucchero.

Avvicendare gli erbicidi

Per evitare l'insorgere di fenomeni di resistenza di alcune piante infestanti a determinati erbicidi e lo svilupparsi di una flora di sostituzione, è indispensabile avvicendare gli erbicidi nello stesso terreno e nelle stesse colture. L'uso diffuso e continuato di erbicidi con meccanismi d'azione basati sull'inibizione dell'ALS e ACCasi ha incrementato i fenomeni di resistenza.

Nel mondo, in 60 Paesi, ben 180 specie circa hanno manifestato resistenza ad alcuni erbicidi ed in Italia circa 100.000 ettari sono interessati dal fenomeno della resistenza delle malerbe. L'avvicendamento di principi attivi è molto importante per evitare l'insorgere di una flora di sostituzione o di compensazione che, pur non avendo selezionato una resistenza genetica, aumenterà nello stesso appezzamento richiedendo così dosi elevate di erbicidi, altrimenti non necessarie per eliminare una flora equilibrata.

Studi su questi due aspetti sono stati eseguiti prevalentemente dall'Istituto di Biologia Agroambientale e Forestale del CNR con sede a Legnaro (Sattin, 2005) e dal Dipartimento di Agronomia Ambientale e Produzioni Vegetali della Facoltà di Agraria di Padova.

Impiegare erbicidi con dosaggi ridotti

La maggior riduzione delle dosi d'impiego degli erbicidi si è potuta ottenere con la scoperta delle solfoniluree, dotate di elevata attività biologica nell'inibire l'acetolattatosintetasi (ALS). Il loro impiego ha consentito di ridurre le dosi del 95-98% rispetto a quelle dei prodotti

tradizionalmente usati (Catizone e Zanin, 2001).

Una volta accertata l'effettiva necessità dell'intervento chimico, è necessario che l'agricoltore scelga l'erbicida e la dose d'intervento più opportuni nella situazione floristica e pedo-climatica in esame, in modo da ottenere un'efficacia ottimale, con il minimo input chimico nell'ambiente.

L'unico supporto disponibile per compiere questa scelta in modo razionale è costituito dall'etichetta dei singoli erbicidi, nella quale viene riportata la dose d'impiego o, in alcuni casi, un intervallo di dosi da scegliere in funzione delle caratteristiche del terreno (riservando ad esempio le dosi superiori ai terreni con elevata capacità di scambio cationico) o delle specie infestanti presenti. In realtà, queste indicazioni sono comunque definite con l'esigenza di garantire i migliori risultati anche in condizioni ambientali sfavorevoli e contengono quindi un margine di sicurezza intrinseco (Jensen e Streibig, 1994; Ferris e Haigh, 1993), che fa talvolta incorrere in inutili sovradosaggi (Kudsk, 1989; Davies *et al.*, 1993).

L'impiego degli erbicidi alle dosi più basse di quelle previste in etichetta è teoricamente possibile, se si tengono in considerazione alcuni fattori, quali:

- l'efficacia diserbante (ad esempio efficacia completa del 100% o inferiore) che si vuole ottenere (scelta a priori sulla base della situazione floristica reale);
- la sensibilità delle specie infestanti presenti e il loro stadio di sviluppo;
- le condizioni ambientali al momento del trattamento e nei giorni immediatamente seguenti;
- le caratteristiche chimico - fisiche del terreno (potere adsorbente ed umidità);
- la formulazione del principio attivo (inclusa la presenza di eventuali coadiuvanti, come surfattanti, oli minerali, ecc.).

E' opportuno fornire all'agricoltore una serie di informazioni aggiuntive a quelle riportate in etichetta, in modo da consentirgli un impiego mirato degli erbicidi, in considerazione dei fattori anzidetti. E' auspicabile utilizzare sempre la dose minima sufficiente ad ottenere l'efficacia diserbante voluta, senza inutili sprechi.

Tabella 1. Dose minima di dicamba per un buon controllo (90% di efficacia erbicida) di quattro specie infestanti su sorgo (Covarelli e Onofri, 1995). La dose massima è di 210 g ha^{-1}.

Specie infestante	Dicamba ED90 (g/ha)
Sinapis alba	316
Amaranthus retroflexus	122
Helianthus annuus	101
Portulaca oleracea	221

La tabella 1 mostra come la dose di dicamba per il diserbo in post-emergenza del sorgo possa essere ridotta notevolmente in presenza di infestanti molto sensibili, come il girasole selvatico o l'amaranto. Analogamente, nel diserbo del mais in post-emergenza, mesotrione può essere impiegato a dosi notevolmente ridotte, rispetto a quelle d'etichetta, nei confronti di *Xanthium strumarium* e di altre specie infestanti, molto sensibili a questi principi attivi (tabella 2). Verso le stesse infestanti, invece, clopyralid e thifensulfuron non consentono un controllo soddisfacente neanche alle dosi massime d'impiego.

Tabella 2. Dosi minime di alcuni erbicidi per un controllo soddisfacente (90% di efficacia erbicida) di *Xanthium strumarium* L. ed altre infestanti dicotiledoni su mais. La dose massima d'impiego di ciascun erbicida è riportata in parentesi (Pannacci e Covarelli, 2003).

Specie infestanti	*Principi attivi e relative ED90 (g ha^{-1})*		
	clopyralid (100)	**mesotrione (150)**	**thifensulfuron (11.3)**
Xanthium strumarium	81.5	19.4	>11.3
Chenopodium album	>100	22.4	2.1
Amaranthus retroflexus	>100	28.3	0.9
Solanum nigrum	>100	15.4	>11.3
Totale infestanti	**>100**	**18.0**	**>11.3**

Da ricerche condotte sull'attività degli erbicidi nel terreno, è stato osservato come imazethapyr in un terreno sabbioso raggiunga la stessa efficacia erbicida con un quarto della dose, rispetto ad un terreno organico (Onofri *et al.*, 1997).

Allo stesso modo è stato trovato come imazamox, in un terreno sabbioso, determini la stessa efficacia erbicida con meno di metà della dose, rispetto ad un terreno organico (Tab. 3).

Tabella 3. Concentrazione di imazamox per un'efficacia erbicida del 90%, in dipendenza del tipo di suolo (Pannacci *et al.*, 2006).

Substrato	ED90 (ng a.i. mL^{-1})	Efficienza relativa
Terreno sabbioso	13.76	0.45
Terreno sabbioso-limoso	16.82	0.56
Terreno organico	30.00	1

Impiegare coadiuvanti

I coadiuvanti possono consentire un netto abbassamento delle dosi d'impiego degli erbicidi, in quanto svolgono un ruolo importante nel migliorare la loro ritenzione sulle foglie delle infestanti e la penetrazione al loro interno. I coadiuvanti, infatti, riducono la tensione superficiale (i cosiddetti "tensioattivi") delle gocce delle soluzioni erbicide aumentando la ritenzione (permanenza delle gocce sulle foglie), la bagnabilità (superficie di contatto tra goccia e foglia) e riducendo lo scorrimento superficiale; ciò soprattutto nel caso di superfici fogliari poco bagnabili per l'abbondanza di cere epicuticolari cristallizzate o pelosità. I coadiuvanti, inoltre, rallentano l'evaporazione delle gocce sulla superficie fogliare (soprattutto i "tensioattivi" e gli "umettanti"), aumentano la ritenzione dell'acqua nelle gocce favorendo così l'idratazione del "deposito" e l'assorbimento del principio attivo. Infine, svolgono un'importante azione nella penetrazione cuticolare degli erbicidi: i tensioattivi non ionici lipofili penetrano facilmente attraverso la cuticola, favorendo la diffusione degli erbicidi lipofili; i tensioattivi non ionici idrofili incrementano l'idratazione della cuticola, favorendo la diffusione degli erbicidi idrofili.

Anche se già molto si conosce sull'azione di questi prodotti, la ricerca scientifica dovrebbe chiarire bene quale coadiuvante risulti più efficace nelle diverse condizioni floristiche e/o pedo-climatiche. Ad esempio, è stato visto che la presenza di olio minerale (1 l ha^{-1}) permette di utilizzare dicamba con una dose pari al 60% di quella necessaria senza coadiuvante per controllare *Fallopia convolvulus*, nel diserbo del sorgo da granella (Covarelli e Onofri, 1995). Nel diserbo della barbabietola da zucchero, invece, l'impiego di olio minerale (0.5 l ha^{-1}) in miscela con triflusulfuron-methyl, ha permesso di controllare efficacemente *Polygonum lapathifolium* e *Brassica napus* con una dose di erbicida rispettivamente pari al 18% e al 15% di quella necessaria in assenza di olio minerale (Covarelli e Pannacci, 2000). Altre ricerche (Stagnari *et al.*, 2006) hanno confrontato la validità di olio minerale e vegetale nel migliorare

l'efficacia erbicida di clodinafop-propargyl, mostrando che i due coadiuvanti si sono equivalsi nella gran parte dei casi, anche se il primo ha consentito di conseguire una maggiore riduzione delle dosi (21% vs 12%) a parità di efficacia nei confronti di *Avena ludoviciana* infestante il frumento.

Lo studio dei coformulati è in continua evoluzione; recentemente a quelli tradizionali se ne è aggiunto uno che ottimizza il pH delle soluzioni acquose in cui viene sciolto il prodotto trasformando la sospensione con granuli idrodispersibili (WG) in soluzione con granuli solubili (SG) innalzando il pH da 6,0-6,5 a 9,0-9,5.

I vantaggi di questo nuovo coformulato (SXTM) consistono in una completa disponibilità del p.a. al quale si aggiunge, una maggior efficacia e velocità dell'attività erbicida, un più veloce assorbimento da parte delle piante infestanti e l'assenza di depositi sulle attrezzature con conseguente più facile loro pulizia.

Eseguire miscele di erbicidi

L'unione e la distribuzione contemporanea di più principi attivi con spettro di azione complementare per eliminare infestazioni plurispecifiche aiuta a ridurre, almeno potenzialmente, l'impiego degli erbicidi. Ciò in quanto riduce la pressione di selezione delle molecole, lo sviluppo della resistenza e l'insorgere della flora di compensazione e di sostituzione, sempre più difficile da eliminare se non con dosi molto elevate di erbicidi.

Le informazioni relative alle Dosi Efficaci (ED) di un determinato erbicida in una data situazione pedo-climatica o alla sua efficienza relativa nei confronti di diverse specie di malerbe, sono parametri molto utili a supporto delle scelte dell'agricoltore. Infatti, utilizzando un erbicida ad un dosaggio adeguato all'efficacia erbicida voluta, si è sicuri di conseguire il miglior risultato con il minimo della dose.

Tuttavia, non bisogna dimenticare che le colture agrarie sono normalmente infestate da più specie di malerbe, spesso caratterizzate da un diverso grado di sensibilità ad un determinato erbicida. In questa situazione è possibile:

a) utilizzare un solo erbicida a dose sufficientemente alta tale da ottenere un buon controllo anche delle malerbe più tolleranti (se questo è possibile, nell'ambito dell'intervallo di dosi previsto in etichetta);
b) miscelare due o più erbicidi con spettro d'azione complementare.

E' ovvio che la seconda strategia è molto più razionale della prima, perché spesso consente di contenere il dosaggio globale di erbicida oltre a diminuire la pressione di selezione sulla flora infestante.

Su pomodoro, ad esempio, è stato riscontrato che ne' rimsulfuron ne' metribuzin, alle dosi indicate in etichetta, sono sufficientemente efficaci nei confronti di *Solanum nigrum*, ma la loro miscela (10 g ha^{-1} di rimsulfuron + 150 g ha^{-1} di metribuzin) consente invece di ottenere un'efficacia erbicida soddisfacente (Onofri *et al.*, 1995). Su girasole, in presenza di infestazioni miste di specie graminacee e dicotiledoni, la miscela di s-metolachlor + oxyfluorfen ha permesso un controllo risolutivo anche a dosi del 30% inferiori rispetto a quelle indicate in etichetta (Pannacci *et al.*, 2007).

Utilizzare solo isomeri attivi

Come è noto, gli stereoisomeri sono composti che hanno la stessa formula molecolare, ma con un differente orientamento tridimensionale nello spazio degli atomi. Due stereoisomeri che sono l'uno immagine speculare dell'altro e non sono tra loro sovrapponibili si chiamano enantiomeri.

Gli enantiomeri sono molecole "chirali", cioè non hanno elementi di simmetria. Moltissimi composti organici sono chirali, compresi un gran numero di agrofarmaci.

Questo fenomeno interessa anche alcune molecole erbicide ed è particolarmente importante perché i due isomeri possono essere caratterizzati da una diversa attività biologica. La ricerca si è sviluppata soprattutto in alcune molecole appartenenti alla famiglia chimica degli arilossifenossipropianati (fenoxaprop-ethyl, quizalofap e fluazifop) e delle acetanilidi (alaclor e metolaclor). Di questi la formula isomerica levogira non possiede alcuna attività erbicida al contrario di quella destrogira (fenoxaprop-p-ethyl, quizalofop-p-ethyl, fluazifop-p-buthyl).

I formulati commerciali di questi principi attivi erano costituiti fino a poco tempo fa da una miscela racemica dei due isomeri: l'eliminazione di quello inattivo consente di utilizzare metà dose di principio attivo. Ciò in quanto gli erbicidi contenenti solo isomeri attivi, utilizzati a dose dimezzata, hanno la stessa efficacia erbicida del prodotto contenente la miscela racemica.

Scelta di erbicidi con il profilo ecotossicologico più favorevole

Scelta in funzione delle caratteristiche ecotossicologiche

E' noto che gli erbicidi, così come tutti gli altri prodotti fitosanitari, possono essere distinti in quattro classi principali, in funzione delle loro caratteristiche tossicologiche per la salute umana: molto tossici (T+), tossici (T), nocivi (Xn) ed irritanti (Xi).

Per ciò che riguarda invece il comparto ambiente distinguiamo prodotti molto tossici e tossici (N), nocivi e capaci di produrre danni a lungo termine a causa della loro persistenza o scarsa biodegradabilità.

Ovviamente per una loro gestione sostenibile è indispensabile, a parità di efficacia, usare quelli con minor tossicità acuta e cronica per l'uomo e l'ambiente, ed in generale più ecocompatibili, indipendentemente dal costo economico.

Mentre un tempo ci si limitava alla ricerca della tossicità acuta di un prodotto, attualmente per la registrazione di un agrofarmaco, necessitano prove che coinvolgono numerosi settori della tossicologia e della ecotossicologia.

Tali sperimentazioni sono attualmente regolamentate da una articolata normativa che interessa diversi aspetti, dalla produzione all'impiego, comprendendo anche i limiti dei residui negli alimenti.

La regolamentazione in fatto di autorizzazione, affinché una sostanza attiva possa essere utilizzata nei prodotti fitosanitari, viene accordata, ai sensi del decreto Legislativo 194 del 17/3/1995, in "*assenza di effetti nocivi sulla salute dell'uomo e degli animali e di effetti inaccettabili sull'ambiente, associati all'impiego dei preparati, secondo un'applicazione conforme alle buone pratiche fitosanitarie*".

Le informazioni necessarie all'approvazione di una sostanza, affinché questa possa essere ammessa all'impiego nei prodotti fitosanitari, vengono vagliate dal Ministero della Sanità che esamina tutte le proprietà della sostanza, per identificare e contenere i possibili pericoli per la salute umana, animale ed ambientale. Tutte le informazioni tecniche e sperimentali relative ad una sostanza sono raccolte in un dossier tecnico che comprende i seguenti aspetti:

-identità della sostanza (denominazione, n.CAS, formula, peso molecolare, purezza, ecc);

-caratteristiche fisico-chimiche (punto di fusione ed ebollizione, densità, tensione di vapore, solubilità, coefficiente di ripartizione, infiammabilità, ecc.);

-metodiche analitiche per l'identificazione e la determinazione dei residui in alimenti, mangimi, suolo, acqua, aria;

-tossicità acuta (DL50 orale, inalatoria, cutanea, irritazione, sensibilizzazione);

-tossicità a breve e medio termine (subacuta e subcronica, a 28 o 90 giorni);

-tossicità a lungo termine e cancerogenesi;

-genotossicità e mutagenesi;

-metabolismo e tossicocinesi (studi con il composto marcato);

-teratogenesi (effetti su fertilità, riproduzione e sviluppo);

-neurotossicità;

-caratteristiche ecotossicologiche (effetti su pesci, anfibi, molluschi, crostacei, alghe, batteri, protozoi, uccelli, invertebrati, api, artropodi, piante ed organismi non-target);
-destino e comportamento ambientale (reattività, trasformazione e degradazione, assorbimento e mobilità nel suolo, volatilizzazione, evaporazione e persistenza);
-studi sulla contaminazione della catena alimentare;
-dati sull'esposizione (studi epidemiologici sugli operatori e sui consumatori; dati ricavati a seguito di esposizioni accidentali);
-misure d'emergenza ed in attivazione;
-classificazione ed etichettatura (per la salute umana e per l'ambiente);
-definizione dei limiti di rischio (ADI, NOEL, AOEL, MRL's, tempi di carenza).

Uno degli aspetti importanti, conseguente all'esame degli aspetti sopra elencati, è la caratterizzazione del prodotto in relazione alla sua tossicità intrinseca, dovuta sia ad effetti immediati che a lungo termine; questo permette il suo inserimento nelle classi tossicologiche sopra individuate secondo parametri armonizzati a livello internazionale. La base di una procedura di autorizzazione è la valutazione del rischio in relazione alla destinazione d'uso, tale valutazione coinvolge aspetti di salute pubblica, salute occupazionale e sicurezza ambientale.

La stima del rischio può essere definita come la valutazione quantitativa della probabilità che si verifichi un certo effetto ambientale come risultato dell'esposizione quantitativa ad una sostanza. Un accurato monitoraggio degli aspetti succitati porta ad una corretta stima del rischio derivante dall'esposizione, volontaria od involontaria. La caratterizzazione di una sostanza potenzialmente pericolosa è quindi in funzione di due diversi fattori che contribuiscono alla sua pericolosità: l'esposizione alla sostanza in esame e gli effetti derivanti da questa esposizione.

Una valutazione di pericolo si basa su studi tossicologici più o meno complessi che hanno come obiettivo la definizione di un livello di non effetto per l'uomo (NOEL). Sono inoltre necessari studi sulla distribuzione e sul destino ambientale, condotti sia attraverso modelli previsionali che mediante monitoraggio sperimentale, finalizzati alla definizione di una possibile compartimentalizzazione della sostanza, successivamente alla sua emissione, ed alla quantificazione della concentrazione di questa nei diversi substrati (PEC: Predicted Environmental Concentration).

Per una corretta stima del rischio sono valutati sia fattori intrinseci alla sostanza in esame (attività biologica, proprietà chimico-fisiche che influenzano la distribuzione), sia fattori estrinseci dipendenti dalle caratteristiche delle emissioni (quantità e modalità delle emissioni)

e dalle caratteristiche ambientali (sistemi biologici, tipo di organismi esposti, caratteristiche degli ecosistemi).
In mancanza di informazioni specifiche potranno essere utilizzati modelli previsionali tipo QSAR (Quantitative Structure Activity Relationship).
Ai fini della tutela del consumatore, sulla base degli elementi suddetti, si procederà infine alla fissazione di un limite legale di residuo nell'alimento (MRL: Maximum Residue Limit) di tipo cautelativo.

Reperimento di nuovi erbicidi

L'introduzione di nuovi erbicidi richiede una serie di valutazioni che riguardano soprattutto la salute del consumatore e la salvaguardia dell'ambiente. Proprio per questa complessità di ricerche, sempre meno sono gli erbicidi che annualmente vengono immessi nel mercato.
La ricerca agronomica che viene effettuata annualmente dalle Università di Bologna, Bari, Padova, Perugia e Torino e da alcuni organismi regionali, soprattutto dal CRPV in Emilia-Romagna, mette a punto l'impiego delle nuove molecole segnalate selettive per alcune colture dopo un primo screening effettuato dalle industrie agrochimiche. L'obiettivo principale è quello di determinare il livello di selettività nei confronti della coltura, la dose ottimale d'impiego, gli effetti nelle colture successive e su quelle di sostituzione e l'eventuale sensibilità varietale ed ovviamente l'efficacia erbicida. Va sottolineato il fatto che questa ricerca non è finalizzata alla totale eliminazione delle malerbe ma all'individuazione di quella soglia d'intervento di cui si è parlato, in quanto si è consapevoli che la presenza di poche piante infestanti non inficia la produzione delle colture. I dati che scaturiscono da questa ricerca sono indispensabili per l'autorizzazione all'impiego dell'erbicida. Si prevede che entro il 2008 saranno ritirati dal mercato 12 erbicidi. Gli inconvenienti per l'agricoltura di questa mancanza saranno attenuati dalla registrazione di nuove sostanza attive. Tuttavia, si precisa che nell'ultimo triennio sono stati registrati solo 5 nuovi pp.aa., mentre nel penultimo ben 23.

Scelta in funzione dell'impatto ambientale

Oltre agli aspetti strettamente agronomici (qualità del controllo delle malerbe, livello di perdita di resa della coltura, ecc.), una scelta attenta del mezzo di controllo dell'infestazione dovrebbe tener conto anche degli aspetti tossicologico-ambientali degli erbicidi impiegati. Uno dei possibili effetti collaterali negativi dell'impiego degli erbicidi, è la comparsa di fenomeni di fitotossicità residua (*carry-over* dei residui) sulle colture seminate in successione a quella diserbata. Il problema è particolarmente preoccupante per le colture intercalari o

quelle di sostituzione, che vengono riseminate poco tempo dopo il trattamento erbicida nella coltura precedente.

Anche se la letteratura agro-chimica fornisce moltissime informazioni relative alla velocità di degradazione (semivita) degli erbicidi nelle diverse condizioni pedo-climatiche, rimane in larga misura da risolvere il problema di conoscere il significato del residuo in termini di attività biologica. Si tratta quindi di studiare per ciascun erbicida le soglie minime di concentrazione nel terreno che non producono effetti apprezzabili (denominate NOELs) nei confronti delle più diffuse colture di successione o sostituzione. Studi di questo tipo sono stati eseguiti per rimsulfuron e imazethapyr (Onofri, 1996), primisulfuron e nicosulfuron (Onofri e Covarelli, 1996), carfentrazone, flupyrisulfuron, metsulfuron e triasulfuron (Dongiovanni *et al.*, 2000), imazamox (Pannacci *et al.*, 2002; 2006). Queste ricerche hanno mostrato come il significato biologico del residuo può essere molto diverso da erbicida ad erbicida, da coltura a coltura e da terreno a terreno portando alla definizione di intervalli di risemina molto variabili, la cui conoscenza diviene fondamentale per assicurare al sistema colturale la necessaria flessibilità in termini di scelta delle colture.

La persistenza di un erbicida nel terreno è importante anche per la sua degradabilità e mobilità che possono creare notevoli problemi di inquinamento delle falde freatiche, dei corsi d'acqua e dell'atmosfera.

Va sottolineato che la concentrazione a cui l'erbicida cessa di essere attivo biologicamente nel terreno può essere molto elevata a causa dei fenomeni di adsorbimento.

Si può quindi comprendere come la persistenza ambientale e quella agronomica possono non coincidere. L'obiettivo degli studi di mobilità e di degradabilità è stato quello di definire la persistenza di un erbicida nel terreno e le variazioni della sua distribuzione lungo il profilo in epoche successive a quelle del trattamento.

Una valutazione dell'impatto ambientale degli agrofarmaci ha riguardato la valutazione dei parametri di misura dei principali processi di diffusione (lisciviazione e degradazione) delle sostanze attive e dei loro metaboliti ed anche, utilizzando dei parametri come input, la previsione della loro diffusione ambientale mediante adatti indici e modelli matematici revisionali.

La valutazione della pericolosità di inquinamento da agrofarmaci dell'aria e delle acque profonde e superficiali viene effettuata, come primo approccio, mediante adatti modelli matematici. Per la registrazione dei prodotti fitosanitari si utilizzano quelli FOCUS che sono stati messi a punto in sede comunitaria per uniformare il giudizio dei singoli stati membri sulla registrazione degli agrofarmaci. Tali modelli consentono la determinazione dei

cosiddetti PEC (Predicted Environmental Concentration = Concentrazione Ambientale Prevista). Essi utilizzano come input i parametri di mobilità (K_{oc}), degradabilità (DT_{50}) e volatilità (K_H) del principio attivo e di tutti i metaboliti significativi, nonché tutte le informazioni sul clima, suolo, coltura e pratiche agronomiche.

I quattro PEC principali sono il PECs (suolo), PECgw (acque di falda), PECsw (acque superficiali) e PECa (aria). Se i PEC dimostrano la non pericolosità di un agrofarmaco, il prodotto può considerarsi innocuo, se viceversa ne dimostrano la pericolosità, questa va confermata attraverso prove lisimetriche e di campo. Se anche queste confermano che l'inquinamento è significativo, il prodotto non verrà impiegato.

Dall'accordo Stato-Regioni è scaturito un Piano di controllo delle conseguenze dell'uso degli agrofarmaci sull'ambiente, con l'obiettivo di individuare l'eventuale presenza di agrofarmaci nelle acque sotterranee e superficiali (Paris, 2005).

Capri (2005) ha studiato la contaminazione puntiforme delle acque sotterranee da agrofarmaci indicando strategie per la mitigazione, mentre Trevisan e coll. (2005), hanno svolto ricerche sulla contaminazione diffusa e la metodologia per individuare le aree vulnerabili anche mediante la modellistica Focus. Rapparini e coll. (1996; 2004; 2005) hanno svolto numerose prove sperimentali sulla persistenza e percolazione dei nuovi erbicidi selettivi per le principali colture da pieno campo e da orto con l'obiettivo, raggiunto, di determinare gli effetti sulle colture di successione o di sostituzione e l'eventuale contaminazione delle acque di falda e delle derrate alimentari. I dati ottenuti da queste ricerche costituiscono un'ottima fonte d'informazione.

Nuovi formulati commerciali

Dalle polveri bagnabili, dispersibili e solubili concentrate, che presentano rischi di tossicità per gli operatori per inalazione e contatto dermale, si è passati, per la quasi totalità degli erbicidi, a sospensioni concentrate ed ai granuli idrodispersibili. Questi non contengono solventi e riducono il contatto con l'operatore essendo il principio attivo inglobato in un materiale inerte prevalentemente costituito da polimeri plastici.

Questi polimeri vengono attraversati lentamente dalle molecole erbicide permettendo un'attività residuale nel terreno più prolungata che non con le altre formulazioni. Altri vantaggi della microincapsulazione consistono in un minor assorbimento dermale dell'operatore ed in una ridotta mobilità della molecola che è soggetta ad una minor lisciviazione quindi ad una minore probabilità di arrivare nelle falde freatiche.

Conclusioni

L'impiego degli erbicidi costituisce il cardine della difesa delle colture dalle erbe infestanti ed è da considerarsi indispensabile nella quasi totalità delle piante coltivate.

Negli ultimi anni, grazie all'introduzione di erbicidi ad elevata attività biologica (solfoniluree e imidazolinoni), c'è stata una progressiva diminuzione delle dosi d'impiego, dovuta anche ai risultati delle ricerche scientifiche ed alle continue, talvolta assillanti, raccomandazioni di un loro impiego sempre più razionale.

Le singole strategie illustrate nel loro insieme possono contribuire significativamente ad una gestione sempre più sostenibile dell'uso degli erbicidi con conseguenti effetti positivi sia sulla sicurezza alimentare che nel rispetto dell'ambiente.

Bibliografia

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.

Capri E (2005). "La contaminazione puntiforme delle acque sotterranee da agrofarmaci: Strategie per la mitigazione". *Atti XV Convegno S.I.R.F.I.*, Bergamo, 21-22/11/2005, pp. 211.

Catizone P, Zanin G (2001). Malerbologia, pp. 925, Patron editore.

Covarelli G, Onofri A (1995). Influence of adjuvants on the efficacy of post-emergence applications of dicamba and terbuthylazine. *Proceedings 16th COLUMA Conference*, 6, 7, 8 December 1995. Reims, 1, 461-464.

Covarelli G, Tei F (1983). Il danno causato dalla tardiva eliminazione delle erbe infestanti nella coltura del girasole. *Atti convegno SILM*, 154-161.

Covarelli G (1999). Controllo della flora infestante. Le principali colture agrarie. Edagricole.

Covarelli G, Pannacci E (2000). "Ottimizzazione delle dosi d'impiego di triflusulfuron-methyl nella barbabietola da zucchero". *Atti XII Convegno S.I.R.F.I.*, Milano, 5-6/12/2000, 175-184.

Covarelli G, Pannacci E (2006). Mechanical weed control in maize, sunflower and soyabean in central Italy. *Proceedings 3rd International Conference on non Chemical crop protection methods*, 13-15 March, Lille, France, 59-69.

Davies DHK, Proven MJ, Courtney AD, Lawson HM (1993). Comparison of the use of weed thresholds and routine herbicide use at reduced rates on the economics of cereal production in the rotation. *Proceedings 8th EWRS Symposium*, Braunschweig, 747-754.

Dongiovanni G, Covarelli L, Onofri A (2000). Attività biologica, persistenza nel terreno ed intervalli di risemina di quattro erbicidi per il diserbo del frumento. *Atti Giornate Fitopatologiche 2000*, Perugia, 2, 471-476.

Ferrari C, Baldoni G, Tei F (1987). “Lo studio della vegetazione infestante le colture agrarie”. *Convegno SILM*, MI, 1987, pp. 208-215

Ferrero A, Scanzio M, Acutis M (1996). Critical period of weed interference in maize. *Proceedings of the 2nd International Weed Control Congress*. Copenaghen, 171-177.

Ferris IG, Haigh BM (1993). Herbicide persistence and movement in Australian soils: implications for agriculture. In J. Altman, editor. *Pesticide Interactions in crop Production: beneficial and deleterious effects.* CRC Press, Boca Raton, Florida, 133-160.

Jensen JE, Streibig J (1994). Herbicide dose-response curves and sustainable agriculture. *EU HARMA Concerted Action Workshop "Quantitative Methods for Sustainable Agriculture"*, Edinburgh, 15-33.

Kudsk P (1989). Experiences with reduced herbicide doses in Denmark and the development of the concept of factor-adjusted doses. *Proceeding Brighton Crop Protection Conference, Weeds*, pp 545-553.

Meriggi P, Sgattoni P (2000). L’ottimizzazione del diserbo nella barbabietola da zucchero. *Atti XII Convegno S.I.R.F.I.,* Milano, 5-6 dicembre 2000, 69-91.

Montemurro P, Castrignano A, Sarli G (1991). Effetti della durata del periodo di competizione delle malerbe nella coltura del frumento duro (*Triticum durum* Desf.). *Convegno SILM*, RI, pp. 208-215

Oerke EC, Dehne HA (1994). Crop Production and Crop Protection. *Estimated Losses in Major Food and Cash Crops*. Elservier SAcience B.V. Amsterdam, The Netherlands.

Onofri A (1996). Biological activity, field persistence and safe recropping intervals for imazethapyr and rimsulfuron on a silty-clay soil. *Weed Research* 36: 73-83.

Onofri A, Covarelli G (1996). No Observable-effect levels for soil residues of two sulfonylurea herbicides. *Proceedings of the 2nd International Weed Control Congress*, Copenhagen, pp 349-354.

Onofri A, Covarelli G, Tei F (1997). Ruolo e potenzialità delle curve dose-risposta nella costruzione di un sistema razionale di lotta alle malerbe. *Rivista di Agronomia*: 31, 3 Suppl., 713-723.

Onofri A, Covarelli L, Tei F (1995). Efficacy of rimsulfuron and metribuzin against Solanum nigrum L. at different growth stages in tomato. *Proc. 16° COLUMA Conference, International Meeting on Weed Control*, Reims, pp 993-1000.

Pannacci E, Covarelli G (2003). Control of common cocklebur (*Xanthium strumarium* L.) in maize using different herbicides at reduced doses. *Proceedings 7th EWRS Mediterranean Symposium,* Adana, Turkey, 6-9 May, pp 91-92.

Pannacci E, Covarelli G (2005). Mechanical weed control in sunflower. *Proceedings 13th EWRS International Symposium*, 20-23 June, Bari, Italy.

Pannacci E, Covarelli G, Onofri A (2002). No-Observable-Effect Levels for imazamox in hydroponic culture. *Proceedings 12th EWRS Symposium*, Wageningen, pp 118-119.

Pannacci E, Onofri A, Covarelli G (2006). Biological activity, availability and duration of phytotoxicity for imazamox in four different soils of central Italy. *Weed Research* 46: 243-250.

Pannacci E, Graziani F, Covarelli G (2007). Use of herbicide mixtures for pre and post-emergence weed control in sunflower (*Helianthus annuus*). *Crop Protection* 26: 1150-1157.

Paris P (2005). “Piano di controllo degli effetti ambientali dei prodotti fitosanitari”. *Atti XV Convegno S.I.R.F.I.*, Bergamo, 21-22/11/2005, pp. 209.

Rapparini G (1996). Il diserbo delle colture. Edizioni l’Informatore Agrario, pp. 496.

Rapparini G (2004). Il diserbo delle colture. Presentazione dei risultati della sperimentazione 2003. DIPROVAL – Centro di Fitofarmacia, Università di Bologna in collaborazione con CRPV, Regione Emilia-Romagna, Cesenatico 10-11 febbraio 2004, pp 131.

Rapparini G (2005). Il diserbo delle colture. Presentazione dei risultati della sperimentazione 2004. DIPROVAL – Centro di Fitofarmacia, Università di Bologna in collaborazione con CRPV, Regione Emilia-Romagna, Cesenatico 31 gennaio – 01 febbraio 2005, pp 131.

Saggini A (1980). Tecnologia del diserbo localizzato ed a pieno campo. Edagricole, pg. 78

Sattin M (2005). Herbicide resistance in Europe: (an overview). *Crop Science e Technology*. pp. 131-138.

Scheitza R (2006). Science and society: Caring for future needs. *Proceedings of the science Forum*, 5-15.

Stagnari F, Onofri A, Covarelli G (2006). Influence of vegetable and mineral oils on the efficacy of some post-emergence herbicides for grass weed control in wheat. *Journal of Pesticide Science* 31: 339-343.

Trevisan M, Fait G, Balderacchi M, Ferrari F, Capri E (2005). “La contaminazione diffusa delle acque sotterranee da agrofarmaci. L’individuazione delle aree vulnerabili”. *Atti XV Convegno S.I.R.F.I.*, Bergamo, 21-22/11/2005, pp. 213.

Yudelman M (1998). Water and food in developing countries in the next century. In: Waterlow J.C., Armstrong D. G., Fowden L., Riley R., (Eds). *Feeding a World Population of More Than Eight Billion People: Challenge to Science*. Oxford University Press, Oxford.

ATTI XVI *Convegno S.I.R.F.I.*, 2007, 55-63.

LE STRATEGIE NELLA GESTIONE SOSTENIBILE DEGLI AGROFARMACI: I FUNGICIDI

FARETRA F.

Dipartimento di Protezione delle Piante e Microbiologia applicata, Università degli Studi di Bari
E-mail: faretra@agr.uniba.it

Riassunto
La recente proposta della nuova direttiva UE sull'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari indurrà un'ulteriore evoluzione della gestione della protezione delle colture. La presente nota sintetizza brevemente lo stato dell'arte nella protezione dalle malattie fungine e quanto l'assistenza tecnica e gli agricoltori possono attendersi nel prossimo futuro dal nuovo contesto normativo che dà crescente priorità all'ambiente ed alla sicurezza alimentare.

Parole chiave
Protezione delle colture; Malattie fungine; Agrofarmaci; Sostenibilità.

Summary

Strategies on sustainable use of pesticides: fungicides

The recent proposal of the new EU Directive on the sustainable use of pesticides will lead to further evolution in crop protection management. The paper briefly summarizes the state of the art in protection from fungal diseases and what extension services and growers can expect in the near future from the new regulatory framework giving increasing priority to environment and food safety.

Keywords
Crop protection; Fungal diseases; Pesticides; Sustainability.

Introduzione

Il Sesto Programma d'Azione per l'ambiente dell'Unione Europea ha formulato una strategia tematica che persegue l'obiettivo globale di ridurre l'impatto dei prodotti fitosanitari sulla salute umana e sull'ambiente e, più in generale, di ottenere un uso più sostenibile dei prodotti fitosanitari ed una sensibile riduzione dei rischi, oltre che dell'utilizzo di tali mezzi coerentemente con la necessità di garantire il giusto livello di protezione delle piante dei prodotti vegetali contro i parassiti. Gli obiettivi specifici della strategia tematica sono (decisione n. 1600/2002/CE):

- minimizzare i pericoli e i rischi per la salute e l'ambiente derivanti dall'impiego dei prodotti fitosanitari;
- migliorare i controlli sull'utilizzo e sulla distribuzione dei prodotti fitosanitari;
- ridurre i livelli di sostanze attive nocive anche mediante la sostituzione di quelle più pericolose con alternative più sicure, incluse le alternative non chimiche;
- incentivare l'utilizzo di coltivazioni con un impiego ridotto o nullo di prodotti fitosanitari, fra l'altro mediante una maggiore sensibilizzazione degli utilizzatori, promuovendo l'uso di codici di buone pratiche e l'esame dell'eventuale applicazione di strumenti finanziari;
- pervenire a un sistema trasparente di segnalazione e controllo dei progressi compiuti nel conseguimento degli obiettivi strategici, compreso lo sviluppo di indicatori appropriati.

La proposta di Direttiva UE sull'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari si inquadra nell'ambito della attuazione di tale strategia tematica. A tale proposito, sono già previste misure specifiche che incentivano un'agricoltura a basso apporto di prodotti fitosanitari nell'ambito della politica agricola comune (PAC) e, in particolare, nel contesto del Reg. (CE) n. 1698/2005 sul sostegno allo sviluppo rurale. Del resto, il Reg. (CE) n. 396/2005, riguardante i livelli massimi di residui (LMR) di antiparassitari presenti nei prodotti alimentari e nei mangimi, ha già rafforzato i programmi di monitoraggio annuali. Il monitoraggio dei prodotti fitosanitari nell'ambiente è, inoltre, una delle attività previste dalla direttiva quadro sulle acque.

Protezione integrata

Si è, pertanto, ad un nuovo passo del processo di continua evoluzione dell'approccio alla protezione delle colture. Basti considerare solo la terminologia impiegata nel corso del tempo: da lotta alle malattie si è passati alla difesa e, quindi, alla protezione delle colture o anche alla gestione delle malattie. Ciò evidenzia i profondi cambiamenti dei criteri di approccio, passati da una tendenza ad eliminare del tutto i parassiti fino ad arrivare ad una loro gestione in modo tale da evitarne la dannosità.

La protezione delle colture è evoluta, quindi, dall'impiego prevalente, se non esclusivo, di prodotti fitosanitari chimici ad un concetto di protezione integrata, basata sull'uso combinato e razionale dei diversi mezzi disponibili mirato a massimizzare i benefici ed a ridurre al minimo i rischi e gli effetti collaterali negativi.

Anche nell'impiego dei prodotti fitosanitari di sintesi si è passati dai trattamenti "a turno fisso" o "a calendario" alla cosiddetta "lotta guidata", inglobata, poi, dal concetto di

protezione integrata che prevede l'uso combinato dei vari mezzi di intervento con la tendenza a limitare il più possibile l'impiego di mezzi chimici. Ciò è possibile anche grazie alla notevole evoluzione delle tecniche colturali, sempre più mirate a ridurre la dannosità dei parassiti, l'impatto ambientale ed i costi di produzione.

E' bene sottolineare che le strategie di protezione integrata devono essere riferite al particolare contesto operativo. Basti considerare, ad esempio, la dannosità delle malattie e le differenti necessità, quindi, di protezione delle colture in differenti ambienti pedo-climatici ed in differenti contesti colturali. Pertanto, disciplinari di protezione integrata di valenza "universale" non sono possibili e sarebbero, anzi, un ostacolo alla razionalizzazione della protezione. Ciò che, invece, sarebbe molto utile definire sono i criteri generali, le linee guida, condivisi e riconosciuti da tutti, da rispettare nell'approntamento di un disciplinare e nella sua corretta applicazione.

Nel recente passato, un contributo alla razionalizzazione della protezione delle colture è stato fornito dal Reg. CEE n. 2078/92 che, con la misura A1 "Sensibile riduzione dell'impiego dei fitofarmaci", prevedeva una incentivazione economica all'adozione di disciplinari di protezione integrata regionali. L'incentivazione sussiste ancora oggi se pur diversamente, in modo diretto o indiretto, nelle varie regioni.

La direttiva sull'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari viene ad essere proposta in un momento di transizione già alquanto confuso a causa del lento progresso della revisione dei prodotti fitosanitari, previsto dalla Dir. 414/91/CEE del 15.7.1991, e dalla applicazione delle Direttive 1999/45/CE e 2001/60/CE relative alla classificazione, all'imballaggio e all'etichettatura dei preparati pericolosi.

La Grande Distribuzione Organizzata

Le richieste sempre più pressanti di adottare sistemi di certificazione a garanzia della qualità e della sicurezza alimentare da parte dei mercati internazionali e della Grande Distribuzione Organizzata (GDO), da qualche tempo influenzano in modo assai marcato le strategie di protezione, specialmente per le colture ad alto reddito e per i prodotti destinati all'esportazione. Sia gli operatori commerciali che le aziende agricole sono oggi sempre più frequentemente chiamati a rispettare norme cogenti (HACCP), certificazioni volontarie del sistema di gestione aziendale (qualità, ambiente, sicurezza, ecc.), certificazione volontaria di prodotto, disciplinari di produzione e protezione integrata, disciplinari di marchi di origine o commerciali, nonché capitolati di fornitura della GDO.

Le due forme di certificazione volontaria (di processo e di prodotto) vanno evolvendo integrandosi in protocolli di certificazione che sono destinati a rappresentare la forma più completa di garanzia di qualità e sicurezza. Ciò è evidenziato, ad esempio, dalla crescente richiesta della certificazione volontaria EUREPGAP per aziende agricole. Questa contempla in modo esauriente e fin troppo stringente l'individuazione dei momenti critici e di controllo nell'intero processo di produzione, dall'impianto della coltura alla raccolta e commercializzazione dei prodotti ortofrutticoli, e mira a fornire garanzie sulla qualità del prodotto e del processo produttivo, sulla salvaguardia dell'ambiente ed anche sulla qualità di vita degli stessi operatori (http://www.eurep.org).

Nel complesso, l'adozione dei vari sistemi di garanzia di qualità non può che essere vista in modo positivo in quanto induce il comparto agricolo ad adottare processi produttivi eco-compatibili e trasparenti ed a fornire al consumatore garanzie di qualità, sicurezza alimentare e tracciabilità dei prodotti. Di contro, si assiste oggi al moltiplicarsi, spesso per motivazioni puramente commerciali e non scientifiche o tecniche, di disciplinari di produzione e protezione (capitolati tecnici della GDO) estremamente variegati e ad arbitrarie richieste riguardo le concentrazioni ammesse di residui di prodotti fitosanitari che complicano pesantemente ed inutilmente l'operato dei tecnici e delle aziende agricole e rendono spesso irrazionali le strategie di protezione. Basti considerare che spesso è stabilito un numero massimo di prodotti fitosanitari rinvenibili come residui nel prodotto al momento della raccolta. Ciò forza all'impiego prolungato nel tempo di una o poche molecole in contrasto a tutte le raccomandazioni miranti a prevenirne la perdita di efficacia a causa di acquisizione di resistenza nel patogeno bersaglio.

Sistemi di supporto alle decisioni

Un valido contributo a migliorare la protezione integrata potrebbe derivare dagli avanzamenti tecnologici nei settori della informatica e delle comunicazioni, mediante sistemi di supporto alle decisioni di varia tipologia:

- Modelli epidemiologici previsionali. Allo stato attuale, sono strumenti utili per comprendere i processi epidemici, ma mostrano spesso limiti nella previsione delle epidemie in campo a causa della complessità delle interazioni ospite-patogeno-ambiente e, pertanto, trovano largo impiego nella ricerca ma ancora scarsa applicazione in pratica. Ciononostante, numerosi esempi, sia in Italia sia a livello internazionale, mostrano che possono essere utili ai servizi di assistenza tecnica per migliorare le strategie di

protezione delle colture. Per una loro più diffusa applicazione pratica è necessario incrementare le ricerche sull'epidemiologia quantitativa delle malattie, mettere a punto sistemi semplici ed affidabili di rilevazione dei dati biologici ed ambientali, nonché sensibilizzare i possibili utilizzatori per incrementare il loro interesse su tali strumenti.

- Sistemi esperti. Sistemi informatici on line possono incorporare banche dati sulla evoluzione delle fasi fenologiche della coltura e delle epidemie in comprensori omogenei, anche accompagnate da modelli epidemiologici previsionali, che forniscono la base conoscitiva grazie alla quale il software può fornire indicazioni sul rischio di danno di una malattia e simulare il processo decisionale tecnico che formula il suggerimento sulla necessità o meno di un intervento.
- Sistemi di allerta. Si tratta di varie metodologie che organizzazioni di assistenza tecnica possono utilizzare per informare gli operatori sul rischio di dannosità di malattie caratterizzate dal manifestarsi rapidamente in interi comprensori (ad esempio, peronospora della vite) e sulla necessità, quindi, di intervenire. I classici bollettini fitosanitari cartacei oggi potrebbero essere affiancati o sostituiti da messaggi di posta elettronica o, come più spesso avviene, dall'invio di SMS, sistema generalmente preferito a causa dell'ampia diffusione della telefonia mobile anche fra operatori agricoli.

Agricoltura biologica

La protezione delle colture in regime di agricoltura biologica si differenzia rispetto a quella condotta in agricoltura convenzionale in quanto è basata su un'impostazione radicalmente diversa della conduzione aziendale. In linea di principio, in agricoltura biologica si cerca di coniugare gli aspetti produttivi con il pieno rispetto dell'agroecosistema adottando preferibilmente interventi di protezione preventivi (indiretti) basati su pratiche agronomiche, mezzi fisici, meccanici, biologici, per rendere l'ambiente il meno adatto possibile allo sviluppo dei parassiti.

Il ricorso ad interventi diretti di protezione, con l'impiego dei mezzi tecnici riportati nell'allegato IIB del Reg. CEE n. 2092/91 e successive modificazioni, è previsto solo nel caso di gravi ed imminenti rischi per la coltura. L'allegato riporta i mezzi tecnici suddivisi in quattro sezioni: sostanze di origine vegetale o animale; microrganismi utilizzabili nella lotta biologica ai parassiti; sostanze da utilizzare solo in trappole e/o distributori automatici; altre sostanze di uso tradizionale in agricoltura biologica.

Oggi, possono essere utilizzati in agricoltura biologica i mezzi tecnici inclusi nell'Allegato IIB che sono autorizzati per l'impiego in agricoltura da almeno uno Stato membro. Peraltro, per alcuni di essi, che non hanno un'indicazione d'uso tale da farli includere tra i prodotti fitosanitari, ad esempio cera d'api, proteine idrolizzate, fosfato di ammonio, etilene, allume di potassio e sabbia di quarzo, non è necessaria la registrazione. L'Allegato IIB include vari mezzi tecnici; l'efficacia di alcuni di essi (ad es., rame, zolfo ed oli minerali) è ben nota, perché questi sono da lungo tempo impiegati in agricoltura, mentre per altri l'effettiva utilità è stata indagata con metodo scientifico solo di recente o resta ancora da essere definita.

Sostanze di origine naturale

L'impiego del rame, sotto forma di idrossido, ossicloruro, solfato tribasico e ossido, realmente indispensabile in agricoltura biologica, può tuttavia comportare conseguenze a lungo termine a causa del suo accumulo nel suolo. Il Reg. 473/2002/CE del 15/3/2002 e la Circolare applicativa del MiPAF (G.U. n. 105 del 7/5/2002) stabiliscono limiti massimi all'impiego del rame in agricoltura biologica, 6 kg/ha/anno di rame metallico per le colture annuali e 30 kg/ha nel quinquennio per le colture poliennali. Tali limiti comportano non poche difficoltà per la protezione dalle malattie di numerose colture.

Lo zolfo è da lungo tempo molto impiegato in agricoltura, prevalentemente come antioidico.

Diversi sali inorganici hanno una certa attività antifungina, più spesso antioidica. Silicato di sodio, bicarbonato di sodio e, in misura minore, di potassio, fosfato monobasico di potassio hanno una buona efficacia antioidica. L'acido fosforoso svolge un'ottima azione nei confronti degli Oomiceti. Gli oli minerali sono efficaci verso la cercosporiosi del banano e gli oidii. Le argille, in particolare la bentonite, trovano impiego in agricoltura biologica contro malattie fungine. Ad esempio, Cuprobenton DC è costituita da ossicloruro rameico e bentonite legata a solfato di rame in cui le proprietà antiperonosporiche del rame sarebbero esaltate dalla bentonite. Solfobenton DC è costituito di bentonite combinata con solfiti, bisolfiti e metabisolfiti che liberano anidride solforosa in condizioni di elevata umidità relativa ed è registrata contro la muffa grigia. Ulmasud è a base di argille ed è indicata per l'impiego contro peronospora, muffa grigia, alternariosi, septoriosi, ticchiolatura, moniliosi, mal della bolla, corineo, batteriosi, ecc..

Tra i prodotti di origine vegetale, gli oli ricavati da semi e frutti di diversi vegetali manifestano una certa azione antifungina. Oli di girasole, soia, colza e cartamo hanno attività antioidica. L'olio di vinaccioli ha una certa attività antibotritica e antioidica. Numerosissimi

oli essenziali (di cipolla, aglio, timo, origano, betulla, ecc.) sono attivi verso funghi agenti di marciumi durante la conservazione delle derrate. L'elevata volatilità e la scarsissima persistenza degli oli essenziali ne limitano notevolmente l'impiego verso le malattie delle piante. Sono, però, oggetto di studio formulazioni a lento rilascio che, incrementando la persistenza degli oli essenziali, ne potrebbero migliorare l'efficacia in pratica.

Di vari estratti vegetali è stata dimostrata una certa azione fungicida e/o battericida, spesso però senza caratterizzare le sostanze attive. Un esempio interessante è costituito dall'albero di neem (*Azadirachta indica*), una pianta arborea diffusa nei paesi tropicali e subtropicali; gli estratti da semi hanno un'eccellente attività insetticida ed una discreta attività antioidica. Miglioramenti dei processi di estrazione e purificazione dell'azadiractina, principale sostanza attiva, hanno permesso di preparare formulati a titolo noto che sono stati registrati per l'impiego in agricoltura. Altri esempi sono costituiti da estratti da *Reynoutria sachalinensis* (Milsana), da colture di *Bacillus subtilis* e metaboliti microbici vari capaci di indurre nella pianta ospite l'attivazione di meccanismi di difesa, in particolare verso agenti di mal bianco. Sono poi da evidenziare le difficoltà che possono essere generate dalla preparazione di estratti, decotti, infusioni operata direttamente dagli agricoltori: in tal caso, infatti, i preparati sono caratterizzati da estrema variabilità, anche nello stesso titolo dei composti attivi e nella stabilità. Ciò può comprometterne fortemente l'efficacia e, in qualche caso, creare importanti problemi tecnici (fitotossicità, possibili implicazioni tossicologiche, ecc.). Gli antitraspiranti sono composti che applicati sulle piante originano polimeri che formano una pellicola protettiva sull'organo trattato. Un esempio è costituito dal pinolene, derivato dalla resina di pino, che manifesta una buona azione nei confronti di alcuni agenti di mal bianco e di ruggini.

Propoli e acidi grassi sono gli esempi più noti di prodotti di origine animale impiegati contro organismi fitopatogeni. La propoli è un prodotto elaborato dalle api di composizione complessa e variabile in dipendenza della pianta di origine e del periodo stagionale di raccolta. Interessante in medicina umana, è stata utilizzata in forma di estratti grezzi in soluzione alcolica o idroalcolica o come flavonoidi purificati e titolati contro funghi e batteri fitopatogeni, mostrando sempre un'attività molto limitata. Ciò ha portato ad eliminarla dai mezzi tecnici riportati nell'Allegato IIB. Più interessanti sono, invece, i risultati forniti dagli acidi grassi, soprattutto nella lotta ad agenti di mal bianco.

Lotta biologica

La lotta biologica alle malattie delle piante, definita come l'impiego di qualsiasi organismo, uomo escluso, per il contenimento di un patogeno, ha avuto un'evoluzione più lenta e difficoltosa di quella verso i fitofagi.

I tentativi di utilizzazione di microrganismi come agenti di lotta biologica sono stati numerosi, ma relativamente pochi i successi, quasi tutti conseguiti in post-raccolta, in ambiente protetto o nei confronti di funghi terricoli. Vi sono, infatti, problemi assai complessi nel passaggio da condizioni controllate, quali sono quelle di una cella climatica o di una serra, alla situazione di pieno campo. Il terreno, poi, costituisce un ambiente più stabile rispetto al filloplano, ove i fattori ambientali che interferiscono con il sistema ospite-parassita-antagonista sono molteplici e, generalmente, difficilmente controllabili.

La Dir. 414/91/CEE del 15.7.1991 ha introdotto un'importante novità nella lotta biologica alle malattie delle piante. Essa, infatti, impone che anche per gli antagonisti microbici, al pari dei prodotti fitosanitari, l'impiego in agricoltura sia permesso solo dopo la valutazione del rischio/beneficio prevista dalla procedura di registrazione. Tale importante e positiva innovazione è stata per lungo tempo di difficile attuazione poiché le informazioni richieste per la registrazione di antagonisti microbici sono state definite solo dopo un decennio dalla Dir. 2001/36/CE del 16.5.2001 (stabilità genetica, produzione di sostanze tossiche, infettività e patogenicità per l'uomo e gli animali, capacità di crescita a 37°C, allergenicità, controllo di qualità per escludere contaminazioni accidentali). Ad oggi, in Italia, sono meno di una decina gli antagonisti microbici registrati.

La ricerca di microrganismi antagonisti è stata condotta per lungo tempo su basi empiriche e la loro selezione si è avvalsa esclusivamente delle tecniche classiche per l'ottenimento di mutanti (mutageni chimici o fisici) e ricombinanti (gamici o agamici). Con le tecniche di genetica molecolare, basate sull'isolamento di geni specifici ed il loro trasferimento in individui anche sistematicamente lontani, sulla soppressione genica o sulla ristrutturazione di parte del genoma è oggi possibile ottenere antagonisti migliorati. L'impiego di microrganismi geneticamente manipolati in agricoltura trova, però, forti resistenze nell'opinione pubblica europea. In futuro, è prevedibile un ampliamento dell'impiego della lotta biologica, in particolare, in programmi di protezione integrata. A tal fine, è utile la selezione di antagonisti resistenti nei confronti dei prodotti fitosanitari più utilizzati nei programmi di protezione della coltura e/o l'impiego di prodotti con effetti collaterali molto limitati sugli antagonisti da impiegare. Sarà così possibile limitare l'impiego dei mezzi chimici ottenendo, nel contempo,

risultati migliori rispetto a quelli oggi conseguibili con l'impiego dei soli antagonisti microbici.

L'assistenza tecnica

L'esigenza di disporre di un efficiente servizio di assistenza tecnica è sensibilmente aumentata negli ultimi anni a causa dell'accresciuta disponibilità di mezzi tecnici sempre più sofisticati e dei crescenti problemi da affrontare in relazione alla libera circolazione dei vegetali in ambito comunitario.

Nel corso del tempo, l'organizzazione del Servizio fitosanitario nazionale ha visto una crescente difficoltà a raggiungere un'organica, omogenea ed efficiente strutturazione. La situazione non è migliorata con il trasferimento alle Regioni delle competenze e funzioni in materia fitosanitaria, a seguito del D.P.R. n. 616 del 24/7/1977. Le attività del Servizio fitosanitario regionale includono ambiti molto diversificati e complessi, dai controlli nei vivai al controllo delle frontiere per patogeni da quarantena ed ai monitoraggi di avversità oggetto di lotta obbligatoria, dall'assistenza tecnica, sperimentazione e diagnostica, all'applicazione di programmi comunitari su tematiche agroambientali. Nella maggior parte delle regioni, tuttavia, anche per croniche carenze di personale, il livello di assistenza tecnica non è confacente alle reali esigenze di un settore in continua evoluzione. Inoltre, i numerosi tecnici afferenti alle organizzazioni professionali agricole non sempre sono adibiti a fornire un vero e proprio servizio di assistenza tecnica qualificata.

Negli ultimi anni, ai servizi pubblici si sono affiancati professionisti che, individualmente o associati, forniscono assistenza tecnica agli agricoltori, soprattutto in merito alla protezione delle colture. Questo tipo di attività professionale sta riscuotendo particolare successo nel caso delle colture intensive ad alto reddito.

Le metodologie di protezione delle colture dalle malattie già oggi, e sicuramente sempre più in futuro, dovranno essere sempre più finalizzate alla realizzazione di processi di produzione agricola sostenibili ed eco-compatibili che permettano il mantenimento degli standard quantitativi e qualitativi di produzione richiesti dal mercato e possano, nel contempo, fornire le più ampie garanzie di ridotto impatto ambientale e sicurezza alimentare. E' il caso di sottolineare che ciò richiede un costante ed importante sforzo di ricerca ma necessita, in un ruolo da protagonista, un servizio di assistenza tecnica, pubblica o privata, competente e costantemente aggiornato, capace di trasferire appropriatamente le innovazioni agli agricoltori come è richiesto da strategie di protezione delle colture sempre più sofisticate.

ATTI XVI *Convegno S.I.R.F.I.*, 2007, 65-72.

LE STRATEGIE NELLA GESTIONE SOSTENIBILE DEGLI AGROFARMACI: GLI INSETTICIDI

CRAVEDI P.

Istituto di Entomologia e Patologia vegetale, Università Cattolica del Sacro Cuore,Piacenza
E-mail: piero.cravedi@unicatt.it

Riassunto
Vengono esaminati i meccanismi d'azione dei principali gruppi di insetticidi. L'individuazione di nuovi bersagli biochimici ha consentito di ottenere principi attivi dotati di buona efficacia, meno inquinanti e sicuri per la salute umana.
Le strategie di difesa integrata hanno contribuito ulteriormente a migliorarne l'impiego.

Parole chiave
Insetticidi; Meccanismi d'azione; Produzione integrata.

Summary
Strategies on sustainable use of pesticides: insecticides
The modes of action of the most important insecticide classes are examined. The discovery of new biochemical targets has allowed active ingredients with good efficacy to be obtained, which are less polluting and safer for human health.
Integrated pest management strategies have contributed to the better use of these substances.

Keywords
Insecticides; Mode of action; Integrated production.

L'impiego su larga scala degli insetticidi in agricoltura si può far risalire alla metà del secolo scorso. Il primo insetticida cloroderivato, il DDT, è stato scoperto nel 1939. Da allora altre molecole dello stesso raggruppamento chimico sono entrate nell'uso per combattere insetti di interesse medico, veterinario e agrario. Nell'immediato dopoguerra si resero poi disponibili gli esteri fosforici e successivamente i carbammati.
L'efficacia dei nuovi insetticidi era straordinariamente più elevata di quelli fino ad allora disponibili. Oltre che poco efficaci gli insetticidi precedentemente in uso erano in gran parte

dotati di un'elevatissima tossicità. Si pensi ai derivati dell'arsenico e del fluoro che a lungo sono stati usati per proteggere le colture.
I cloroderivati, oltre a elevata efficacia e persistenza, avevano anche una limitata tossicità acuta. Questa particolarità ha purtroppo contribuito a far sottovalutare gli effetti a lungo termine e le ripercussioni ambientali che hanno successivamente comportato la loro progressiva eliminazione. Esteri fosforici e carbammati sono inoltre dotati della capacità di penetrare nei tessuti vegetali con azione citotropica o sistemica. La possibilità di colpire gli insetti all'interno della pianta o di raggiungere specie con apparato boccale pungente succhiante, quali afidi e cocciniglie, anche in parti della pianta non direttamente raggiunte dal trattamento, ha consentito di rivoluzionare il modo di difendere le colture.
Il periodo successivo al secondo conflitto mondiale è stato caratterizzato da un incremento prodigioso della produttività in agricoltura. Degli insetticidi della seconda generazione, venne apprezzata l'elevata efficacia, ma furono, almeno inizialmente, sottovalutate le loro ripercussioni tossicologiche e ambientali. L'evidenziarsi di effetti secondari negativi, accompagnato da una maggiore sensibilità nei confronti dell'ambiente e una più elevata attenzione agli aspetti di sicurezza degli operatori agricoli ha portato al progressivo cambiamento del modo di concepire la lotta contro gli insetti dannosi.

Dalla lotta guidata alla produzione integrata

La possibilità di utilizzare al meglio gli insetticidi è stata considerata con l'affermarsi del concetto di soglia e della convinzione che la decisione se eseguire un intervento insetticida debba essere motivata dall'accertamento della effettiva necessità.
Da questa nuova impostazione sono derivate attività di ricerca su sistemi di monitoraggio e di campionamento delle specie infestanti, e di valutazione degli effetti collaterali degli agrofarmaci e dei loro residui negli alimenti.
Il progressivo adeguamento alle esigenze di "un'agricoltura sostenibile" ha comportato oltre che un miglior uso degli insetticidi disponibili anche lo studio di nuovi principi attivi.
Il cambiamento è stato considerevole ed è stato in parte anche imposto da normative sempre più rigorose adottate in Europa per l'autorizzazione dell'impiego dei prodotti fitosanitari.

Principali meccanismi d'azione

Modulatori del canale sodio della membrana dei neuroni

Insetticidi che operano come modulatori del canale sodio responsabili della trasmissione elettrica dell'impulso nervoso sono i cloroderivati, ormai pressoché abbandonati, e i piretroidi. La produzione dell'Allethrin risale al 1949 e ha dato l'avvio all'individuazione di varie altre molecole dall'azione simile a quella delle piretrine naturali, con cui condividevano pregi e limiti. La instabilità alla luce e la bassa tossicità nei confronti dei vertebrati a sangue caldo hanno favorito l'impiego dei primi piretroidi nella lotta contro gli insetti nelle abitazioni, contro blatte e zanzare. Un impiego ancora attuale è quello mediante fornellini evaporanti contro le zanzare, che sfrutta anche il loro effetto repellente.
Mediante successive variazioni della struttura molecolare si ottenne progressivamente una riduzione della velocità di degradazione enzimatica e una maggiore stabilità alla luce che resero possibile l'uso dei piretroidi in campo.
Un prodotto molto noto con tali caratteristiche è il Permethrin che ha dato l'avvio a un gruppo di piretroidi fotostabili di cui tuttora viene apprezzata la bassa tossicità verso gli animali superiori, ma di cui viene lamentata una lunga persistenza e una scarsa selettività verso l'entomofauna utile.
Le temute ripercussioni ambientali hanno imposto drastiche limitazioni all'impiego dei piretroidi nei programmi di difesa integrata delle colture.
Varie motivazioni, tra cui anche la temuta insorgenza di fenomeni di resistenza, hanno stimolato la ricerca di nuovi meccanismi d'azione e la individuazione di strategie di difesa che comprendessero anche criteri di gestione del rischio di perdita di efficacia dei nuovi prodotti.

Altri prodotti che agiscono sul sistema nervoso

Cloroderivati, piretroidi e piretrine naturali in tal modo interferiscono sulla trasmissione dell'impulso lungo l'assone della cellula nervosa. Esteri fosforici e carbammati agiscono invece a livello delle fessure sinaptiche, in cui la trasmissione dell'impulso è assicurata da neurotrasmettitori tra cui emerge per importanza l'acetilcolina. L'acetilcolinesterasi (ACh) è l'enzima responsabile della scomposizione dell'acetilcolina in acido acetico e colina e quindi del distacco del neurotrasmettitore della membrana postinaptica. Deve agire con estrema rapidità per assicurare il normale flusso di impulsi nervosi. La sua inattivazione ad opera degli insetticidi comporta contrazioni tetaniche dei muscoli e morte in tempi brevi.

Attualmente esteri fosforici e carbammati sono in fase di progressiva riduzione numerica a causa della revisione europea in atto che interessa tutti i prodotti fitosanitari. In diversi casi la motivazione è connessa alle negative caratteristiche delle molecole. A volte però prevalgono considerazioni di natura economica che inducono a non sostenere vecchie molecole, che potrebbero ancora avere importanza nella difesa delle colture, ma ormai meno interessanti sotto l'aspetto commerciale.

Uno dei motivi che, come accennato in precedenza, hanno stimolato la ricerca di nuovi meccanismi d'azione è stato l'aumento dei casi di resistenza. Lo studio della fisiologia del sistema nervoso ha evidenziato altri meccanismi fisiologici su cui è possibile interferire.

I neuroni del sistema nervoso centrale degli insetti producono varie sostanze le cui funzioni sono di neurotrasmettitori, di neuromodulatori o di neurormoni. In alcune sinapsi il neurotrasmettitore, con funzioni inibitorie, è l'acido γ-amminobutirrico (GABA). Molecole con attività antagonista del GABA sono, oltre ai vecchi cloroderivati ciclodienici, il recente fipronil.

Un gruppo di nuove molecole, costituito dai neonicotinoidi, e gli analoghi delle nereistossine, agiscono sui recettori nicotinici dell'acetilcolina, con particolare efficacia nei confronti degli insetti. In modo simile agiscono le spinotossine (spinosad).

L'indoxycarb invece blocca i canali sodio voltaggio-dipendenti.

Inibitori della sintesi della chitina

Una preziosa opportunità si ebbe dalle ricerche sulla formazione del tegumento degli insetti in occasione della muta. La chitina deriva dalla polimerizzazione della N-acetilglucosammina ad opera dell'enzima chitinosintetasi. L'inibizione dell'attività di tale enzima è il meccanismo con cui agiscono le benzoiluree nei confronti dei Lepidotteri e il buprofezin verso gli Omotteri. Il gruppo delle benzoiluree è attualmente piuttosto numeroso. Il diflubenzuron è stato il primo prodotto impiegato e ha contribuito in modo sostanziale a modificare la lotta contro vari fitofagi chiave per i fruttiferi.

Mimetici dell'ormone giovanile

Vari prodotti noti manifestano lo stesso effetto dell'ormone giovanile. Alcuni come il Metoprene e altri analoghi dell'ormone giovanile sono particolarmente adatti per combattere larve di zanzare e larve di altri ditteri nelle lettiere degli allevamenti zootecnici.

Molto tormentata è stata la storia in Italia del fenoxycarb che dopo un periodo iniziale molto promettente è stato praticamente revocato a seguito delle segnalazioni di effetti collaterali negativi. Il suo impiego è consentito, con fortissime limitazioni e controlli, solamente in ristretti ambiti territoriali che ne dimostrino l'indispensabilità.
Di un certo interesse è invece il Pyriproxyfen che è efficace contro le cocciniglie.

Agonisti dell'ecdisone

Sono sostanze che competono con l'ecdisone, ormone della muta, svolgendo la stessa funzione. A questo gruppo appartengono le diacilidrazine, quali Metoxifenozide e Tebufenozide e l'azadiractina note anche come "Moulting Accelerating Compounds" (MAC) che inducono mute anticipate con effetti letali. La ciromazina agisce interferendo sulla muta dei Ditteri.

Alcuni meccanismi non sono completamente noti

Pimetrozina, efficace contro gli afidi, agisce bloccando lo stimolo ad alimentarsi. Sono state avanzate varie ipotesi ma il modo d'azione non è completamente conosciuto.

Alterazioni dell'epitelio del mesentero

Il corpo parasporale (proteine cristallizzate) prodotto da diverse sottospecie di *Bacillus thuringiensis* e da *Bacillus sphaericus* viene trasformato in endotossina nell'intestino medio delle larve. Le proteasi responsabili del processo agiscono in ambiente alcalino (pH superiore a 9).
L'efficacia dei preparati microbiologici ne ha consentito il largo impiego nella lotta contro larve di lepidotteri (*B.t.* sottospecie *aizowai, kurstaki*) coleotteri (*B.t.* sottospecie *tenebrionis*) e Ditteri Culicidi (*B.t.* sottospecie *israelensis*).
L'ingegneria genetica ha anche consentito la creazione di piante coltivate (prevalentemente mais e soia) in grado di esprimere il gene per la produzione delle tossine *B.t.*. Tali piante, ampiamente coltivate su scala mondiale, trovano in Europa, e in particolare in Italia, atteggiamenti di rifiuto che ne impediscono o limitano fortemente l'introduzione.
La coltivazione di piante transgeniche pone in evidenza la necessità di una strategia di prevenzione della resistenza.

Preparati microbiologici

Oltre ai già citati preparati a base di *B.thuringensis* largamente usati per la difesa di varie colture, altri preparati microbiologici stanno assumendo importanza. Il loro impiego, tipico dell'agricoltura biologica, si sta diffondendo anche nelle altre forme di agricoltura. Per questo interesse generalizzato ha assunto importanza il virus della granulosi di *Cydia pomonella*.
Altri preparati che meritano attenzione sono quelli a base di funghi entomoparassiti e di nematodi.
Questo settore, per cui esiste un generale interesse, trova tuttavia rilevanti difficoltà ad espandersi per le difficoltà imposte da norme molto restrittive, che impongono costosissime sperimentazioni, per ottenere l'autorizzazione all'impiego.

I feromoni e altri semiochimici

I criteri di difesa integrata hanno trovato concrete possibilità applicative con la disponibilità dei feromoni di sintesi per il monitoraggio delle principali specie chiave dei fruttiferi. Le trappole a feromone hanno reso possibile evidenziare i periodi di sfarfallamento di Lepidotteri che per le loro abitudini crepuscolari o notturne e per comportamento elusivo sfuggirebbero all'osservazione.
Il monitoraggio delle specie dannose è diventato progressivamente più importante con la disponibilità di principi attivi efficaci solo se applicati contro determinati momenti dello sviluppo dei fitofagi. Le aumentate esigenze di precisione nell'esecuzione dei trattamenti hanno stimolato le ricerche sui modelli previsionali che iniziano a fornire importanti risultati applicativi.
I feromoni si sono rivelati anche come efficaci mezzi di lotta. Sono ammessi nell'agricoltura biologica e costituiscono un apprezzato strumento per ridurre l'uso di insetticidi al fine di abbassare il livello dei loro residui. Negli ultimi anni si sta diffondendo l'abitudine di combinare l'uso dei feromoni a supporto di trattamenti convenzionali.
I feromoni sono usati per impedire gli accoppiamenti di vari Lepidotteri di rilevante interesse quali *C. pomonella, C. molesta, Anarsia lineatella* dannosi ai fruttiferi e *Lobesia botrana* della vite.
La dispersione del feromone viene assicurata utilizzando soluzioni tecniche differenti. I metodi attualmente prevalenti sono noti come "metodo della confusione" e "metodo del disorientamento".

Il primo si basa su alcune centinaia di erogatori per ettaro che emettono livelli di feromone tali da sovrastare i richiami naturali emessi dalle femmine.
Il metodo del disorientamento prevede l'applicazione di un numero molto elevato di punti che erogano quantitativi di feromone simili a quelli emessi dalle femmine. I maschi, sollecitati da una moltitudine di false tracce esauriscono le loro energie nella ricerca con minime possibilità di successo.
Ricerche attualmente in atto riguardano altri semiochimici ad esempio una sostanza che agisce come cairomone di *C. pomonella* è risultata attrattiva anche nei confronti dei maschi, e vari estratti vegetali iniziano a fornire indicazioni sui rapporti fra insetti e piante.

Un cenno agli acaricidi

Il numero dei principi attivi efficaci contro gli acari è sensibilmente inferiore a quello degli insetticidi e anche i loro meccanismi d'azione sono generalmente meno selettivi. Di alcuni è nota una generica azione di inibizione della crescita degli acari (clofentezine, Hexythiazox, etoxarole). Altri inibiscono la fosforilazione ossidativa e alterano la formazione dell'ATP (Azocyclotin, Cyhexotin, Propargite, Tetradifon).
Un interessante meccanismo riguarda l'inibizione del complesso del trasporto mitocondriale degli elettroni (METI acaricides: Feneraquin, Fenpyroximark, Pyrimidifen, Pyridaben, Tebufenpyrod, Tolfenpirod).

Considerazioni

La complessità dell'argomento comporta una trattazione inevitabilmente semplificata e incompleta. Si ritiene quindi importante sottolineare le basi concettuali della profonda modificazione sia delle strategie di difesa delle colture sia dei mezzi disponibili per realizzarle.
Nell'arco degli ultimi decenni si è operato per dimostrare che è possibile mantenere buoni livelli di produzione agricola proteggendola efficacemente dagli organismi dannosi nel rispetto dell'ambiente e della salute di operatori e consumatori.
Questa semplice idea ha incontrato iniziali diffidenze, varie difficoltà ma a partire dagli anni '70 ha ispirato la ricerca nei vari settori della fitoiatria, la politica di sostegno all'agricoltura e la normativa sui prodotti fitosanitari.

Bibliografia

Briolini G, Cravedi P, De BerardinisE (1990). Problemi legati all'impiego dei modelli previsionali nella difesa delle colture. *Atti del Convegno "Modelli euristici e operativi per la difesa integrata in agricoltura".* 27-29/09/1990 Caserta.

Businelli M (2003). I prodotti fitosanitari e l'ambiente. *In: Evoluzione dei mezzi di difesa fitosanitaria, I Georgofili, Atti dell'Accademia dei Georgofili,* Serie XII, Vol. 1 (Suppl.), pp 331-350.

Camoni I (2003). I prodotti fitosanitari e la salute. In: *Evoluzione dei mezzi di difesa fitosanitaria, I Georgofili, Atti dell'Accademia dei Georgofili*, Serie XII, Vol. 1 (Suppl.). pp 351-374.

Cravedi P, (2001). I feromoni: novità e prospettive di applicazione come metodi di lotta. *Informatore Fitopatologico,* 10 (51): 6-9.

Michelatti G, Spanna F, Galliano A, Vittone F, Schreiber G, Rovetto I (2002). Validazione dei modelli previsionali a ritardo variabile MRV-Cydia e Mrv-Carpocapsa per il controllo di *Cydia molesta* (Busck) e *Cydia pomonella* (L.) in areali frutticoli piemontesi. *Notiziario sulla protezione delle piante,* 15: 277-284.

Principi M M, Domenichini G, Martelli M (1974). Lotta integrata e lotta guidata nei frutteti dell'Italia settentrionale. *Atti del X congresso Nazionale Italiano di Entomologia, 20-25/05/1974,* Tip. Coppini Firenze 1975.

Severini M, Gilioli G (2002). Storia e filosofia dei modelli di simulazione nella difesa delle colture agrarie. *Notiziario sulla protezione delle piante,* 15: 9-29.

Rice R E, Weakley C V, Jones R A (1984). Using degree- days to determine optimum spray timing for the oriental fruit moth *(Lepidoptera: Tortricidae). Journal of Economic entomology,* 77: 698-700.

ATTI XVI *Convegno S.I.R.F.I.*, 2007, 73-90.

IL RUOLO DELLA GESTIONE AGRONOMICA NELLA LOTTA ALLE MALERBE

MASIN R.[1], OTTO S.[2], ZANIN G.[1]

1. Dipartimento di Agronomia Ambientale e Produzioni Vegetali, Università di Padova, Viale dell'Università, 16 - 35020 Legnaro (PD), Italy
2. Istituto di Biologia Agroambientale e Forestale (IBAF-CNR), Viale dell'Università, 16 - 35020 Legnaro (PD), Italy
E-mail: giuseppe.zanin@unipd.it

Riassunto

L'insieme coordinato di tecnica agronomica e mezzi di controllo viene definito dall'inizio degli anni '80 *Integrated Weed Management System* e rappresenta il metodo più avanzato per la gestione delle popolazioni di malerbe. Per mettere in atto un efficace *Integrated Weed Management System* non basta conoscere l'influenza sulle malerbe di ogni singola tecnica ma anche saper combinare le diverse conoscenze a livello di sistema colturale. Il diserbo chimico deve essere integrato in una strategia di medio-lungo periodo dove la tecnica agronomica ha la funzione di renderne sostenibile la gestione, riducendo le quantità applicate, la frequenza di utilizzo e l'uso ripetuto delle stesse molecole.

Per rendere più sostenibile la pratica del diserbo, la tecnica agronomica può operare essenzialmente nella riduzione degli input e nella messa in atto di misure di mitigazione. Per limitare gli input chimici si deve puntare a ridurre lo stock di semi nel terreno, favorire le emergenze in campo nei periodi di intercoltura, sfavorire l'insediamento delle malerbe dopo l'emergenza e diminuire la loro competizione nei confronti della coltura. La compatibilità ambientale della tecnologia diserbo si gioca non solo a livello di azioni all'interno del campo coltivato, ma anche con accorgimenti che interessano il biotopo agricolo nel suo complesso ed in particolare i margini dei campi. Tra questi accorgimenti l'inserimento delle fasce tampone è sicuramente la pratica di maggiore interesse.

Parole chiave

Integrated Weed Management System; Uso sostenibile degli erbicidi.

Summary

The role of agronomical practices on weed management

Since the early 1980s, the coordination of agronomic techniques and inputs has been termed *Integrated Weed Management System*, and is the most advanced method for weed control. To set up an efficacious *Integrated Weed Management System* it is not sufficient to understand the effect of each individual technique on the weeds, but rather how to combine them at cropping system level. It is a medium-long term strategy where agronomic

techniques are integrated with chemical weed control to reduce the amounts applied, treatment frequency and repeated use of the same molecules, in order to achieve sustainable management.
To make the weed control practice more sustainable, the agronomic technique must essentially involve the reduction of chemical inputs and setting up of mitigation measures. The aim is therefore to lower the stock of seeds in the soil, encourage emergences in the field in the inter-crop periods, discourage weed growth after emergence and reduce their competitivity with the crop. The environmental compatibility of the weed control technique does not just depend on what is done within the cultivated field, but must also involve the agricultural biotope as a whole, and particularly the field margins. One of the most successful tactics for this is surely the practice of inserting buffer strips.

Keywords
Integrated Weed Management System; Sustainable management of herbicides.

Paradigma 1

Le malerbe non sono sottoposte a controllo biologico come gli insetti per cui esse continuano a crescere ed espandersi fino a che non conquistano tutto lo spazio a disposizione.

La funzione di limitazione che negli insetti è esercitata da parassiti ed iperparassiti nelle malerbe deve essere svolta dalle pratiche colturali, applicate essenzialmente per dare il massimo vantaggio alla pianta coltivata.

Sulla base di questo paradigma risulta evidente il ruolo centrale della tecnica agronomica e l'importanza dell'integrazione dei diversi mezzi di controllo: l'insieme coordinato di tecnica agronomica e mezzi di controllo è definito, da inizio anni '80, *Integrated Weed Management System* (IWMS) (Berti *et al.*, 2000) e rappresenta, allo stato attuale delle conoscenze, il metodo più avanzato per la gestione delle popolazioni di malerbe. Il diserbo chimico in sostanza è una pratica spesso irrinunciabile, ma deve essere integrato in una strategia di medio-lungo periodo dove la tecnica agronomica ha la funzione di renderne sostenibile la gestione, riducendo il legame con il mezzo chimico in termini di quantità applicate, di frequenza di utilizzo e di uso ripetuto delle stesse molecole.

Per rendere più sostenibile la pratica del diserbo, la tecnica agronomica può operare su due fronti: nella riduzione degli input chimici e nella messa in atto di misure di mitigazione (Fig. 1).

Per limitare gli input chimici, le azioni principali sono a) ridurre lo stock di semi nel terreno, b) favorire le emergenze in campo nelle fasi di intercoltura, c) sfavorire l'insediamento dopo l'emergenza e d) diminuire la competizione sviluppata dalle malerbe nei confronti della coltura.

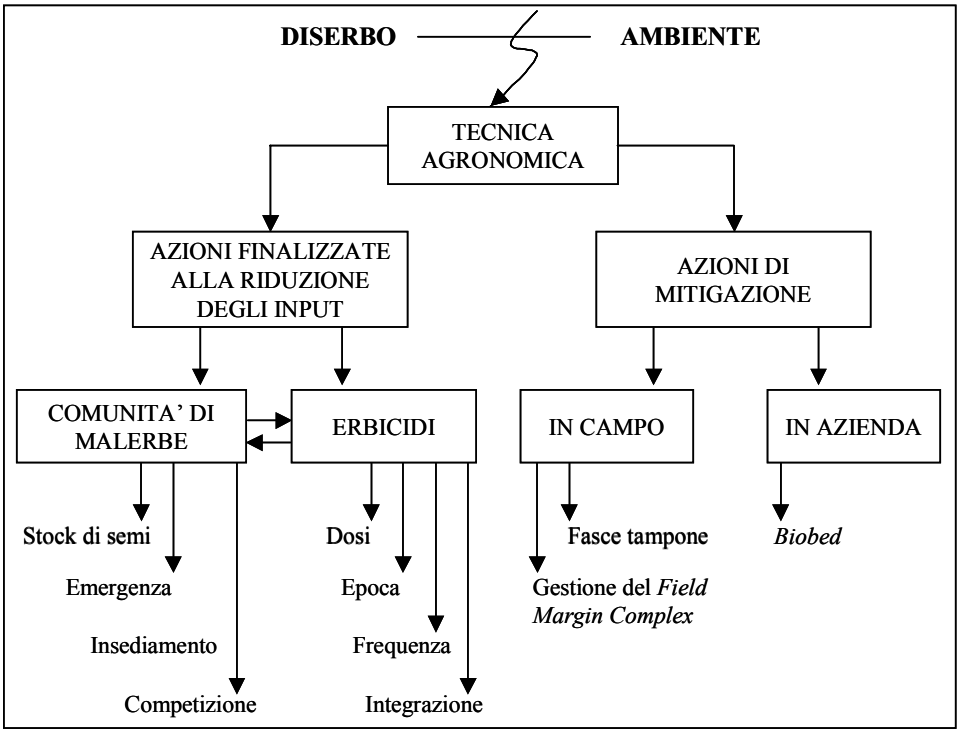


Figura 1. Come la tecnica agronomica può contribuire alla sostenibilità ambientale del diserbo.

a) Ridurre lo stock di semi

Lo stock di semi rappresenta la fonte delle infestazioni future e quindi il motivo per cui, da quando l'uomo ha iniziato a coltivare i campi, le malerbe hanno sempre accompagnato le colture e la fatica dell'uomo per procurarsi il cibo. Anche dopo 70 anni di impiego di erbicidi, il problema non è ancora risolto (Dekker, 1997).

L'evoluzione della comunità di malerbe è regolata dalla dinamica dello stock di semi nel terreno, una sua migliore comprensione è essenziale per mettere in atto una gestione delle infestanti più efficiente. Nella tabella 1 sono indicate le ricerche necessarie per sviluppare nuovi ed efficaci sistemi di controllo.

Tabella 1. Ricerche necessarie per mettere in atto sistemi più efficienti di controllo delle infestanti.

Obiettivi gestionali	Ricerche specifiche sulla dinamica dello stock di semi
Aiuto alle decisioni gestionali	Relazione flora reale-flora potenziale
	Definizione di una soglia economica ottimale
	Effetto delle pratiche colturali sulla produzione di semi
	Effetto della densità di infestazione sull'efficacia dei trattamenti
Previsione delle emergenze	Meccanismi di dormienza
	Variabili ambientali che influenzano dormienza e germinazione
Nuovi metodi gestionali	Effetto dell'avvicendamento
	Effetto del living e dead mulching
	Predazione dei semi nel terreno
	Mortalità dei semi
	Esigenze luminose e impatto delle pratiche agronomiche sulla sensibilità delle specie alla luce
	Lavorazioni del terreno e pratiche colturali

Dal punto di vista gestionale due sono le azioni che possono essere messe in atto per gestire lo stock di semi del terreno: la sua riduzione e il cambiamento della sua composizione botanica. Ridurre lo stock significa aumentare le perdite, favorendo la predazione e le germinazioni e/o le emergenze e riducendo la persistenza dei semi, e diminuire gli apporti (Fig. 2). Il bilancio tra input ed output definisce la dinamica quantitativa dello stock di semi nel tempo.

Gli studi su questo argomento hanno evidenziato l'esistenza di una soglia fisiologica al di sotto della quale è difficile scendere. Nei nostri terreni tale soglia si può indicare in 20-30 milioni di semi ad ettaro (Zanin e Berti, 2000). Questo valore dovrebbe essere sempre tenuto in considerazione e dovrebbe rappresentare l'obiettivo di ogni gestione finalizzata alla riduzione dello stock di semi ed all'applicazione di una tecnica di controllo basata su un uso parsimonioso del mezzo chimico o sul controllo non chimico.

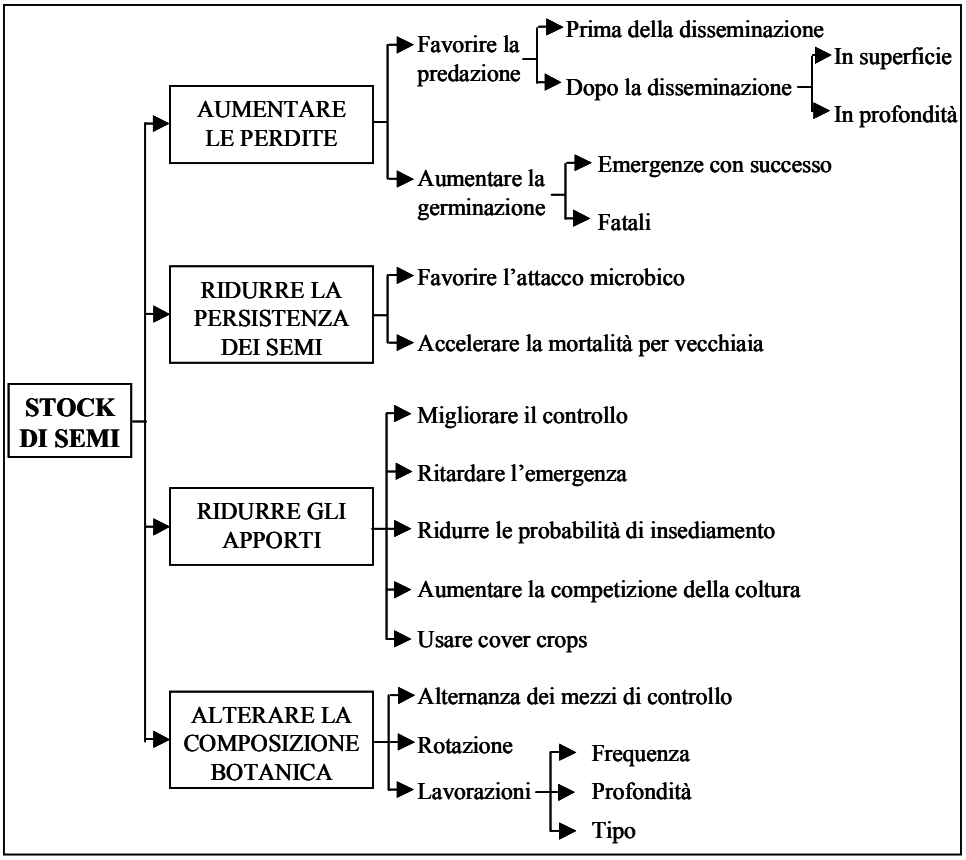


Figura 2. Effetti della tecnica agronomica sullo stock di semi.

La predazione è una delle cause di riduzione dello stock di semi che un'opportuna tecnica agronomica può favorire. La predazione può avvenire prima o dopo la disseminazione. Nel primo caso (*pre-dispersal*) i predatori sono insetti specialisti (ditteri, lepidotteri, coleotteri e imenotteri) (Crawley, 1992) ed il loro utilizzo rientra nella cosiddetta lotta biologica. Gli studi specifici sono pochi (DeSousa *et al.*, 2003; Nurse e Di Tommaso, 2005), per cui è difficile dire come poter potenziare con la tecnica agronomica questa fase. Più interessante è invece la predazione che avviene dopo la disseminazione (*post-dispersal*). In questo caso i predatori sono vertebrati e invertebrati generalisti: uccelli, topi, formiche, coleotteri, etc. (Mittelbach e Gross, 1984; Chambers e MacMahon, 1994; Zhang *et al.*, 1997). Questo tipo di predazione può essere suddiviso a sua volta in predazione che avviene alla superficie del terreno e predazione che avviene in profondità nel terreno. La predazione in superficie è funzione della durata di esposizione dei semi ai predatori, funzione a sua volta del tempo che intercorre tra la disseminazione e l'aratura e/o le lavorazioni che interrano i semi. Il tipo di lavorazione, i

residui colturali in superficie, le caratteristiche del seme (dimensione, presenza di reste, peso specifico, etc.) e il contenuto di sostanza organica sono tutti elementi che influenzano la predazione alla superficie del terreno. L'agricoltore può gestire liberamente i tempi e le modalità di lavorazione, deve solo integrare nel processo decisionale anche gli effetti sul tasso di predazione.

Cromar *et al.* (1999) e Westerman *et al.* (2005) hanno trovato che l'azione di predazione degli invertebrati opportunisti può dare un contributo significativo alla riduzione dei semi alla superficie del terreno. Le pratiche conservative (uso di *cover crops*, *minimum tillage*, *organic farming,* etc.) in generale mantengono ed aumentano l'attività dei predatori invertebrati (Dritschilo e Wanner, 1980; Cantele e Zanin, 1986; Carmona e Landis, 1999). Landis e Marino (1999) sostengono l'idea che la predazione sia più alta in un territorio con una grande abbondanza di aree non coltivate in quanto tali habitat possono ospitare una maggiore variabilità di animali che si alimentano dei semi delle infestanti. La predazione sembra quindi regolata dal regime di disturbi nel terreno e il suo effetto pare più importante in aree poco o non disturbate. Sebbene questa ipotesi non sia stata completamente suffragata dalle non molte ricerche a riguardo (Westerman *et al.*, 2003) rimane suggestiva ed importante in quanto introduce un ulteriore elemento nella gestione delle malerbe, per di più un elemento che non riguarda un intervento diretto sul campo coltivato ma sul biotopo agricolo, vale a dire che il campo coltivato si può difendere anche gestendo opportunamente il biotopo agricolo.

E' bene ricordare che qualsiasi intervento che altera le interazioni trofiche tra diversi organismi (es. la distribuzione d'insetticidi) può abbassare notevolmente il tasso di predazione dei semi da parte degli insetti.

Altra azione per limitare lo stock di semi del terreno è diminuirne la persistenza. La seedbank può essere definita come l'insieme dei semi vitali presenti nel terreno (Leck *et al.*, 1989) e ridurre la longevità dei semi nel terreno è fondamentale per diminuirne l'accumulo nel tempo.

L'attacco microbico ai semi è potenzialmente un mezzo di controllo biologico (Kennedy, 1999; Kremer, 1993). Il rilevante effetto che il miglioramento della qualità del suolo (aumento sostanza organica, porosità, stabilità degli aggregati, uso di ammendanti) ha sull'attività della microflora e microfauna e la risposta della stessa al variare delle diverse modalità di gestione del terreno fanno intravedere l'opportunità di manipolare il tasso di decadimento dei semi nel terreno. Tutto questo significa mettere in atto una serie di tecniche che portano alla formazione di quelli che Kennedy e Kremer (1997) definiscono "*weed suppressive soils*". Recentemente la gestione delle proprietà del suolo finalizzata alla

riduzione della persistenza e densità dei semi nel terreno è stata definita da Davis *et al.* (2006) "*conservation biocontrol*".

Le malerbe presentano in ogni caso una differente sensibilità ai processi di decadimento dei semi. In alcune specie la potenzialità di decadimento è alta (es. *Abutilon theophrasti*), in altre meno (es. *Ambrosia artemisiifolia)* (Chee-Sanford *et al.*, 2006).

Gli esperimenti di Gallandt *et al.* (2004) solo in parte però hanno confermato detta ipotesi che resta comunque avvincente e meriterebbe uno sforzo congiunto di malerbologi e microbiologi per testarla in maniera ampia.

La longevità dei semi è solo una delle tre variabili che guidano la dinamica di popolazione nelle malerbe, di fondamentale importanza sono anche la produzione di seme per unità di superficie e la frequenza con cui avviene la disseminazione nel tempo (tabella 2).

La longevità dei semi è una caratteristica biologica delle diverse specie e l'agricoltore ha solo limitate possibilità di manipolarla. Sebbene la prolificità sia anch'essa una caratteristica biologica della specie, se intesa non come produzione di seme per pianta ma per unità di superficie, può essere modificata dall'agricoltore sfruttando la capacità competitiva della coltura, cioè riducendo il numero di piante infestanti presenti in una data area. La frequenza di produzione di seme è invece una variabile chiaramente in mano all'agricoltore, che la può gestire con l'avvicendamento colturale. Naturalmente le maggiori difficoltà si hanno con malerbe a disseminazione alta e regolare e con semi longevi, basterebbe però agire anche solo sulla frequenza di disseminazione per semplificare le gestione anche delle specie più prolifiche e/o con semi longevi.

Tabella 2. Importanza di alcune caratteristiche dello stock di semi in relazione alla gestione delle comunità di malerbe.

Frequenza della produzione di seme	Longevità dei semi	Produzione di semi/m^2	
		Alta	Bassa
Regolare[1]	Alta	***	**
	Bassa	**(*)	*(*)
Occasionale[2]	Alta	**	*
	Bassa	*(*)	(*)

*1: disseminazione regolare ogni 1-2 anni all'interno di un avvicendamento stretto; 2: disseminazione occasionale all'interno di un avvicendamento lungo; ***: combinazione che crea una grande difficoltà gestionale; * combinazione che crea una bassa difficoltà gestionale.*

Esistono quindi varie azioni in grado di ridurre la seedbank del terreno, ma Buhler *et al.* (1997) ritengono che, data la difficoltà di ridurla, con essa si debba convivere, gestendo la sua composizione botanica e i tempi di emergenza delle infestanti.

Per quanto riguarda il cambiamento della composizione, le possibilità sono legate al ricorso alla rotazione delle colture ed all'impiego alternato di diversi mezzi di controllo per non favorire singole specie o singoli gruppi biologici ed ecofisiologici. La logica è di sfavorire le specie più competitive e con semi più persistenti. L'impiego dell'avvicendamento colturale ed un'opportuna rotazione degli erbicidi e dei disturbi in generale permette di ottenere una flora equilibrata e quindi più facilmente gestibile.

Gestire le emergenze delle malerbe significa agire più sui tempi che sulla densità: ciò significa forzare le malerbe a emergere con ritardo rispetto alla coltura in modo tale che la loro competizione sia ridotta e la coltura sia messa in grado di difendersi da sola.

b) Favorire le germinazioni/emergenze

La germinazione è la principale causa di riduzione dello stock di semi del terreno. Le lavorazioni del terreno posizionano i semi in prossimità della superficie, sottoponendoli ai flash di luce, all'alternanza delle temperature, a maggiori concentrazioni di ossigeno, etc., tutti fattori che in generale favoriscono la perdita della dormienza e l'avvio della germinazione dei semi non dormienti (Colbach *et al.*, 2002). Per questo motivo, in un terreno sottoposto a ripetute lavorazioni e dove non ci sono apporti di semi è attesa una rapida riduzione dello stock (Gallandt, 2006). Quindi, se si dispone di mezzi efficaci per eliminare successivamente le malerbe emerse e dei margini temporali per poi seminare la coltura, la tecnica di favorire la germinazione è utile per diminuire la seedbank e limitare il problema delle infestanti (Fig. 3).

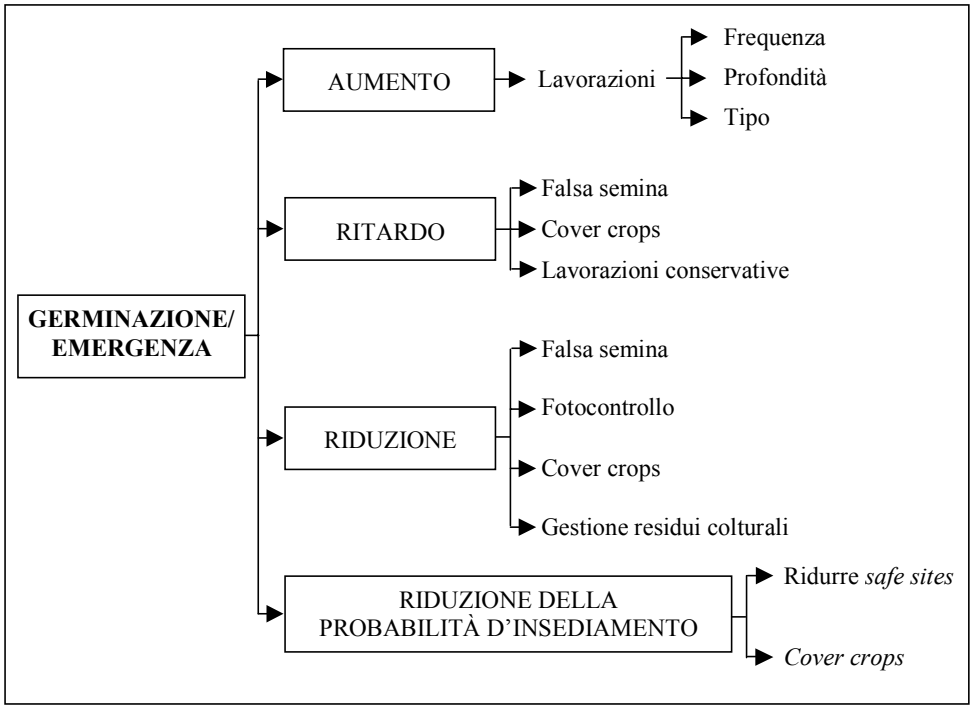


Figura 3. Tecnica agronomica e germinazione/emergenza: possibili azioni.

Una delle pratiche più utilizzate basata su questa tecnica è la falsa semina. Dove possibile il ricorso a tale pratica è sempre positivo, anche se introduce spesso un elemento di complessità e di incertezza nella gestione agronomica della coltura, per l'alea dell'andamento climatico (troppa pioggia che non consente di eliminare per tempo le malerbe emerse e quindi seminare poi in epoca opportuna, o assenza di pioggia per cui le emergenze che si realizzano sono molto limitate). Nel nord e centro Italia è più facilmente impiegabile nelle colture seminate in autunno che non in quelle seminate in primavera, mentre questa tecnica è comunque molto più aleatoria nel sud Italia per le più critiche situazioni climatiche.

L'importanza della gestione delle emergenze delle malerbe nelle strategie di controllo è sottolineata dai numerosi modelli di previsione delle emergenze esistenti. Analizzando questi modelli si nota che per quantificare correttamente gli effetti delle lavorazioni sull'emergenza è necessario suddividere tale fase in due o tre sub-processi: perdita della dormienza, germinazione, crescita di pre-emergenza.

Ciascuno di questi sub-processi può essere influenzato in maniera diversa dalle pratiche colturali. Data l'esistenza di una ampia varietà di tecniche colturali, la complessità delle loro interazioni e i loro multipli effetti sul ciclo biologico delle infestanti, è chiaro che

approfondire le conoscenze sulle varie sottofasi della dinamica di germinazione/emergenza in modo tale da capire gli effetti dei vari disturbi su ciascuna di esse può essere di fondamentale importanza per impostare nuove strategie di controllo.

In particolare la parte di ciclo biologico compresa tra germinazione ed emergenza è molto poco studiata, anche se recentemente sono stati creati dei sub-modelli che simulano questa fase in maniera indipendente dagli altri sub-processi (Colbach *et al.*, 2006a, b). Non tutti i semi che iniziano la germinazione sono in grado di portare a termine l'emergenza e produrre delle plantule. Una quota più o meno importante dei semi germinabili muore durante la fase di post-germinazione prima di raggiungere la superficie del terreno. Queste germinazioni sono dette "fatali" e interessano maggiormente i semi longevi rispetto a quelli che formano uno stock transitorio *sensu* Thompson *et al.* (1997). Secondo Colbach *et al.* (2005) i motivi per cui si producono le germinazioni fatali sono: presenza di crosta, siccità nell'intorno del germinello, eccessiva profondità, crescita troppo lenta del germinello a causa di condizioni avverse (es. temperature troppo basse).

Favorire le germinazioni fatali o comunque intervenire con un intervento di disturbo del terreno quando le malerbe sono più vulnerabili, cioè nelle fasi di germinazione o pre-emergenza, può essere pratica interessante per ridurre lo stock di semi del terreno. Perché queste strategie siano efficaci è fondamentale la tempistica e quindi è necessario conoscere a fondo i meccanismi biologici e i fattori ambientali che guidano le varie fasi dell'emergenza.

c) Ridurre le probabilità di insediamento dopo l'emergenza

Ridurre la probabilità di insediamento di una pianta vuol dire ridurre la seedbank effettiva. Le condizioni della superficie del suolo influenzano grandemente l'insediamento delle malerbe e il numero dei "*safe sites" sensu* Harper (1977). I *safe sites* sono "zone del terreno senza pericoli per la plantula dove sono presenti adeguati stimoli e condizioni per superare la dormienza, avviare la germinazione e determinare l'insediamento della stessa". Quindi per potersi insediare con successo un seme deve essere protetto da pericoli e trovarsi in condizioni di profondità, luce, temperatura, umidità in grado di promuovere le fasi di germinazione-emergenza.

Le possibilità di influenzare l'insediamento delle plantule di malerbe sono legate alla gestione dei residui colturali, all'inserimento di *cover crops* oppure all'uso di determinate macchine, ad esempio di seminatrici che compattano poco il terreno lungo la fila permettendo una più rapida essiccazione dello stesso con diminuzione delle emergenze (Thompson *et al.*, 1997).

La gestione dei residui colturali e l'inserimento delle *cover crops* riducono i *safe sites* e quindi le probabilità di insediamento delle plantule. Un ruolo importante anche in questo contesto è giocato dalla presenza di composti chimici allelopatici sia rilasciati direttamente dai residui colturali o dalla *cover crop* sia prodotti dall'attività metabolica della microfauna e microflora del terreno a carico della sostanza organica presente.
Dal punto di vista gestionale è bene sottolineare a questo punto il paradigma di Harper: "Per molte specie la massima dimensione della popolazione non dipende dalla densità dei semi presenti nel terreno, ma è funzione del numero dei micrositi favorevoli o *safe sites*". Nonostante questo paradigma sia stato enunciato da molti anni, non sono stati avviati studi specifici per sfruttare le sue conseguenze a livello pratico.

d) Ridurre la competizione

Tutte le operazioni che riducono gli input di semi allo stock e che aumentano gli output (predazione, emergenze fatali ed effettive …) contribuiscono a ridurre la competizione.
Si può ottenere direttamente una riduzione della densità delle piante emerse con il fotocontrollo cioè eseguendo le lavorazioni del terreno, in particolare quelle per la preparazione del letto di semina, al buio, sia durante la notte oppure più facilmente utilizzando attrezzi dotati di schermi che impediscono alla luce solare di raggiungere la superficie del terreno e di colpire i semi (Hartmann e Nezadal, 1990; Scopel *et al.*, 1994; Botto *et al.*, 1998). I risultati ottenuti con questa tecnica sono stati molto irregolari, a volte buoni in altri casi piuttosto deludenti (Jensen, 1992; Ascard, 1994; Buhler, 1997).
Se vale il paradigma di Harper la riduzione della competizione delle malerbe sembra più facilmente ottenibile agendo sulla dinamica delle emergenze che non sulla riduzione a monte dello stock di semi nel terreno. La chiave di volta è allora ritardare il più possibile l'emergenza delle malerbe rispetto alla coltura, perché la capacità competitiva delle malerbe è tanto più bassa quanto più ritardata è la loro emergenza rispetto a quella della coltura. Matematicamente la minore competitività si concretizza in indici "i" ed "a" dell'iperbole di Cousens (1985) sensibilmente più bassi (Fig. 4): a volte è sufficiente ritardare di 1-2 settimane l'emergenza delle malerbe per ridurre radicalmente il danno alla coltura e la perdita di resa. Per ritardarla si può ricorrere alla falsa semina, all'uso di *cover crops*, all'approfondimento dell'aratura, ai trattamenti di pre-semina o di pre-emergenza. Si tratta di sistemi differenti e dagli esiti molto diversi ma accomunati tutti, tranne quelli che prevedono l'uso del mezzo chimico, da un'accentuata aleatorietà di risultati.

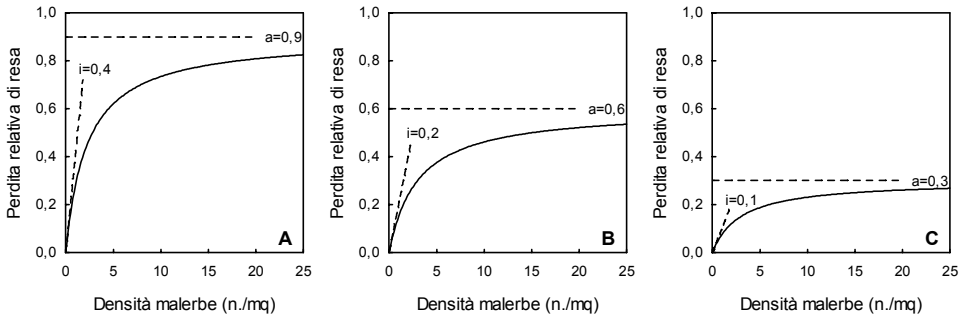


Figura 4. Esempio di perdita di resa in relazione al ritardo dell'emergenza delle malerbe rispetto alla coltura. (A): malerbe emerse contemporaneamente alla coltura, (B): malerbe emerse poco dopo la coltura, (C): malerbe emerse molto dopo la coltura.

Paradigma 2

Il malerbologo, il gestore di questa strategia, è in definitiva un agronomo che ha sviluppato competenze specifiche sulla biologia delle malerbe, sul comportamento fisiologico ed ambientale degli erbicidi, sull'effetto dei sistemi colturali sulle comunità di malerbe.

Con la tecnica agronomica si può razionalizzare molto l'impiego dei mezzi di controllo e la gestione delle malerbe e introdurre sistemi differenziati di mitigazione. E' poi da sottolineare che la compatibilità ambientale della tecnologia diserbo si gioca a livello di azioni attuate all'interno del campo coltivato ma anche nelle altre porzioni del biotopo agricolo, in particolare nelle zone ecotonali, cioè i margini dei campi.

Per migliorare l'impiego del mezzo chimico bisogna passare dal controllo puro e semplice (*Weed Control*, WC) alla gestione (*Weed Management*, WM). Il WC si basa sull'efficacia dei mezzi meccanici e chimici ed ultimamente l'innovazione si è concentrata sul diserbo di precisione e sull'impiego di varietà transgeniche resistenti agli erbicidi, in forza dei vantaggi economici che questi approcci possono dare. Secondo Ruiz *et al.* (2006) per esempio la variabilità spaziale è così ampia che varrebbe la pena investire risorse per conoscerla in quanto i vantaggi economici che si otterrebbero dal suo pratico impiego nell'ambito del diserbo a tratti sarebbero comunque superiori alla spesa. Il WM dipende invece dalle conoscenze sull'ecologia delle malerbe ed in particolare sugli studi finalizzati a capire la strategia che rende le malerbe capaci di colonizzare efficacemente determinati habitat. Il ruolo degli studi sulla biologia delle malerbe è quello di facilitare la messa a punto di strategie gestionali nuove ed originali (Forcella, 1997).

La riduzione della competizione è perfettamente ottenibile con l'ampia gamma di mezzi ed erbicidi a disposizione, ma il WM non si basa solo sul mezzo chimico. La maggior parte delle informazioni necessarie per organizzare un efficace WM deriva dagli studi sulla dinamica di popolazione delle malerbe, però per indurre gli agricoltori ad adottare il WM le informazioni derivate dai complessi studi ecologici devono essere trasformate in utili modelli e conseguenti itinerari tecnici.

L'aumento di resa nelle colture agrarie è raggiunto attraverso l'introduzione di nuove tecnologie nel sistema produttivo. Due sono le tecnologie che si confrontano: la *input technology* e la *process technology*. La prima si basa sull'impiego di macchine, sementi, fertilizzanti ed erbicidi nuovi; la seconda sull'incorporazione delle conoscenze nei processi coinvolti nella produzione per aumentare la loro efficacia. E' da pensare che soluzioni interessanti e durevoli per risolvere le problematiche delle malerbe possano essere trovate più nella *process technology* che non nell'uso isolato di input meccanici o chimici (*input technology*) (Ghersa *et al.*, 2000).

In sintesi si tratta di riconsiderare l'intuizione di Clements *et al.* (1994) rilanciata da Hobbs e Humphries (1995) e Derksen (1996) secondo i quali piuttosto che focalizzare l'attenzione esclusivamente sul controllo delle specie problematiche sarebbe più interessante considerare e gestire le comunità di malerbe nel loro insieme.

Questa intuizione nonostante a prima vista possa sembrare piuttosto teorica, è importante perché sposta il focus della gestione delle malerbe dal WM al sistema colturale: è una visione più ampia e più vicina al punto di vista dell'agricoltore, che evidenzia come uno specifico problema possa trovare soluzione nell'ambito del sistema colturale. Essa rileva inoltre come i problemi specifici quando appaiono sono inevitabilmente il risultato di una gestione non ottimale, e se il sistema colturale è virtuoso e ben organizzato anche la dinamica delle comunità di malerbe resta sotto controllo senza che emergano particolari problemi di compensazione al suo interno. La ricerca in malerbologia deve approfondire tutti gli aspetti del sistema colturale per minimizzare il danno delle malerbe. Da ciò deriva la necessità sempre più urgente di integrare ecologia, agronomia e malerbologia per costruire una più ampia teoria che sappia inquadrare le dinamiche e spiegare il comportamento delle malerbe (Booth e Swanton, 2002).

Ovviamente si tratta di rendere sinergici i due momenti che possono essere gestiti con la tecnica agronomica: riduzione degli input e utilizzo dei sistemi di mitigazione. Se opportunamente organizzati, i risultati in termini di economicità e di compatibilità ambientale della tecnologia sono decisamente favorevoli.

Tra le operazioni di mitigazione l'inserimento delle fasce tampone è la pratica più interessante. Anche in Italia ormai esiste a livello sperimentale una sufficiente esperienza ed i lavori disponibili indicano che i risultati a livello di mitigazione sono notevoli (Borin *et al.*, 2004, Borin *et al.*, 2005; Vianello *et al.*, 2005). Per una specifica rassegna sull'argomento si rimanda a Vischetti (2006).

Ovviamente se assieme alle fasce tampone si utilizza anche un regime di lavorazioni conservativo (*no tillage* o *minimum tillage)* l'efficacia della fascia aumenta e si mantiene nel tempo in quanto il *no tillage* riduce la presenza di solidi sospesi nel runoff e quindi l'intasamento della fascia tampone: l'infiltrazione si mantiene così alta, con conseguente riduzione dello scorrimento superficiale. Se oltre alle lavorazioni conservative si usano anche erbicidi a dosi ridotte, o si applica il diserbo a tratti secondo i canoni dell'agricoltura di precisione, oppure si applicano gli erbicidi in post-emergenza quando la canopy della coltura intercetta parte consistente dell'irrorazione e limita l'intensità della pioggia, l'applicazione della tecnologia diserbo può avvenire in maniera del tutto sicura e con un favorevole rapporto costi/benefici. La gestione agronomica della fascia tampone è però di cruciale importanza, ma su questo aspetto c'è ancora bisogno di investire tempo e studi. Bisogna tenere in considerazione che la fascia non deve essere abbandonata a sé stessa ma va gestita opportunamente per mantenere elevata la sua efficacia nel tempo e sfruttarne tutti gli aspetti positivi (aumento della biodiversità, produzione di legno, funzione di barriera antideriva, riduzione delle perdite per ruscellamento sia di nutrienti che di agrofarmaci).

Sinergica all'introduzione delle fasce tampone diviene la gestione delle aree incolte del biotopo agricolo per aumentare la diversità e quindi anche la presenza di animali in grado di predare i semi delle malerbe. La gestione dei margini dei campi acquista in questo contesto un ruolo molto importante in quanto può influenzare direttamente i tassi di predazione dei semi, e quindi la loro dinamica nel terreno, e limitare l'invasione dei campi coltivati da parte di specie ruderali o preadattate *sensu* Cousens e Mortimer (1995).

In sostanza diventa importante introdurre anche nella lotta alle malerbe una strategia di secondo livello che si potrebbe definire "strategia di teatro", oltre a quella di primo livello che viene applicata essenzialmente a livello di campo: la strategia di teatro riguarda le azioni che si devono attuare per gestire il biotopo agricolo nel suo insieme e comprende quindi anche i bordi dei campi e le aree incolte naturali o seminaturali circostanti i campi. Le finalità di una tale strategia sono: a) proteggere i campi dall'insediamento di specie preadattate ed esotiche, b) aumentare la biodiversità dell'impoverito agroecosistema tenendo così alto anche il tasso di predazione, c) ridurre la contaminazione delle acque superficiali e gli effetti negativi della

tecnica colturale (es. deriva) verso gli organismi non bersaglio. Strumenti della strategia di teatro sono le fasce tampone, le aree di compensazione ecologica, gli sfalci della vegetazione naturale.

Più o meno le azioni da intraprendere si conoscono e il precedente *escursus* ha dimostrato come le novità non siano numerose. Merita sottolineare però che nel settore delle malerbe l'innovazione di prodotto è molto più veloce dell'innovazione di processo. Sono a disposizione prodotti efficaci che forse non sono sempre usati al meglio; ci si trova, per esempio, a contrastare lo sviluppo di fenomeni di resistenza che potrebbero essere evitati o meglio ritardati con un migliore impiego nel tempo e nello spazio degli erbicidi e con una migliore organizzazione del sistema colturale basato su una migliore conoscenza della biologia delle malerbe. L'agricoltura biologica è quella che soffre maggiormente di questa lenta innovazione di processo: le prestazioni dei mezzi alternativi al chimico sono ancora insufficienti a causa di conoscenze limitate in molti aspetti della biologia ed ecologia delle malerbe e di insufficiente capacità di adeguare l'uso dei mezzi di controllo non chimici alle biologia e fenologia delle malerbe (Sartorato *et al.*, 2006).

Le lavorazioni rappresentano un'arma importante che va però modulata caso per caso in funzione del sistema colturale, del clima e delle malerbe presenti; anche le *cover crops* sono interessanti ma spesso nelle nostre situazioni pedoclimatiche sono difficili da utilizzare. La gestione dei residui colturali è pure importante per la loro azione sulla riduzione delle emergenze. Niente di nuovo, quindi, ma appare oggi molto forte l'esigenza di combinare al meglio le varie azioni di disturbo e di applicarle con una tempistica ben studiata.

Bibliografia

Ascard J (1994). Soil cultivation in darkness reduced weed emergence. *Acta horticulturae* 372: 167-177.

Berti A, Zanin G, Onofri A, Sattin M (2000). Sistema integrato di gestione delle malerbe (IWMS). Catizone P, Zanin G, eds. In: *Malerbologia*. Pàtron Editore, Bologna, pp 659-711.

Booth BD, Swanton CJ (2002). Assembly theory applied to weed communities. *Weed Science* 50: 2-13.

Borin M, Bigon E, Zanin G, Fava L (2004). Performance of a narrow buffer strip in abating agricultural pollutants in the shallow subsurface water flux. *Environmental Pollution* 131: 313-321.

Borin M, Vianello M, Morari F, Zanin G (2005). Effectiveness of a buffer strip in removing runoff pollutants from a cultivated field in North-East Italy. *Agriculture Ecosystems & Environment* 105: 101-114.

Botto JF, Scopel AL, Ballare CL, Sanchez RA (1998). The effect of light during and after cultivation with different tillage implements on weed seedling emergence. *Weed Science* 46: 351-357.

Buhler DD (1997). Effects of tillage and light environment on emergence of 13 annual weeds. *Weed Technology* 11: 496-501.

Buhler DD, Hartzler RG, Forcella F (1997). Implications of weed seedbank dynamics to weed management. *Weed Sci*ence 45: 329-336.

Cantele A, Zanin G (1986). Semplificazione delle lavorazioni e flora reale e potenziale. *Rivista di Agronomia* 20: 288-300.

Carmona DM, Landis DA (1999). Influence of refuge habitats and cover crops on seasonal activity-density of ground beetles (*Coleoptera: Carabidae*) in field crops. *Biological Control* 28: 1145-1153.

Chambers JC, MacMahon JA (1994). A day in the life of a seed: movements and fates of seeds and their implications for natural and managed systems. *Annual Review of Ecology and Systematic* 25: 263-292.

Chee-Sanford JC, Williams MM, Davis AS, Sims GK (2006). Do microorganisms influence seed-bank dynamics? *Weed Science* 54: 575–587.

Clements DR, Weise SF, Swanton CJ (1994). Integrated weed management and weed species diversity. *Phytoprotection* 75: 1-18.

Colbach N, Durr C, Roger-Estrade J, Caneill J (2005). How to model the effects of farming practices on weed emergence. *Weed Research* 45: 2-17.

Colbach N, Busset H, Yamada O, Durr C, Caneill J (2006a). ALOMYSYS: Modelling black-grass (*Alopecurus myosuroides* Huds.) germination and emergence, I interaction with seed characteristics, tillage and soil climate. II. Evaluation. *European Journal of Agronomy* 24: 113-128.

Colbach N, Durr C, Roger-Estrade J, Chauvel B, Caneill J (2006b). ALOMYSYS: Modelling black-grass (*Alopecurus myosuroides* Huds.) germination and emergence, I interaction with seed characteristics, tillage and soil climate. I. Construction. *European Journal of Agronomy* 24: 95-112.

Colbach N, Chauvel B, Durr C, Richard G (2002). Effect of environmental conditions on Alopecurus myosuroides germination I. Effect of temperature and light. *Weed Research* 42: 210–221.

Cousens R (1985). A simple model relating yield loss to weed density. *Annals of Applied Biology* 107: 239-252.

Cousens R, Mortimer M (1995). Dynamics of weed populations. Cambridge University Press.

Crawley MJ (1992). Seed predators and plant population dynamics. In: M. Fenner, ed. *Seeds, the ecology of regeneration in plant communities*. Wallingford, UK, 157-191.

Cromar HE, Murphy SD, Swanton CJ (1999). Influence of tillage and crop residue on postdispersal predation of weed seeds. *Weed Science* 47: 184-194.

Davis AS, Anderson KI, Hallett SG, Renner KA (2006). Weed seed mortality in soils with contrasting agricultural management histories. *Weed Science* 54: 291-297.

Dekker J (1997). Weed diversity and weed management. *Weed Science* 45: 357-363.

Derksen DA (1996). Weed community ecology: tedious sampling or relevant science? A Canadian perspective. *Phytoprotection* 77 (1): 29-39.

DeSousa N, Griffiths JT, Swanton CJ (2003). Predispersal seed predation of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*). *Weed Science* 51: 60-68.

Dritschilo W, Wanner D (1980). Ground beetle abundance in organic and conventional corn fields. *Environmental Entomology* 9: 629-631.

Forcella F (1997). My view. *Weed Science* 45: 327.

Gallandt ER (2006). How can we target the weed seedbank? *Weed Science* 54: 588-596.

Gallandt ER, Fuerst EP, Kennedy AC (2004). Effects of tillage, fungicide seed treatment, and soil fumigation on annual mortality of *Avena fatua*. *Weed Science* 52: 597-604.

Ghersa CM, Benech-Arnold RN, Satorre EH, Martinez-Ghersa MA (2000). Advances in weed management strategies. *Field Crops Research* 67: 95-104.

Jensen PK (1992). First Danish experiences with photocontrol of weeds. *Journal of Plant Diseases and Protection* (special issue XIII), pp 631-636.

Hartmann K, Nezadal W (1990). Photocontrol of weeds without herbicides. *Naturwissenschaften* 77: 158-163.

Harper JL (1977). Population biology of plants. Academic Press, New York.

Hobbs RJ, Humphries SE (1995). An integrated approach to the ecology and management of plant invasions. *Conservation Biology* 9: 761-770.

Kennedy AC (1999). Soil microorganisms for weed management. *Journal of Production Agriculture* 2: 123-138.

Kennedy AC, Kremer RJ (1997). Microorganisms in weed control strategies. *Journal of Production Agriculture* 9: 480-485.

Kremer RJ (1993). Management of weed seedbank with microorganisms. *Ecological applications* 3: 42-52.

Leck MA, Parker VT, Simpson RL (1989). Ecology of soil seedbank. Academic Press, London, UK.

Landis DA, Marino PC (1999). Landscape structure and extra-field processes: impact on management of pests and beneficials. In: Ruberson J, ed. *Handbook of Pest Management*, Marcel Dekker, New York, pp 79-104.

Mittelbach GG, Gross KL (1984). Experimental studies of seed predation in old–fields. *Oecologia* 65: 7-13.

Nurse RE, Di Tommaso A (2005). Corn competition alters the germinability of velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) seeds. *Weed Science* 53: 479-488.

Ruiz D, Escribano C, Fernandez-Quintanilla C (2006). Identifying associations among sterile oat (*Avena sterilis*) infestation level, landscape characteristics, and crop yields. *Weed Science* 54: 1113-1121.

Sartorato I, Zanin G, Baldoin C, De Zanche C (2006). Observations on the potential of microwaves for weed control. *Weed Research* 46: 1-9.

Scopel AL, Ballaré CL, Radosevich SR (1994). Photostimulation of seed germination during soil tillage. *New Phytologist* 126: 145-152.

Thompson K, Bakker JP, Bekker RM (1997). The soil seed banks of North West Europe: methodology, density and longevity. University Press, Cambridge, UK, pp.76.

Vianello M, Vischetti C, Scarponi L, Zanin G (2005). Herbicide losses in runoff events from a field with a low slope: Role of a vegetative filter strip. *Chemosphere* 61: 717-725.

Vischetti C (2006). Misure di mitigazione delle sorgenti puntiformi e diffuse. In: Padovani L, Capri E, eds. *Esposizione delle acque superficiali agli agrofarmaci*. Pitagora Editrice, Bologna, pp 91-117.

Westerman PR, Wes JS, Kropff MJ, van der Werf W (2003). Annual losses of weed seeds to predation in organic cereal fields. *Journal of Applied Ecology* 40: 824-836.

Westerman PR, Liebman M, Menalled F, Heggenstaller AH, Hartzler RG, Dixon PM (2005). Are many little hammers effective? Velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) population dynamics in two and four year crop rotation systems. *Weed Science* 53: 382-392.

Zanin G, Berti A (2000). Malerbe componente persistente degli agroecosistemi. In: Catizone P, Zanin G, eds. *Malerbologia*. Pàtron Editore, Bologna, pp 125-145.

Zhang J, Drummond FA, Liebman M, Hartke A (1997). Insect predation of seeds and plant population dynamics. Maine Agricultural and Forest Experiment Station, *Technical Bulletin* 163: 32.

ATTI XVI *Convegno S.I.R.F.I.*, 2007, 91-101.

LA DISTRIBUZIONE DEGLI AGROFARMACI ALLA LUCE DELLA NUOVA DIRETTIVA EUROPEA

BALSARI P.

Dipartimento di Economia e Ingegneria Agraria Forestale e Ambientale – Università di Torino
E-mail: paolo.balsari@unito.it

Riassunto
L'entrata in vigore delle Direttiva Europea sull'uso sostenibile degli agrofarmaci e il suo recepimento da parte dei Paesi Membri, determinerà in un futuro prossimo delle notevoli ripercussioni all'interno della "filiera" relativa alla distribuzione dei prodotti fitosanitari. In particolare, tali ripercussioni si avranno nell'ambito sia del "nuovo" (certificazione obbligatoria di tutte le macchine usate professionalmente per la distribuzione degli agrofarmaci, classificazione delle macchine in funzione della deriva) che dell' "usato" (ispezione funzionale periodica obbligatoria di tutte le tipologie di irroratrici presente presso le aziende agricole). In questo lavoro sono presentati sinteticamente i principali punti delle Direttiva e parallelamente cosa si sta facendo in Italia per non farsi trovare impreparati al suo recepimento.

Parole chiave
Agrofarmaco; Irroratrice; Controllo; Certificazione; Inquinamento.

Summary

The pesticide application and the new European Directive

The European Directive on the sustainable use of pesticides will soon come into force and its implementation by the EU Member States will bring about relevant changes in the ambit of pesticide application. The repercussions will relate either to new equipment (mandatory certification of all sprayers for professional use, classification of sprayers according to drift risks) or the equipment already in use (mandatory periodic inspection of all sprayers present on the farms). In this paper, the main issues of the EU Directive are presented and current activities aimed at preparing for its implementation in Italy are outlined.

Keywords
Pesticide; Sprayers; Periodical inspection; Certification; Pollution.

Premesse

Il 20 Luglio 2006 la Commissione Europea ha presentato al Parlamento Europeo la "Strategia Tematica per l'uso sostenibile degli agrofarmaci" (COM 2006-372). Ciò al fine di cercare di

colmare la carenza del quadro normativo in vigore inerente la "fase dell'uso effettivo degli agrofarmaci".

In particolare, fra gli obiettivi di tale strategia tematica vi è quello di migliorare i controlli sull'utilizzo e sulla distribuzione degli agrofarmaci. Ciò dovrà avvenire attraverso una serie di disposizioni previste dalla Direttiva proposta. Fra queste ultime quelle che riguardano più specificatamente la fase di distribuzione degli agrofarmaci e, conseguentemente, le macchine irroratrici sono:

- ispezione periodica delle attrezzature per l'applicazione degli agrofarmaci per ridurre le ripercussioni negative di questi prodotti sulla salute umana (soprattutto in termini di esposizione degli operatori) e sull'ambiente durante l'applicazione facendo si che la quantità effettivamente distribuita corrisponda al dosaggio prefissato;
- divieto di ricorrere all'irrorazione aerea (con possibilità di deroghe) onde contenere il rischio di provocare effetti negativi importanti sulla salute umana e sull'ambiente, dovuti, in particolare, alla dispersione dei prodotti irrorati;
- misure specifiche per la tutela dell'ambiente acquatico contro l'inquinamento da agrofarmaci e designazione di zone a utilizzo molto ridotto o nullo di agrofarmaci conformemente alle misure adottate nell'ambito di altre normative (ad esempio la direttiva quadro sulle acque, la direttiva Habitat e la direttiva sugli uccelli selvatici) o finalizzate a tutelare le categorie sensibili;
- gestione e stoccaggio degli agrofarmaci, dei loro imballaggi e dei prodotti residui del trattamento.

Inoltre, in tale documento viene indicato che la Commissione proporrà entro breve una direttiva distinta – che dovrebbe modificare la Direttiva 2006/42/CE del 17 maggio 2006 meglio conosciuta come Direttiva Macchine – sulla certificazione delle attrezzature per l'applicazione degli agrofarmaci immesse in commercio.

Al fine di evidenziare quale impatto tali disposizioni potranno avere sulla realtà italiana, di seguito vengono esaminate tali tematiche con dei riferimenti alla attuale situazione italiana ed europea ed ai costi che essi possono comportare per l'utilizzatore finale.

Ispezione periodica delle attrezzature per l'applicazione degli agrofarmaci

L'articolo 8 della proposta di Direttiva indica che "*entro cinque anni dalla data della sua entrata in vigore, gli Stati membri devono fare in modo che tutte le attrezzature per*

l'applicazione degli agrofarmaci e i relativi accessori adibiti a uso professionale siano stati ispezionati almeno una volta e che solo le attrezzature per l'applicazione degli agrofarmaci e i relativi accessori risultati conformi dopo l'ispezione siano effettivamente utilizzati a scopo professionale" e che *"gli Stati membri devono designare gli organismi incaricati di svolgere le ispezioni e ne informano la Commissione".*

Il controllo funzionale e la regolazione delle macchine irroratrici in uso è uno strumento indispensabile per migliorare la qualità della distribuzione degli agrofarmaci in agricoltura in quanto oltre a poter consentire una riduzione del loro impiego si traduce, soprattutto, in un considerevole decremento sia delle perdite di prodotto che si verificano durante tale operazione che possono rappresentare sino all'80% della quantità distribuita, sia degli indesiderati danni ambientali che ne derivano. Pur trattandosi di un'attività presente in Italia già da alcuni decenni (all'inizio degli anni '80 furono eseguiti in Provincia di Bolzano i primi controlli) e che è già operativa in diversi paesi europei (Fig. 1), attualmente sul nostro territorio è in essere solo in alcune Regioni e, per lo più, è limitata alle aziende che adottano sistemi di produzione eco-compatibili.

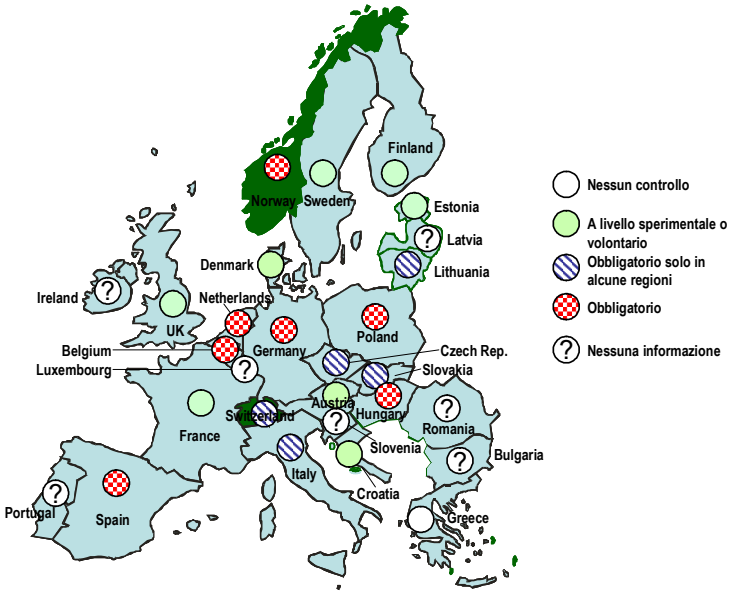


Figura 1. Paesi Europei in cui si effettua il controllo funzionale delle barre irroratrici.

Al ridotto numero di macchine irroratrici sino ad oggi controllate (si stima che queste rappresentino meno del 5% delle macchine che operano in Italia) fa seguito la mancanza di una metodologia di prova comune. Ciò si traduce in una serie di differenze tra Regione e Regione in termini di: parametri esaminati nel corso dei controlli funzionali, limiti di

accettabilità degli stessi, tipologie di attrezzature (banchi prova) e strumentazioni utilizzate nel corso delle verifiche funzionali, criteri di esonero per le macchine irroratrici nuove e certificate ENAMA , periodo di validità del controllo funzionale, ecc.

Con lo scopo di colmare tali lacune ed evitare di trovarsi impreparati a recepire tale Direttiva, è stato attivato dall'Enama su incarico del MIPAAF, un Gruppo di Lavoro Tecnico, coordinato dal DEIAFA dell'Università di Torino, al quale partecipano le Regioni e le Province Autonome attraverso sia i funzionari regionali/provinciali che i referenti scientifici nominati da queste.

L'attività del Gruppo di lavoro, che è iniziata nel giugno 2005, ha portato alla realizzazione di una serie di documenti tecnici che consentono di fornire il necessario supporto tecnico, informativo e normativo alle Regioni e/o Province Autonome che intendono attivare il servizio di controllo funzionale delle irroratrici (http://www.enama.it/it/irroratrici.php).

Si auspica che i prodotti del Gruppo di Lavoro consentano effettivamente di cominciare a diffondere sul territorio italiano il controllo funzionale delle macchine irroratrici in vista di una sua obbligatorietà che seguirà il recepimento della Direttiva in oggetto.

Ciò, ovviamente, comporterà dei costi per l'agricoltore stimabili nell'ordine di 80÷130 € per macchina che, tuttavia, se spalmati sul numero di trattamenti effettuati nel corso di 3÷5 anni vanno ad incidere sulla PLV in misura del tutto irrisoria.

Divieto di utilizzazione dell'irrorazione aerea

La proposta di Direttiva vieta l'irrorazione aerea (capitolo IV, articolo 9), ma ammette delle deroghe, che devono essere autorizzate da autorità designate dagli Stati membri se sussitono le seguenti condizioni:

a) non devono esistere alternative praticabili all'irrorazione aerea, o questa deve presentare evidenti vantaggi in termini di impatti ridotti sulla salute e sull'ambiente rispetto all'applicazione degli agrofarmaci da terra;
b) gli agrofarmaci utilizzati devono essere esplicitamente autorizzati all'impiego nell'irrorazione aerea;
c) l'operatore che effettua l'irrorazione aerea deve essere in possesso di un certificato che garantisca la sua formazione e la sua professionalità in merito.

Misure specifiche per la tutela dell'ambiente acquatico contro l'inquinamento da agrofarmaci

Il recepimento della Direttiva da parte degli Stati Membri, che dovrà avvenire entro 2 anni dalla sua entrata in vigore, dovrà far si che questi ultimi garantiscano, nel caso si utilizzino agrofarmaci in prossimità di corpi idrici l'impiego di :

a) prodotti che non siano pericolosi per l'ambiente acquatico;
b) le tecniche di applicazione più efficienti, comprese le attrezzature di applicazione a bassa dispersione.

Parallelamente, gli Stati Membri devono provvedere a "creare opportune zone di rispetto, nelle quali sia vietato applicare o stoccare agrofarmaci, nei terreni adiacenti ai corsi d'acqua".
In particolare, per prevenire l'inquinamento delle acque da agrofarmaci, è fondamentale utilizzare dispostivi idonei per limitare il più possibile la dispersione della miscela fitoiatrica al di fuori dell'area trattata. Per quanto riguarda l'inquinamento diffuso, va ricordato che la deriva del prodotto fitosanitario, ossia la dispersione di parte della miscela erogata dall'irroratrice al di fuori dell'area oggetto del trattamento, dovuta al moto delle correnti d'aria ambientali, è un fenomeno particolarmente rilevante ai fini dell'inquinamento da prodotti fitosanitari.
Tale fenomeno è stato oggetto di numerosi studi e sperimentazioni mirati, principalmente, a quantificarne l'entità (Ganzelmeier, 2000; Van de Zande *et al.*, 2006). I risultati ottenuti hanno evidenziato che, soprattutto in condizioni di ventosità elevata, la deriva può determinare elevati livelli di contaminazione delle aree prossime a quella trattata. Già da diversi anni, in numerosi Paesi del Nord Europa (Germania, Olanda, Regno Unito, Svezia), sono state adottate delle misure legislative che obbligano gli agricoltori a rispettare delle "distanze di sicurezza" (buffer zones), tra il margine dell'area trattata e le aree adiacenti. Le ampiezze delle buffer zones sono definite in base al tipo di formulato applicato (livello di tossicità, dose di impiego), alle caratteristiche del sito adiacente all'appezzamento trattato (presenza di corsi d'acqua superficiali, di aree urbanizzate, di altre colture sensibili, ecc.) ed al tipo di attrezzature impiegate per la distribuzione dei prodotti fitosanitari.
Recentemente sono stati messi a punto diversi dispositivi da montare sulle macchine irroratrici per il contenimento della deriva (ugelli antideriva, ugelli di fine barra, schermature per barre ed atomizzatori, maniche d'aria). La loro efficacia rispetto alla configurazione tradizionale della macchina irroratrice può, tuttavia, variare considerevolmente in funzione

dell'architettura della coltura sulla quale si opera, del tipo di irroratrice impiegata e, soprattutto, del tipo di regolazione di quest'ultima

Poiché l'orientamento dell'Unione Europea è indirizzato verso la definizione sia di un criterio di determinazione delle buffer zones, sia di una classificazione e certificazione delle macchine irroratrici nuove di fabbrica, in funzione del loro impatto sull'ambiente e in particolare della deriva da loro generata, il Ministero dell'Ambiente ha finanziato al DEIAFA dell'Università di Torino una serie di studi sull'argomento allo scopo di:

- contribuire alla definizione, a livello nazionale e comunitario, degli strumenti da adottare (metodologie di prove, specifiche attrezzature quali banchi prova, ecc) per tali determinazioni e classificazioni;
- favorire la messa a punto di orientamenti tecnici e strumenti per l'attuazione a livello nazionale delle disposizioni in via di adozione a livello europeo;
- giungere alla definizione di una metodologia e delle necessarie soluzioni operative per la classificazione delle macchine irroratrici e dei relativi componenti in funzione della deriva generata.

Gestione e stoccaggio degli agrofarmaci dei loro imballaggi e dei residui

E' previsto che gli Stati Membri adottino i provvedimenti necessari per garantire che le operazioni elencate di seguito non rappresentino un pericolo per la salute o la sicurezza delle persone e per l'ambiente:

a) stoccaggio, manipolazione, diluizione e miscela degli agrofarmaci prima dell'applicazione;
b) manipolazione degli imballaggi e dei resti degli agrofarmaci;
c) trattamento delle miscele rimanenti dopo l'applicazione.

Alcuni studi effettuati in Gran Bretagna e pubblicati dalla Crop Protection Association hanno evidenziato che quasi il 50% della contaminazione delle acque superficiali è dovuta a un non corretto utilizzo dei reflui del trattamento fitoiatrico. In particolare hanno rilevato che, partendo da una dose di sostanza attiva di 2,5 kg/ha, in media 7 g finiscono nelle acque di falda e che circa il 30% di tale quantitativo proviene dal lavaggio delle irroratrici. Tutto ciò a seguito del fatto che l'area adibita a questa operazione è, generalmente, la medesima e risulta caratterizzata da una ridotta superficie (10-20 m^2). Le possibili fonti di inquinamento

puntiforme riguardano tutte le attività che prevedono la manipolazione degli agrofarmaci da parte degli operatori (le perdite durante il trasporto, lo stoccaggio, la preparazione della miscela, lo smaltimento della miscela residua nell'irroratrice a fine trattamento, quello delle acque per il lavaggio interno ed esterno delle macchine e dei contenitori vuoti degli agrofarmaci). Tali fonti di inquinamento derivano, generalmente, da una gestione poco rispettosa dell'ambiente e possono, quindi, essere limitate con una presa di coscienza del problema da parte degli agricoltori e con alcune modifiche alle attuali pratiche adottate in azienda (Fait *et al.*, 2004).

Tenendo conto di questi ultimi aspetti, l'Unione Europea, nell'ambito dei progetti Life Ambiente, ha finanziato, insieme all'Associazione europea dei produttori di Agrofarmaci (ECPA), un progetto triennale denominato TOPPS (Train the operator to prevent pollution to point sources), che coinvolge numerosi stakeholders (operatori agricoli, tecnici di campo, distributori di agrofarmaci, costruttori di macchine irroratrici, compagnie di distribuzione dell'acqua potabile, Arpa regionali) e si propone di sensibilizzare e di formare gli agricoltori e i tecnici del settore al fine di ridurre in misura consistente l'inquinamento puntiforme delle acque da agrofarmaci (www.topps-life.org).

Il progetto si basa sui principi della gestione e della difesa integrata (Integrated Crop Management, Integrated Pest Management) e interessa un vasto gruppo di tematiche legate all'impiego degli agrofarmaci: uso, manutenzione e regolazione delle macchine irroratrici; trasporto, stoccaggio e manipolazione degli agrofarmaci nell'azienda agricola; preparazione delle miscele fitoiatriche e il loro inserimento nella macchina irroratrice (Figura 2 e Figura 3); smaltimento dei reflui del trattamento; pulizia delle attrezzature impiegate per la distribuzione, ecc. (Figura 4 e figura 5).

Con tale progetto si intende indirizzare un messaggio forte e chiaro a tutti gli utilizzatori di agrofarmaci, attraverso la formazione e l'attività dimostrativa rivolta sia agli utilizzatori di tali prodotti, sia ai tecnici e agli operatori del settore che possono influenzare il comportamento degli agricoltori circa la corretta gestione e manipolazione degli agrofarmaci in azienda. Esso, infine, anticipa la riforma della PAC, che prevederà incentivi per l'adozione su vasta scala delle pratiche agricole mirate a garantire la salvaguardia dell'ambiente.

Figura 2. Inserimento della miscela fitoiatrica nel serbatoio dell'irroratrice senza impiego di adeguata attrezzatura.

Figura 3. Inserimento della miscela fitoiatrica nel serbatoio dell'irroratrice con impiego di adeguata attrezzatura.

Figura 4. Errato smaltimento delle acque di lavaggio di una irroratrice

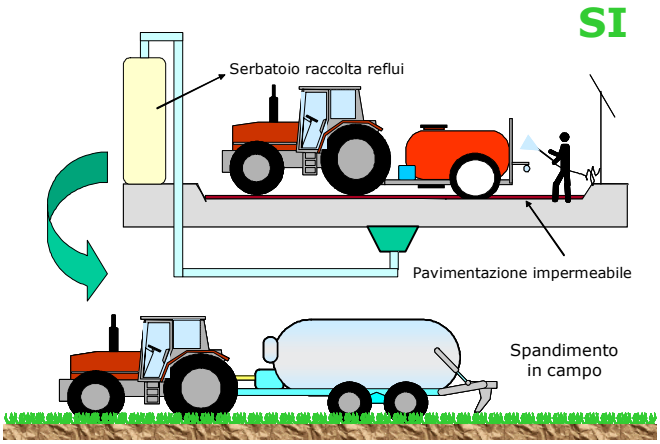


Figura 5. Esempio di corretto smaltimento delle acque di lavaggio di una irroratrice.

Certificazione delle attrezzature per la distribuzione degli agrofarmaci immesse in commercio

Come ricordato nelle premesse, la Commissione Europea prevede di inserire all'interno della Direttiva Macchine una serie di requisiti funzionali specifici per le macchine irroratrici. Ciò nella pratica si tradurrà in una certificazione o autocertificazione obbligatoria di tutte le attrezzature per la distribuzione degli agrofarmaci.

Va a tale proposito ricordato che la certificazione delle macchine irroratrici nuove di fabbrica sulla base di Standard europei (EN 12761) è già obbligatoria in numerosi paesi (Germania, Paesi Bassi, Polonia, Svezia), mentre in Italia è effettuata esclusivamente su richiesta dei costruttori. In questo caso, la certificazione è rilasciata dall'ENAMA.

In particolare, la certificazione volontaria (su richiesta del costruttore) della funzionalità e delle prestazioni delle macchine irroratrici nuove di fabbrica è in Italia una realtà dal 1992, anno in cui, il CONAMA (dal 2000 diventato ENAMA), ha definito, anche in collaborazione con la sezione di Meccanica del DEIAFA, un protocollo di prova che ancora oggi, pur con gli indispensabili aggiornamenti, viene applicato a livello Nazionale (Tabella 1).

Tabella 1. Valori limite di alcuni dei parametri verificati nel corso della certificazione ENAMA.

Parametro esaminato	Valore di confronto	Limite previsto
capacità serbatoio	capacità reale - capacità nominale	>5%
errore scala di lettura	scarto fra valore reale e indicato	± 7.5% fino a 20% del volume nominale ± 5% oltre il 20 % del volume nominale
serbatoio ausiliario lavaggio circuito	capacità (rispetto al serbatoio principale)	>10% o 10 volte il volume diluibile (solo per macchine con serbatoio > 400 litri)
serbatoio ausiliario operatore	capacità	>15 l
prestazioni pompa	portata a scarico libero	--
	differenza fra portata nominale ed effettiva	--
perdite di carico	riduzione di pressione fra regolatore e barra	<10%
portata ugelli	scarto rispetto al valore medio	<5%
antigoccia	gocciolamento	<2 ml
uniformità di distribuzione verticale	differenza fra lato destro e sinistro	le portate desta e sinistra devono essere 50%±5% della totale
	indice di simmetria	<10
agitazione del liquido	concentrazione dopo 16 ore di riposo	>85% dopo 10'
velocità aria in uscita	indice di simmetria	<15
manometro	scarto fra il valore reale e quello indicato	±0.2 bar per pressioni di esercizio di comprese fra 1 e 8 bar; ±0.5 bar per pressioni di esercizio comprese fra 8 e 20 bar; ±1.0 bar per pressioni di esercizio > 20 bar

A partire dal 1996 e grazie ad un accordo con l'ISPESL, il protocollo di prova prevede anche la verifica delle caratteristiche di sicurezza delle macchine secondo quanto indicato dal DPR 459/96, dal DLgs 359/99 e dal DLgs 626/94. Durante la certificazione la macchina è sottoposta a una serie di verifiche funzionali e di sicurezza e, se i risultati di queste rispondono ai requisiti previsti dal protocollo, ad essa viene assegnato un certificato

ufficialmente riconosciuto sia in Italia sia in diversi Paesi europei, grazie ad un accordo internazionale (ENTAM) stipulato tra l'ENAMA e altri Enti certificatori stranieri.
I modelli di irroratrici certificati sino ad oggi in Italia sono circa 140 (per il 70% si tratta di macchine per i trattamenti alle colture arboree); l'elenco completo è disponibile sul sito internet dell'Enama (http://www.enama.it/it/cert_certificati.php).

Conclusioni

L'entrata in vigore delle Direttiva Europea sull'uso sostenibile degli agrofarmaci e il suo recepimento da parte dei Paesi Membri, determinerà in futuro delle notevoli ripercussioni all'interno della "filiera" relativa alla distribuzione dei prodotti fitosanitari. In particolare, tali ripercussioni si avranno nell'ambito sia del "nuovo" (certificazione obbligatoria di tutte le macchine usate professionalmente per la distribuzione degli agrofarmaci, classificazione delle macchine in funzione della deriva) che dell' "usato" (ispezione funzionale periodica obbligatoria di tutte le tipologie di irroratrici presente presso le aziende agricole). Ciò richiederà uno sforzo non indifferente da parte dei costruttori di tali attrezzature per adeguarsi ai requisiti previsti dalla Direttiva e, parallelamente, da parte delle Istituzioni la necessità di attivarsi per tempo nell'organizzare i necessari servizi attuativi e di controllo. Tutto questo, si ritiene, non influirà in maniera troppo negativa sui redditi dell'agricoltore soprattutto se si considerano i benefici che lo stesso potrà trarre in termini di migliore efficacia del trattamento e in alcuni casi di risparmio di prodotto fitoiatrico.

Bibliografia

Ganzelmeier H, Rautmann D (2000). Drift, drift reducing sprayers and sprayer testing. *Aspects of Applied Biology*, 57: 1-10.

Fait G, Nicelli M, Trevisan M, Capri E (2004). Un sistema biologico per decontaminare da agrofarmaci le acque di provenienza aziendale. *L'Informatore Agrario*, 29: 43-45.

Van de Zande JC, Holterman HJ, Michielsen JMGP, Stallinga H (2006). Temporal and spatial variabilità of spray drift around a sprayer field. *Aspects of Applied Biology*, 77: 295-302.

Consiglio dell'Unione Europea: Communication to European Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, 2006. A thematic Strategy on the Sustainable Use of Pesticides. *Fascicolo interistituzionale*: 2006/0132 (COD).

ATTI XVI *Convegno S.I.R.F.I.*, 2007, 103-120.

LA DIRETTIVA E LA GESTIONE DELLE AREE EXTRA-AGRICOLE

MIRAVALLE R.[1], BARBARIOL G.[2], MANCUSI E.[3]

1. Esperto fitopatologo.
2. Direttore Associazione Italiana direttori tecnici Pubblici Giardini.
3. Collegio Ingegneri Ferroviari Italiani.

Riassunto
La Direttiva "*Framework*" ha obiettivi di protezione delle acque e dell'ambiente attraverso la razionalizzazione ulteriore dell'impiego di agrofarmaci. Il diserbo chimico delle aree extra-agricole dovrà sottostare ad ulteriori norme atte a limitare l'impiego. Sono presi in esame: il quadro della comunità vegetale, le diverse tecniche di controllo, le ragioni e gli scopi del controllo della vegetazione spontanea, i punti salienti dove il recepimento della direttiva causerà cambiamenti. Il verde urbano ed il diserbo in ferrovia sono stati presi come casi studio.

Parole chiave
Direttiva; Aree extra-agricole; Infestazione; Erbicidi; Flora spontanea.

Summary
Framework directive and vegetation management in public areas
The Framework Directive aims to protect water and the environment through a further optimisation of agrochemicals.
Chemical weed control in public areas will meet further restrictions aimed at reducing its use.
The weed spectrum, different weed control strategies, the reason why the weeds should be managed are addressed, with emphasis on the relevant topics where the Directive will bring about more changes. Weed control in urban areas and railroads are presented as a case study.

Key words
Directive; Non agricultural areas; Weeding; Herbicides; Natural flora.

Premessa

La Direttiva " *Framework"* sull'uso sostenibile degli agrofarmaci è stata presentata all'AGRI Council il 18 settembre scorso, quale parte del piano di coinvolgimento degli "*stakeholders"* nella creazione dei piani nazionali volti a ridurre i rischi e la dipendenza dell'agricoltura dagli agrofarmaci. Tra le misure principali figurano i piani di lotta integrata, da svilupparsi in

misura specifica per coltura e le norme attuative (formazione, assistenza tecnica, monitoraggio,ecc.).
Si indicano inoltre una serie di misure volte a ridurre od abbandonare l'impiego degli agrofarmaci nei settori operativi extra-agricoli, dove la presenza della popolazione e di aree "sensibili" suggeriscono una maggior severità.

Figlio di un dio minore

La percezione di cattivi comportamenti del passato (modalità di diserbo discutibili negli anni '70 ed '80) e la superficiale concezione del settore come "non produttivo", fanno sì che si pensi che il settore extra-agricolo sia passibile di essere sottoposto ad impedimenti, senza che la popolazione ne risenta in termini di disponibilità alimentare o di costi.
La realtà è molto diversa. Il controllo della vegetazione è opera indispensabile, per offrire alla popolazione una quantità servizi direttamente correlati alla qualità della vita.
Tra questi: sicurezza e funzionalità. Le malerbe sono ostacoli alla visibilità della segnaletica, creano pericoli d'incendio, rappresentano un disturbo alle ispezioni, sono potenziale ostacolo agli scambi ferroviari. Occludono tombini e vie d'acqua diminuendo l'efficienza dei sistemi di sgrondo rapido delle acque piovane.
Il diserbo nelle aree urbane ha aspetti positivi sulla salute, sia attraverso la lotta alle piante allergogene (*Parietaria officinalis, Ambrosia artemisiifolia*, graminacee), sia attraverso la sottrazione dei habitat per "intrusi" poco graditi quali roditori, blatte e zanzare.
La vegetazione incontrollata di molte specie, soprattutto di quelle rizomatose, crea danni ai manti stradali, alle pavimentazioni, ai manufatti di rilievo storico e archeologico, un aumento dei costi delle manutenzioni, la minor efficienza delle macchine pulitrici. I cespi di malerbe sono un ricettacolo naturale di cartacce e lattine, non facilmente estraibili se non con mezzi manuali.
Tra i servizi immateriali gioca un ruolo sempre maggiore l'aspetto estetico. Una città, un aeroporto, un sito archeologico "sporco" nuociono anche gravemente all'immagine del sito e dei suoi amministratori. Un danno che presenta aspetti economici collaterali se l'area in questione ha connotazioni turistiche o è meta comunque di visitatori. Al contrario, parchi ed aree pubbliche ben gestite offrono una rilassante impronta di naturalità (Caneva *et al.*, 2001).
Su quest'aspetto si accentra sempre maggiormente l'attenzione dei cittadini che, in modo sempre più insistente, chiedono alle amministrazioni città pulite, esteticamente gradevoli e verdi.

La domanda di verde di qualità alimenta il bisogno di risolvere il problema delle erbe infestanti gli spazi aperti e crea esigenze specialistiche di controllo delle infestanti nelle aiuole, nei viali alberati, nelle siepi ornamentali, aumentando la complessità e la necessità di conoscenze del sistema.

Le linee guida della Direttiva concernenti il settore extra-agricolo

Protezione dell'ambiente acquatico anche attraverso la formazione di fasce tampone

- Minimizzazione dell'impiego degli agrofarmaci lungo le infrastrutture costeggianti i corsi d'acqua (strade, ferrovie, terreni o substrati molto permeabili);
- Sulle superfici asfaltate o cementate (alto rischio di contaminazione delle acque superficiali o dei sistemi fognari).

Restrizione all'impiego di agrofarmaci:

- Proibizione o restrizione al minimo necessario nelle aree di uso pubblico o frequentati da popolazione sensibile (parchi, giardini pubblici, scuole, ambienti sportivi, aree ricreative);
- Proibizione o restrizione d'impiego nelle aree di conservazione naturale.

Gestione e manipolazione:

- Norme su magazzini, preparazione e diluizione;
- Gestione dei residui dei preparati impiegati;
- Gestione dei vuoti e della rimanenze;
- Lavaggio delle attrezzature.

Attrezzature applicative

- Ispezionate e approvate;
- Sistemi antideriva.

Informazione ai residenti delle zone soggette a trattamento

Formazione professionale degli utilizzatori.

Vengono presi in esame le possibili strade per l'adempimento alle normative prossime future che scaturiranno dal recepimento della Direttiva, iniziando con una premessa: l'analisi del problema.

La comunità vegetale

I diversi ambienti in oggetto sono profondamente trasformati non solo rispetto a quelli naturali, ma anche nei confronti di quelli del settore agrario. Il substrato, nel migliore dei casi, è formato da terra di riporto e spesso è costituito da inerti apparentemente poco ospitali per la vita vegetale.

L'entità del disturbo antropico attivo o passivo è sempre molto importante e comporta nuove alleanze fitosociologiche. Dominano le specie con strategia di riproduzione mista (semi ed organi vegetativi), le specie opportuniste ad alta capacità di produzione di seme, le specie ruderali.

Ma non solo. Come si evince dai contributi presentati in un passato convegno della SILM, dove Sattin e collaboratori (1996) hanno descritto le caratteristiche biologiche ed ecofisiologiche della flora infestante urbana. Recentemente, Sparacino (2005) ha affrontato le infestanti delle sedi ferroviarie. Miravalle (1990, 2005) ha portato un ulteriore contributo alla conoscenza della flora nei siti archeologici, continuando un indagine iniziata nel 1993 nei siti archeologici di Pompei e Selinunte (Catizone e Miravalle, 1993; Catizone *et al.*, 1993). Se ne deduce che la flora presente negli ambienti extra-agricoli rappresenta un enorme numero di specie erbacee, arbustive ed arboree con le caratteristiche più diverse tra loro. La disseminazione anemocora e zoocora, la diffusione di semi o propaguli da parte dell'acqua e dell'uomo (tramite i trasporti) favoriscono l'inserimento di nuove specie, e di quelle esotiche in particolare.

Le specie segetali rappresentano, in termini assoluti (numero di specie ed individui) il gruppo maggiore in termini sistematici, ma non necessariamente in valore o volume di biomassa espresso. La loro rappresentatività è correlata all'ambiente agricolo circostante. Molte di queste specie presentano però una bassa adattabilità e quindi sono limitatamente presenti. Le specie "ruderali" e "stress-tolleranti" tendono a dominare per biomassa complessiva. La relativa inospitabilità dei substrati, le modalità e l'intensità del disturbo antropico danno un

vantaggio competitivo a specie capaci di rapida installazione, di precoce e abbondante produzione di fiori, e con semi a diversa dormienza.

Tuttavia, una classificazione di tipo ecologico non descrive in modo appropriato le comunità vegetali presenti in aree antropizzate ma non addette alla produzione agraria. A meno di estendere il concetto di "ruderale", includendo i comportamenti "opportunistici", che singole specie possono presentare nello spazio di pochi metri, assumendo differenze fenologiche spesso enormi. Alcune specie (ad es. gli amaranti ed i chenopodi) possono comportarsi da specie ruderali nei marciapiedi e assumere un *habitus* "competitivo" (alto accrescimento e produzione di biomassa) negli angoli indisturbati, nelle aree di nuova edilizia, nelle nuove scarpate stradali, ecc..

Assume primaria importanza la collocazione delle specie invasive nei diversi gruppi ecofisiologici, in modo da adottare una adeguata strategia di contenimento. E' molto frequente osservare interventi veramente scorretti sotto questo punto di vista, che non tenendo conto del periodo di emergenza delle malerbe vanificano o riducono l'effetto dell'intervento.

Le strategie volte ad ottimizzare l'effetto degli interventi, con particolare rilievo a quelli effettuati con erbicidi, non può prescindere da una buona conoscenza del quadro floristico e del suo comportamento in relazione al disturbo.

Strategie di controllo

Si deve valutare se gestire la vegetazione od eliminarla, ed i mezzi per raggiungere lo scopo prefissato. La complessità più volte menzionata e la ricchezza di nicchie ecologiche specifiche richiedono una serie di analisi conoscitive relative a vari aspetti:

1) flora presente e sua evoluzione annuale in funzione dei gruppi ecofisiologici dominanti, con particolare attenzione alle specie invasive;

2) possibilità operative;

3) vincoli di varia natura (presenza di zone sensibili o protette, presenza di acqua, scarpate profonde, ecc);

4) grado di formazione degli operatori;

5) normativa vigente.

Questo ultimo aspetto è particolarmente importante qualora si consideri l'impiego del diserbo chimico. Oltre alle normative nazionali, alcune Regioni hanno legiferato in materia vincolando l'impiego degli erbicidi all'ottemperamento di regole specifiche. Il recepimento della Direttiva aumenterà la complessità del quadro normativo.

Una rapida disamina dei mezzi di controllo può aiutare a collocare correttamente il ruolo degli agrofarmaci ad azione erbicida od arbusticida e anche con lo scopo di razionalizzarne l'impiego al minimo necessario o alla loro sostituzione.

- **Lotta biologica e bioerbicidi**

L'impiego della lotta biologica contro alcune malerbe è datata ormai di due secoli. I successi più significativi sono stati ottenuti contro *Opunthia* sp in Australia e Asia e contro *Lantana camara* nelle Hawaii tramite il lancio di insetti antagonisti. Più recentemente l'impiego di bioerbicidi applicati col metodo "inondativo" ha portato a successi importanti, come ad esempio l'impiego del *Fusarium* contro *Striga* sp in Africa, o del batterio *Pseudomonas syringae pv tagetis* contro diverse asteracee.
Oggi l'International Bioherbicides Group è molto attivo nella messa a punto di antagonisti di origine batterica e fungina.
I successi maggiori si ottengono su singole specie invasive di tipo "ambientale". Per il carattere di specificità i sistemi biologici di controllo infestanti non sono, al momento, impiegabili nel settore extra-agricolo.

- **Mezzi fisici**

La pavimentazione, gli asfalti, gli inerti sono già l'ostacolo base per l'instaurarsi della vegetazione in ambiente urbano o nelle infrastrutture. Tuttavia un ridotto numero di specie molto aggressive riesce a trovare nicchie ecologiche sufficienti per svilupparsi e mettere anche a rischio di degrado i manufatti grazie all'opera disgregatrice di radici e rizomi.
L'impiego di pacciamature in ambiente extra-agricolo è utile, quando si opera in condizioni di "coltivazione", vale a dire nelle aiuole, all'impianto di nuove siepi, roseti, ecc..
I materiali plastici, anche se degradabili, portano con se il problema della frammentazione (in seguito alla depolarizzazione del film) e obbligano ad interventi di pulizia del film degradato e relativo smaltimento. La pacciamatura vegetale ha un'azione debole e di breve durata.
Risultati decisamente migliori si ottengo abbinando sistemi pacciamanti diversi. L'impiego di bande di tessuto-non tessuto, o di tessuti plastici traspiranti, posti a contatto del terreno e ricoperti poi da cortecce di pino od anche da inerti lapidei, permette un regolare sviluppo delle specie ornamentali proteggendole dalla competizione funzionale ed estetica della flora avventizia, offrendo nello stesso tempo un aspetto piacevole.

L'impiego di pacciamanti o pavimentazioni discontinue è visto come uno dei settori a rischio quando integrato con erbicidi. Si stanno sviluppando attrezzature operanti per contatto che, proprio in questi casi, potranno sostenere l'impiego di certi erbicidi.

- **Mezzi meccanici**

Nonostante l'evoluzione e l'applicazione dell'elettronica anche alle macchine operatrici, rendendole, ad esempio, capaci di riconoscere ed evitare gli ostacoli, l'adozione del mezzo meccanico rimane limitata a specifici campi d'impiego.
Di larga diffusione per la gestione dei bordi stradali ed autostradali e con versioni ridotte nei parchi e giardini, sono impiegati di regola in modo acritico.
E' corretto valutarne l'impatto su costi, ambiente e vegetazione. I primi sono correlati anche con la necessità di porre i cantieri operativi in sicurezza, visto l'alto differenziale di velocità tra cantieri operativi e traffico. L'impiego di mezzi lenti e potenti ha un suo bilancio energetico e d'emissioni da considerare. L'impiego non ragionato di falcia-trinciatrici tende a creare una flora di sostituzione a vantaggio di geofite ed asteracee peggiorando l'impatto negativo della comunità vegetale. Interventi ritardati e utensili posti ad operare raso terra tendono ad eliminare le specie con portamento cespitoso (es. poacee) a vantaggio di specie come la sorghetta al Nord Italia o l'inula al Centro-Sud, che resistono bene a quel tipo di disturbo.
In altri ambiti, quali quello ferroviario, l'impiego di falciatrici o trinciatrici è normalmente non adottabile. E se l'impiego di mezzi manuali (decespugliatori) è possibile in ambienti ristretti, è praticamente non applicabile in ferrovia, dove la superficie di intervento è calcolata intorno ai 20.000 ettari (Bazzoni, 1994). Occorrerebbe un esercito di persone costrette ad operare in ambiente rischioso per rendere efficiente la rete ferroviaria nazionale eliminando i rischi della vegetazione invasiva. Ed un costo insostenibile.
Un ruolo essenzialmente complementare rivestono spazzatrici meccaniche. Le spazzole rimuovono il substrato, specialmente lungo i cordoli dei marciapiedi, che può ospitare erbe infestanti, operando una proficua opera di prevenzione.

- **Mezzi termici**

L'utlizzo del pirodiserbo impiegando gas di petrolio liquefatto è una tecnica conosciuta da tempo (Bonciarelli,1980) e proposta come mezzo diserbante alternativo a quello chimico. Presenta evidenti limiti operativi connessi al trasporto ed impiego di sostanza infiammabile, efficacia ridotta, bassa velocità d'esecuzione. Recentemente sono state messe a punto

attrezzature dotate di schermature coibentate che evitano la dispersione di calore incrementando l'efficienza erbicida. Il pirodiserbo è interessante nelle aree ad alta sensibilità ambientale, o nei piazzali delle scuole, impianti sportivi e ricreativi.
Anche l'impiego di macchine operanti a vapore può essere interessante in aree sensibili o nei dintorni di scuole, ospedali, ecc.. Come altri metodi, anche i mezzi termici presentano punti deboli in termini di flessibilità operativa, capacità di lavoro ,efficacia su malerbe perennanti.

- **Infrarossi e Microonde**

Entrambi i sistemi rivestono un forte interesse. Potenzialmente migliorano ed evitano i difetti correlati all'impiego dei mezzi termici. La ricerca è piuttosto attiva in materia. Tuttavia nessun mezzo basato su tali tecnologie è impiegabile in pratica oggi, almeno su aree di una certa dimensione, mentre sono già disponibili attrezzature operanti ad infrarossi (Eco-weeder, Sunburst thermal units). Entrambi prodotti negli Stati Uniti sono allo stadio di prototipo per impieghi in agricoltura, aree urbane e ferrovie.

- **Mezzi chimici**

Sin dallo sviluppo della tecnologia, che ha visto negli anni '70 ed '80 del secolo scorso la maggior attenzione da parte delle imprese del settore, i diserbanti sono stati proposti in diversi impieghi extra-agricoli (Vercesi, 1976)
L'adozione relativamente rapida e spesso acritica dei primi tempi ha messo in luce in modo prepotente i possibili effetti indesiderati degli erbicidi di sintesi.
I primi "diserbanti totali", impiegati di norma a dosi alte rispetto agli orientamenti odierni, causarono effetti negativi "*off site*" di fitotossicità, contaminazione ambientale e delle acque superficiali, producendo un'immagine estremamente negativa di questa tecnologia. L'abbandono dei primi erbicidi totali, l'avvento di sostanze attive adeguate e le maggiori conoscenze hanno permesso un impiego ragionato e sostenibile degli erbicidi di sintesi (Ferrero *et al*., 1996).
Gli erbicidi impiegabili in ambiente non agricolo devono possedere caratteristiche eco-tossicologiche particolarmente favorevoli, poiché s'impiegano nelle immediate vicinanze delle attività o delle abitazioni, spesso si applicano su substrati a bassa capacità di trattenerli e degradarli (asfalti, cementi, ecc.), per la frequente presenza di canali, corsi d'acqua naturali od artificiali, e comunque per la grande variabilità ambientale che mette a stretto contatto le esigenze di "pulizia" ed efficienza dell'infrastruttura.

La bassa tossicità per uomo e animali sono la regola aurea, la rapida degradazione del principio attivo in composti neutri, lo è altrettanto. Per contro, altri aspetti di valutazione, basilari in agricoltura per le scelte strategiche, quali "pre-emergenza" e "post-emergenza", perdono in parte il loro significato, in quanto di norma ci si ritrova con vegetazione presente. Inoltre, anche se in molti settori è fortemente desiderabile un'attività erbicida prolungata, le condizioni del substrato non sempre sono idonee all'attività di erbicidi antigerminello.
Scompare, quasi completamente, con l'eccezione dei tappeti erbosi e delle aree piantumate con specie ornamentali, il concetto di "selettività". Cadono d'interesse quindi i 4/5 dei principi attivi in uso nel settore primario. Rimane forte invece il bisogno di "ampio spettro d'azione", che spesso porta con sé caratteristiche critiche. Per cui, la sostenibilità dell'impiego dei diserbanti di sintesi passa anche dallo studio delle compatibilità, delle integrazioni e sinergie tra loro, con lo scopo di ottenere i risultati migliori col minimo impiego.

- **Gli inerbimenti tecnici**

L'impiego di essenze seminate allo scopo di migliorare la gestione degli spazi verdi urbani e delle aree ricreative è iniziato da qualche anno nel nord Europa (Miravalle, 2007). L'idea di sostituire una vegetazione spontanea creata da una comunità vegetale imprevedibile, appartenente a diversi gruppi ecofisiologici (con tempi diversi di emergenza, sviluppo, fioritura), e quindi difficilmente gestibili, con una o poche specie in grado di occupare completamente lo spazio si è sviluppata fino alla realizzazione dei "tetti verdi" e degli inerbimenti tecnici su aree urbane, scarpate e aree ferroviarie, bordi stradali. In un recente convegno intitolato "Inerbimenti e tappeti erbosi per agricoltura, l'ambiente e la società ", Reyneri e collaboratori hanno descritto come l'impiego di inerbimenti tecnici stia interessando anche il nostro Paese (Reyneri *et al*., 2004) per la gestione di cave, frane, discariche, infrastrutture, reti autostradali e viarie, metanodotti, aeroporti. L'inerbimento tecnico risponde anche agli attuali bisogni sulla qualità del paesaggio urbano o antropizzato in genere oltre che a bisogni funzionali e gestionali. E' basato sull'impiego di una o poche essenze rustiche, resistenti agli stress ambientali, con alta adattabilità e bassa richiesta di manutenzione. Sfortunatamente un basso numero di specie rispondono a queste esigenze a Sud delle Alpi, dove la piovosità è oltremodo irregolare e le escursioni termiche molto importanti. Nuove specie, quali la *Koeleria macrantha*, *Cynosurus cristatus* e *Deschampsia caespitosa* si stanno affacciando, contemporaneamente al miglioramento genetico di specie quali *Poa nemoralis, Festuca longifolia*, particolarmente tolleranti l'ombra ed idonee alla copertura di scarpate, cigli stradali, ecc..

Un significativo contributo si potrà avere anche da specie già note e diffuse per la loro adattabilità, quali *Festuca arundinacea* (sviluppo di varietà rizomatose e varietà naturalmente tolleranti al glifosate), (Tuberga, 2006), e *Cynodon dactylon* (aspetto estetico) (Cereti, 2006).

Il quadro normativo

L'impiego d'erbicidi di sintesi è già molto regolato. La Direttiva aumenterà necessariamente la complessità del quadro normativo. Già oggi, per essere in linea con la comunità vegetale, l'impiego degli erbicidi di sintesi è regolato non da un auspicabile testo unico, ma da una piccola selva di leggi nazionali, regionali e regolamenti interni, ecc. che rende la materia alquanto complessa. Esiste una base comune, il D.Lgs n.194 del 17.3.1995 "Attuazione della direttiva 91/414/CEE in materia di immissione in commercio di prodotti fitosanitari", dove è chiaro che la specifica autorizzazione d'impiego deve essere riportata in etichetta. L'etichetta come tale rappresenta un documento "solenne" in quanto Decreto Ministeriale ed ha valore in tutto il territorio nazionale.

Partendo da questa base occorre rilevare le normative regionali. La Regione Veneto per esempio con Dgr. 1619 del 23 maggio 2006 disciplina ulteriormente la materia. Definisce cosa sono le aree extra agricole soggette a tale decreto, stabilisce le norme per gli operatori, il trasporto, il prelievo dell'acqua, i mezzi di distribuzione, il lavaggio e lo smaltimento delle acque. Una guida d'uso per una Buona Pratica di Diserbo insomma.

Ancora: alcuni comuni possono richiede ulteriori specifiche. Una strategia di controllo della vegetazione spontanea deve conoscere ed essere in linea col quadro normativo locale.

La formazione

La Direttiva introduce un elemento estremamente importante: la formazione professionale.

In agricoltura l'adozione della tecnica del diserbo chimico è stata piuttosto rapida, interessa grandi superfici e, sia pure con spazi di miglioramento, ha portato ad una buona formazione degli operatori.

Nel settore extra agricolo le aree interessate dal diserbo sono piuttosto ridotte. È stato calcolato che il rapporto tra la superficie diserbata e la superficie totale in una città è dell'ordine dello 0,05% (Zanin *at al.*, 1996).

Tuttavia, è piuttosto alta l'attenzione in negativo suscitata dall'impiego del diserbo chimico. Cattivo impiego, scarsa soddisfazione dell'utenza, aspetti estetici sgradevoli (vegetazione

sviluppata disseccata) oltre i comprensibili timori legati alla contiguità con abitazioni e attività commerciali ed artigianali, sono state sicuramente tra le cause che determinano un impiego limitato del mezzo erbicida nel diserbo extra agricolo.
Molto spesso l'erbicida è visto come un sistema più veloce e comodo rispetto ad una trinciatura, o meno costoso, e applicato in sostituzione di altre pratiche senza le conoscenze biologiche, ecotossicologiche e meccaniche necessarie.
L'obbligo alla formazione è da ritenere una richiesta desiderabile, non un ostacolo per la gestione della comunità vegetale che colonizza gli spazi antropizzati non facenti parte del sistema agricolo.

Le attrezzature

Rivestono un ruolo fondamentale, non solamente tecnico.
Precisione delle applicazioni, assenza di deriva, sicurezza degli operatori sono obiettivi facilmente perseguibili operando con attrezzature adatte, gestite da personale adeguatamente formato.
Si dovranno in gran parte eliminare semplici attrezzature a spruzzo variabile a favore di sistemi a flusso controllato in termini di pressione, portata e fascia trattata.
Attrezzature operanti senz'acqua o operanti per contatto diretto con la vegetazione (sistemi lambenti del tipo *weed wiper*) possono aiutare a minimizzare i possibili effetti indesiderati in certe aree di impiego.

Magazzini, lavaggi, gestione dei vuoti

La Direttiva non aggiungerà verosimilmente nulla di nuovo a procedure già normate relative al trasporto, magazzinaggio, lavaggio dei contenitori di agrofarmaci e relativo smaltimento.
Un aspetto importante oggi non atteso è quello relativo alle acque di lavaggio delle attrezzature che necessariamente vedrà la creazione di aree adibite con raccolta delle acque da destinare a piccoli depuratori a basso costo del tipo "*biobed*" o similari.

Informazione ai cittadini e restrizioni d'accesso

Già oggi è pratica comune segnalare opportunamente lo svolgimento di operazioni di distribuzione di prodotti fitosanitari. Questo aspetto non appare particolarmente gravoso perché entra già nelle strategie di moltissimi operatori pubblici.

Più articolato e complesso può diventare l'applicazione dei tempi di rientro, quando applicabili. Molti erbicidi non hanno prescrizioni a riguardo per provati motivi e quindi non si renderebbe necessaria la chiusura dell'area trattata. Questo aspetto meriterà una attenzione particolare ed un analisi dei rischi comparata coi metodi alternativi.

Caso studio: il verde pubblico

Il verde pubblico costituisce un'importante risorsa, fondamentale per il miglioramento della salute fisica e psichica dell'uomo in città. Rappresenta inoltre un luogo dove la Natura può ancora esprimere la sua bellezza.
Il verde pubblico esprime pertanto un'insieme di valori materiali ed immateriali fondamentali per la sopravvivenza dell'uomo moderno.

Caratteristiche del verde pubblico

Gli ecosistemi urbani possiedono livelli di naturalità differenziati, comprendendo aree ad elevata naturalità, ambienti seminaturali, fino a situazioni di estrema artificialità.
In generale nel parco o nel giardino è avvenuta un'estrema semplificazione similarmente a quanto avviene nei campi coltivati. La loro sopravvivenza è legata al mantenimento delle condizioni generali nutrizionali ed ambientali ed al controllo delle malattie. E' necessario un apporto costante d'energia dall'esterno con pratiche colturali, concimazioni, diserbi, ecc..

Il controllo delle malerbe nel verde pubblico

Il controllo della vegetazione in ambiente extra-agricolo presenta caratteristiche d'alta eterogeneità, e richiede un approccio fortemente multidisciplinare. E' paragonabile, per diversi aspetti, alle "colture minori", ma con l'aggravante di fruire di un minor numero di studi. E, se parametri d'attenzione noti, come "residuo ammesso", sono privi di significato, la " deriva", il "fuori bersaglio", "l'impatto ambientale", i tempi di rientro assumono significati più forti.

Metodi chimici per il controllo malerbe nel verde urbano

I metodi chimici hanno precedenti che si perdono nella storia dell'uomo. Già Plinio e Teofrasto ci parlano di metodi di controllo chimico delle malerbe.

I metodi moderni costituiscono ancora di più un indubbio vantaggio per la facilità d'impiego ed il costo.
Per garantire il rispetto dell'ambiente, presentano la necessità di un accorto uso e di una approfondita conoscenza dell'impiego dei principi attivi da parte degli operatori.
Il loro impiego va valutato in relazione al grado di naturalità degli ecosistemi. Dov'è più elevata la naturalità, ne viene limitato maggiormente l'uso, fino al limite degli ecosistemi completamente naturali, dove non è necessario l'impiego, visto che le dinamiche naturali regolano la concorrenza intra ed inter specifica.
Negli ecosistemi artificiali o con un grado elevato di artificialità (giardini coltivati) l'impossibilità di realizzare il controllo delle malerbe può determinare uno stravolgimento nella stessa fisionomia e disegno del giardino con perdita dei suoi valori ecologici, estetici e culturali, della fruibilità e sicurezza. L'impossibilità di effettuare il controllo della vegetazione infestante, particolarmente nei periodi di scarsità di risorse economiche, induce all'abbandono delle aree verdi con il conseguente pericolo per la sicurezza e per l'igiene delle stesse. Ciò costituisce un danno ambientale ancora maggiore.
Pertanto un oculato ed attento uso dei metodi chimici, grazie alla riduzione della frequenza delle lavorazioni ed ai minori costi degli interventi, consente di preservare la funzionalità ed il design dei giardini e degli spazi verdi.
I problemi da risolvere sono pertanto quelli relativi alla formazione dei tecnici preposti alla realizzazione dei programmi di trattamento, alla formazione degli addetti e all'informazione corretta dei cittadini.

Caso studio: l'ambiente ferroviario

La rete delle **ferrovie italiane** ammonta (2006) a 15.974 km di linee gestite dalle Ferrovie dello Stato mediante Rete Ferroviaria Italiana (RFI), a cui si sommano quasi 3.000 km gestiti da società regionali. Il controllo della vegetazione spontanea ottempera a scopi di sicurezza e funzionalità. In secondo piano, ma non meno importante, si chiede che le tecniche di diserbo abbiano costi contenuti. Questo aspetto spesso influenza negativamente le decisioni operative.

Gli aspetti economici : i costi del diserbo con erbicidi

Il calcolo del costo del diserbo chimico è riferito ai circa 16.000 km di RFI.

Per semplicità di calcolo ed accettando una ragionevole approssimazione si impiega una tariffa media, tra binario unico e binario doppio, pari a 0,18 €/ metro lineare e una fascia media d'intervento, tra binario unico e doppio, pari a 11 metri.
Con i prodotti ora utilizzabili sono necessari n.2 interventi di diserbo all'anno.
Estensione delle linee = 16.000.000 m lineari di binari
Costo diserbo = 16.000.000 m. x 11 m di larghezza, x 0,18 €/ml = 2.880.000 €/trattamento
Costo totale annuo = 2.880.000 €/trattamento per 2 trattamenti = 5.760.000 €

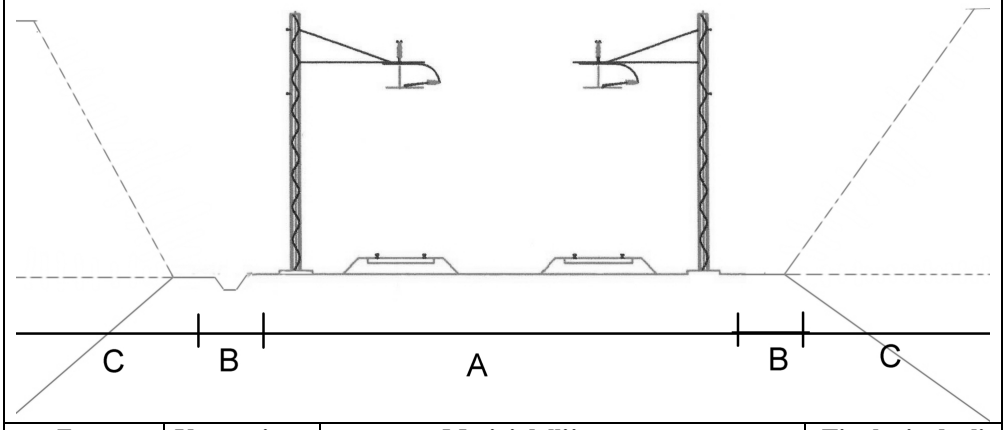
Piazzali

I piazzali relativi alla Rete Ferroviaria Italiana ammontano a circa 60.000.000 mq.
Su queste zone si applica una tariffa pari a 0,07 €/mq.
Con i prodotti attualmente utilizzabili sono necessari n. 2 interventi di diserbo all'anno.
Superficie dei piazzali = 60.000.000 mq
Costo diserbo = 60.000.000 mq per 0,07 €/mq = 4.200.000 €/trattamento
Costo totale annuo = 4.200.000 €/trattamento per 2 trattamenti = 8.400.000 €
Il costo annuale della manutenzione con erbicidi si attesta su un ordine di grandezza poco superiore a 14 milioni di euro.

Interventi di controllo della vegetazione in ferrovia

Gli interventi che possono essere effettuati lungo le linee ferroviarie si differenziano, sia in termini di tipologia di vegetazione da controllare, di obiettivi principali dell'intervento e di tipologia di intervento stesso, in funzione della zona considerata (Tabella 1).

Tabella 1. Principali zone di intervento della rete ferroviaria.



Zona d'intervento	Vegetazione da controllare	Motivi dell'intervento	Tipologia degli interventi
A	essenze erbacee e arbustive annuali e perenni	- evitare l'inquinamento della massicciata per garantire l'elasticità e quindi la stabilità - permettere il deflusso delle acque meteoriche dalla massicciata - permettere la percorribilità dei sentieri (sia del personale ferroviario sia dei passeggeri in caso di evacuazione treno) - ridurre la frequenza della manutenzione delle infrastrutture (massicciata, rotaie, opere d'arte, apparati tecnologici,...)	Chimici
B	essenze erbacee, arbustive e arboree	- evitare l'inquinamento della massicciata per garantire l' elasticità e quindi la stabilità - permettere il deflusso delle acque meteoriche dalla massicciata - permettere la percorribilità dei sentieri (sia del personale ferroviario sia dei passeggeri in caso di evacuazione treno) - ridurre la frequenza della manutenzione delle infrastrutture (massicciata, rotaie, opere d'arte, apparati tecnologici,...) - ridurre il pericolo di incendi - evitare il pericolo di caduta piante sulla linea - garantire la visibilità della segnaletica	Chimici e meccanici da binario con motocarrelli decespugliatori
C	essenze arboree	- evitare il pericolo di caduta piante sulla linea - garantire la visibilità della segnaletica	Meccanici fuori dal binario o con attrezzature manuali

Gli aspetti economici : i costi del diserbo con mezzi meccanici

Gli interventi si riferiscono alle stesse zone sulle quali è stato calcolato il costo del diserbo chimico.

Su queste zone si applicano due diverse tariffe di taglio.

A) tariffa di decespugliamento meccanico applicabile su una fascia esterna ai binari a partire dalla base dell'unghiatura pari a 5 metri/m di linea (2,5 m per lato) = 0,47 €/mq.
B) tariffa per taglio erba su una fascia di 6 m (valore medio tra lina a binario unico e linea a binario doppio) corrispondente alla massicciata = 0,12 €/mq

Per i primi tre anni dall'interruzione del trattamento chimico si può ipotizzare che siano sufficienti 2 trattamenti per anno. Successivamente sarà certamente necessario intervenire più frequentemente.

Gli interventi si riferiscono alle stesse zone sulle quali è stato calcolato il costo del diserbo chimico.

Su queste zone si applicano una sola tariffa di taglio erba pari a 0,12 €/mq. Per i primi tre anni dall'interruzione del trattamento chimico si può ipotizzare che siano sufficienti n. 3 trattamenti per anno. In seguito potrebbe essere necessario intervenire più frequentemente.

Calcolo costi

Linee

Estensione delle linee = 16.000.000 m

Superficie da trattare con la tariffa A = 16.000.000 m per 5 m di larghezza per 0,47 €/mq = 37.600.000 €/trattamento.

Superficie da trattare con la tariffa B = 16.000.000 m per 6 m di larghezza per 0,12 €/mq = 11.520.000 €/trattamento.

Costo totale = 49.120.000 €/trattamento.

Costo totale annuo = 49.120.000 €/trattamento per 2 trattamenti = 98.240.000 €.

Piazzali

Superficie dei piazzali = 60.000.000 mq

Costo totale = 60.000.000 mq per 0,12 €/mq = 7.200.000 €/trattamento

Costo totale annuo = 7.200.000 €/trattamento per 3 trattamenti = 21.600.000 €

In conclusione si può affermare che una gestione del comparto ferroviario eseguito con mezzi meccanici a grande capacità operativa, integrato da attrezzature più agili, quali i decespugliatori si potrebbe aggirare intorno ai 120 milioni di euro. Gestito da una forza lavoro valutabile in 10-12.000 persone operanti circa sei mesi all'anno.

E' fondamentale precisare che il taglio meccanico d'erba ed arbusti non risolve il problema del controllo della vegetazione in ambito ferroviario in quanto tali tipi d'intervento permettono alla vegetazione di conservare l'apparato radicale, che rappresenta la causa prima dell'inquinamento della massicciata. Inoltre sui sentieri le radici creano un ostacolo al deflusso delle acque meteoriche, che tendono a ristagnare all'interno della massicciata.

Questi effetti porterebbero ad un notevole aumento dei costi della manutenzione delle infrastrutture, che dovrebbero essere risanate più frequentemente.

Un altro aspetto è rappresentato dalla sicurezza degli operatori.

La scelta di sistemi di controllo della vegetazione basati su sistemi d'intervento guidati direttamente dagli operatori esporrebbe quotidianamente centinaia di operatori a rischi non facilmente gestibili anche attraverso l'impiego di procedure di sicurezza.

Conclusioni

La gestione od il controllo della flora spontanea è richiesto dalla società civile per ottemperare a bisogni estetici, di sicurezza, di salute e d'efficienza dei sistemi ed infrastrutture pubbliche. Si avvale di diversi sistemi di tipo fisico o meccanico o chimico o biologico (inerbimenti tecnici) e sicuramente dell'integrazione dei diversi sistemo tra loro, per la formazione di strategie sostenibili di lungo periodo. La conoscenza della flora, dei sistemi di controllo e del loro impiego è basilare per il raggiungimento degli obiettivi prefissati. L'impiego degli agrofarmaci è già attualmente integrato in modo importante con sistemi di controllo alternativi.

Si auspica che il recepimento della Direttiva avvenga con la corretta valutazione anche dei metodi diversi dagli agrofarmaci erbicidi, in tema di emissioni di rumore, reflui di carburanti, salute, sicurezza, gestione ambientale e relativi costi.

L'aspetto economico può essere considerato il parametro di minor livello, che diventa però fondamento di scelte strategiche quando le risorse disponibili sono limitate.

Bibliografia

Bazzoni P (1994). Il diserbo in ferrovia. *La Tecnica Professionale*, 50-56.

Bonciarelli F (1980). Agronomia, 242.

Caneva G, Pinna D (2001). Biodeterioramento dei monumenti. In: *Malerbologia*, Patron editore. pp 779-897.

Cereti C (2006). Nuove specie per inerbimenti a bassa manutenzione. *Phytomagazine*,15: 89-93.

Catizone P, Miravalle R (1993). Pompei e Selinunte: esperienze di gestione delle associazioni floristiche di tipo mediterraneo in aree archeologiche. *Atti del 3° Convegno Internazionale parchi e giardini storici, Parchi letterali*, pp 39-43.

Catizone P, Tibitelli E, Miravalle R, Corallo F (1993). Gestione della vegetazione nei siti archeologici: le esperienze di Pompei e Selinunte. *Archeologia: recupero e conservazione*. Cardini ed. Firenze, pp 185-203.

Ferrero A, Covarelli G, Balsari P, Miravalle R, Rapparini G (1996). Mezzi e strategie di intervento per la gestione della flora infestante. *Atti SILM "Il diserbo delle aree extra agricole"*, Padova, 12 dicembre 1996. Guerra guru s.r.l., Perugia. pp 53-96.

Miravalle R (1990). Strategie per la gestione della vegetazione nella regione archeologica di Pompei. *Archeologia e botanica*. Ed. "L'Erma" di Bretschneider, pp 85-94.

Miravalle R (2005). Il diserbo delle aree archeologiche – *Igiene Alimenti*, 4: 57-61.

Miravalle R (2007). La gestione della vegetazione spontanea nelle aree non agricole. *Atti di Incontri fitoiatrici 2007*, Regione Piemonte,Torino, pp 9-14.

Miravalle R, Otto S, Zanin G (2001). Il diserbo delle aree non agricole. In: Malerbologia, Patron editore, pp 855-877.

Reyneri A, Brun F, Bruno G (2004). Rilevanza agronomica ed aspetti economici di inerbimenti tecnici e tappeti erbosi in Italia. *Atti del Convegno Inerbimenti e tappeti erbosi per l'agricoltura, l'ambiente e la società.* Vol. II, pp 33-44.

Sattin M, Bacchi M, Ferrero A, Montemurro P, Ticchiati V, Vecchio V, Viggiani P (1996). Caratteristiche biologiche ed eco-fisiologiche della flora infestate urbana.- *Atti SILM "Il diserbo delle aree extra agricole"*, Padova, 12 dicembre 1996. Guerra guru s.r.l., Perugia. pp 1-52.

Sparacino C (2005). La flora di sostituzione: le nuove infestanti delle sedi ferroviarie – *Atti del Seminario: Dal clorato di sodio al global service*, Collegio Ingegneri Ferroviari – Roma.

Tuberga F (2006). Gli inerbimenti a bassa manutenzione. *Phytomagazine,*15: 27-31.

Vercesi B (1976) . Diserbanti e loro impiego.Edagricole, Bologna.

Zanin G, Otto S, Franzoia N, Altissimo L (1996). Il controllo della vegetazione spontanea nelle aree urbane: aspetti agronomici ed ecotossicologici. *Ingegneria Ambientale*, XXIV, 3: 1-11.

ATTI XVI *Convegno S.I.R.F.I.*, 2007, 121-143.

RISPOSTA DELLE COMUNITÀ DI MALERBE IN SISTEMI COLTURALI ERBACEI A DIVERSI LIVELLI DI INPUT ENERGETICO

FERRERO A.[1], VIDOTTO F.[1], SAGLIA A.A.[2]

1. Dipartimento di Agronomia, Selvicoltura e Gestione del Territorio – Università di Torino
2. Settore Fitosanitario, Regione Piemonte
E-mail: aldo.ferrero@unito.it

Riassunto

Lo sviluppo dell'agricoltura sostenibile si basa essenzialmente sull'adozione di scelte agronomiche in grado di diminuire l'impatto dei sistemi agricoli sull'ambiente e di ridurre i costi di produzione. Particolarmente significativo è, a questo riguardo, il ruolo delle pratiche di coltivazione basate su un ridotto input energetico come apporto di prodotti chimici di sintesi e di interventi meccanici. In questo ambito, nel periodo 1996-2006, è stata condotta una sperimentazione con lo scopo di valutare l'effetto sulla dinamica della vegetazione infestante di 3 sistemi gestionali a diverso livello energetico: "TR", nel quale sono state adottate le colture e le agrotecniche tipiche della zona, "PSR", condotto secondo i disciplinari della gestione integrata e "BI" caratterizzato da minime lavorazioni ed interventi di diserbo solo in post-emergenza. Sono state adottate le seguenti rotazioni: dal 1996 al 1999, frumento-soia-mais-mais, in tutti i sistemi gestionali; dal 2000 al 2003, frumento-mais-soia-mais, in tutti i sistemi gestionali; dal 2004 al 2006, frumento-mais-pisello-mais, nei sistemi colturali "PSR" e"BI" e frumento-barbabietola-mais-pomodoro nel "TR". Nel periodo considerato la vegetazione infestante ha fatto registrare una dinamica evolutiva legata sia al sistema gestionale e sia alle colture adottate. In generale, le colture a ciclo autunno-vernino hanno fortemente limitato l'influenza sull'evoluzione delle infestanti dei diversi sistemi gestionali, a differenza di quanto riscontrato in quelle a ciclo primaverile – estivo. In queste ultime, in particolare il sistema "BI" ha fatto notevolmente aumentare la densità dell'infestazione e ha maggiormente favorito la variazione della comunità di malerbe, rispetto agli altri sistemi di gestione. Lo stesso sistema ha altresì portato ad un graduale aumento della consistenza della banca semi nello strato più superficiale del terreno (0-20 cm).

Parole chiave

Minima lavorazione; Banca semi; Gestione integrata delle malerbe.

Summary

Behaviour of weed communities in herbaceous cropping-systems under different energy-input management

Sustainable agriculture mainly relies on agronomic practices that can diminish impact of agricultural systems on the environment and reduce production costs. A pivotal role in this is

played by the agricultural practices based on reduced energy input related to chemicals and mechanical interventions. This study, conducted in 1996-2006, aimed to assess the effects on weed dynamics of the following three crop management systems with different energy input requirements: “TR”, typical crop management, the most commonly adopted; “PSR”, an integrated management system, largely encouraged by all farming authorities; “BI” low input systems, based on the application of post-emergence weed control and minimum tillage for seedbed preparation. Crop rotations were: from 1996 to 1999, wheat-soybean-maize-maize, in all management systems; from 2000 to 2003, wheat-maize-soybean-maize, in all management systems; from 2003 to 2006, wheat-maize-pea-maize, in “PSR” and ”BI” and wheat-sugarbeet-maize-tomato in “TR”.
During the study period weed infestations appeared to be influenced by both management systems and crops. In general winter-growing crops quite remarkably limited the influence of management systems on weed evolution, in comparison to the summer-growing crops. “BI” system applied in the summer-growing crops resulted in a higher increase of density and shift of weed communities in comparison to other management systems. “BI” system also led to a higher increase of the seed bank in the upper soil layer (0-20 cm).

Keywords
Minimum tillage; Seed bank; Integrated weed management

Introduzione

Nei paesi ad economia più sviluppata si è registrato in questi ultimi decenni un accresciuto interesse verso la disponibilità di prodotti agricoli di qualità, caratterizzati da elevati standard di salubrità. Quest’ultimo aspetto ha assunto un importanza sempre maggiore per l’opinione pubblica la quale tende spesso ad associare il prodotto sicuro dal punto di vista sanitario a tecniche di produzione con limitato impiego di prodotti di sintesi e a basso impatto ambientale.

La sensibilità del consumatore verso queste problematiche unitamente all’esigenza di ridurre i costi di produzione ha portato alla graduale diffusione di forme di gestione delle colture basate sulla razionalizzazione dei prodotti della difesa e dei fertilizzanti nonché sulla riduzione della intensità di lavorazione del suolo. Questa tendenza è stata favorita anche da un quadro normativo (ad es. Reg. CEE 2078/92, Reg.CE 1257/99 e Reg. CE 1698/2005) che è stato progressivamente elaborato a livello comunitario, con lo scopo di tutelare le risorse agroambientali e la salute del consumatore di derrate agricole.

Nell’ambito delle colture erbacee, particolare attenzione è stata posta, a tal riguardo, alla riduzione dell’uso dei diserbanti per il loro potenziale impatto sulla qualità dei corpi idrici superficiali e profondi (Rasmussen, 1996).

Numerose sono le strategie e gli accorgimenti proposti per raggiungere questo obiettivo salvaguardando i rendimenti delle colture. Di particolare interesse nella limitazione delle emergenze delle malerbe e nella distruzione di quelle già nate sono da considerarsi la rotazione colturale e le lavorazioni del terreno (Schweizer e Zimdahl, 1984; Dessaint *et al.*, 1990). L'aratura ha un'azione diretta sulle malerbe cresciute al termine del ciclo della coltura precedente, o di quelle sviluppatesi successivamente alla raccolta. L'aratura, infine, influenza la popolazione infestante agendo sui rapporti tra flora potenziale e flora reale (Covarelli, 1995)

Le tecniche di lavorazione ridotta e di non lavorazione, introdotte per esigenze energetiche, agronomiche e ambientali, favoriscono un'evoluzione quantitativa e qualitativa della flora infestante (Covarelli, 1995).

Oltre ad esplicare una minor azione diretta nei confronti delle malerbe, le lavorazioni ridotte tendono ad accumulare i semi negli strati superficiali del terreno, consentendo un maggiore sviluppo della flora infestante. Questo tipo di lavorazioni favorisce in genere le graminacee annuali rispetto alle dicotiledoni annuali (Thomas e Frick, 1993). Le lavorazioni ridotte portano generalmente ad un aumento delle infestazioni ed una conseguente maggiore dipendenza dal mezzo chimico (Froud-Williams *et al.*, 1981).

Le lavorazioni con le colture in atto possono contribuire al contenimento delle malerbe. L'erpicatura trova particolare interesse nelle colture seminate a spaglio o a file ravvicinate (mais, cipolla, ecc.), mentre la sarchiatura è sicuramente la pratica più valida nelle colture a file distanziate (mais, soia, barbabietola, peperone, ecc.) (Ferrero e Balsari, 1998). La sarchiatura consente inoltre di ridurre l'impiego dei diserbanti, limitandone l'applicazione alla fila di semina.

Nell'ambito degli interventi chimici va ricordato che i trattamenti di pre-emergenza, essendo effettuati su terreno in assenza di vegetazione, possono avere un maggiore impatto ambientale ma, nel contempo, garantiscono la quasi totale assenza di malerbe fin dai primi stadi di sviluppo della coltura.

I trattamenti di post-emergenza, al contrario, consentono di utilizzare prodotti più idonei al tipo di infestazione presente, ma risultano generalmente di più difficile esecuzione (condizioni climatiche, terreni pesanti), la loro efficacia è spesso minore a causa della nascita scalare delle malerbe e vengono eseguiti quando le infestanti hanno già esercitato una competizione più o meno grave nei confronti della coltura.

In relazione a queste problematiche si è avviato, a partire dal 1996, uno studio, finanziato dalla Regione Piemonte, per verificare l'impatto sulla evoluzione della vegetazione infestante

di tre diversi percorsi gestionali in sistemi colturali erbacei, caratterizzati da differenti programmi di diserbo e da diversa intensità di lavorazione del terreno.

Materiali e Metodi

La sperimentazione è stata svolta presso l'azienda agraria dell'Istituto Tecnico Agrario "Don Bosco" di Lombriasco, situata in un ambiente rappresentativo delle tipiche condizioni ambientali e colturali della pianura torinese. Nello studio sono stati posti a confronto tre diversi sistemi gestionali:

- "TR" o tradizionale, nel quale è stata applicata sempre l'aratura e le agrotecniche consuete della zona;
- "PSR", nel quale fino al 2000 è stato adottato il disciplinare di produzione relativo alla misura A1 del Reg CEE 2078/92. A partire dal 2000 questo percorso ha fatto riferimento all'azione F1 delle misure agroambientali del "PSR 2000-2006" della Regione Piemonte. In tale sistema è sempre sempre adottata l'aratura;
- "BI"o a basso input, che ha previsto l'utilizzo di erbai da sovescio, l'applicazione della minima lavorazione e un uso ridotto di fertilizzanti e prodotti fitosanitari.

La rotazione delle colture ha subito un'evoluzione nel corso della sperimentazione; ciò si è reso necessario per un adeguamento alle norme tecniche previste dalle misure agroambientali che, in materia di rotazione colturale, sono diventate sempre più restrittive, passando dalla misura A1 del Reg. CEE 2078/92 all'azione F1 del PSR 2000-2006.

- dal 1996-1999: frumento-soia-mais-mais, in tutti i sistemi gestionali;
- dal 2000 al 2003: frumento-mais-soia-mais, in tutti i sistemi gestionali;
- dal 2004: frumento-barbabietola-mais-pomodoro, in "TR"; frumento-mais-pisello-mais, in "BI" e "PSR".

La descrizione dell'avvicendamento colturale di ogni parcella dal 1996 al 2006 è riportata in Tabella 1.
La sperimentazione si è svolta su 12 parcelloni di circa 1000 m^2 ciascuno. I parcelloni, di dimensioni adatte all'impiego di normali attrezzature aziendali per tutte le operazioni colturali, sono stati sistemati a spianata e irrigati per scorrimento (ad eccezione del pomodoro che è stato irrigato a goccia con manichette forate).

Ogni sistema colturale ha occupato quattro parcelloni, che hanno ospitato la serie completa delle diverse colture della rotazione.

Tabella 1. Successione colturale adottata nella sperimentazione dal 1996 al 2006.

	BI				PSR				TR			
Parcellone	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
Anno												
1996	F	S	M1	M2	F	S	M1	M2	F	S	M1	M2
1997	S	M1	M2	F	S	M1	M2	F	S	M1	M2	F
1998	M1	M2	F	S	M1	M2	F	S	M1	M2	F	S
1999	M2	F	S	M1	M2	F	S	M1	M2	F	S	M1
2000	F	S	M1	M2	F	S	M1	M2	F	S	M1	M2
2001	M1	M2	S	F	M1	M2	S	F	M1	M2	S	F
2002	S	F	M2	M1	S	F	M2	M1	S	F	M2	M1
2003	M2	M1	F	S	M2	M1	F	S	M2	M1	F	S
2004	F	M	M1	M2	F	M	M1	M2	F	POM	M1	M2
2005	M1	M2	P	F	M1	M2	P	F	B	F	POM	M1
2006	P	F	M2	M1	P	F	M2	M1	M1	B	F	POM

F: frumento; S: soia; M1: mais primo anno; M2: mais secondo anno consecutivo; P: pisello; POM: pomodoro; B: barbabietola.

Gestione delle malerbe nei diversi sistemi colturali

La gestione delle piante infestanti nei diversi sistemi colturali ha presentato sensibili differenze in relazione all'epoca di intervento, al tipo di prodotto e alle dosi impiegate.

In Tabella 2 vengono riportati i trattamenti effettuati nelle varie colture e sistemi gestionali relativi al quadriennio 1996-1999. Si può osservare che nel sistema "TR", in tutte la colture, con la sola eccezione del primo anno per il cereale vernino, è stato effettuato un trattamento in pre-emergenza con le dosi riportate in etichetta. Nel sistema "PSR" su frumento e soia sono stati effettuati esclusivamente trattamenti in post-emergenza; nel mais si è intervenuto con applicazioni localizzate sulla fila con prodotti di pre-emergenza, ad eccezione del 1997, in cui si è diserbato in post-emergenza. La scelta delle sostanze attive e le dosi impiegate sono state quelle definite dai disciplinari di produzione della Regione Piemonte.

Nel sistema "BI", in tutte le colture si è proceduto sempre ad interventi di post-emergenza, utilizzando le dosi di prodotto suggerite in etichetta.

I trattamenti diserbanti effettuati nel quadriennio 2000-2003 sono riportati in Tabella 3. Da questa si può osservare che nel caso del frumento, in tutti i percorsi gestionali, sono stati effettuati trattamenti di post-emergenza con il formulato Logran alla dose di 0,35-0,37 kg ha^{-1}.

Nel sistema "PSR" nel mais sono stati effettuati trattamenti in pre-emergenza localizzati alla semina, integrandoli con due sarchiature tra le file, con la sola eccezione del 2003, in cui si è

intervenuto in post-emergenza. Anche nella soia i trattamenti sono stati esclusivamente di pre-emergeza, ad eccezione del 2003, anno in cui si è dovuto intervenire con un ulteriore intervento in post-emergenza.

Nel mais il diserbo è stato realizzato a pieno campo nel percorso "TR", in modo localizzato nel sistema "PSR". In questi due sistemi gestionali, nella soia gli interventi sono sempre stati effettuati in pre-emergenza, seguiti, nel 2002 e 2003, da uno o due trattamenti in post-emergenza.

Nel "BI" per tutte le colture sono stati utilizzati erbicidi di post-emergenza. Nei sistemi "TR" e "BI", i prodotti sono stati impiegati alle dosi riportate in etichetta, nel sistema "PSR" la scelta delle sostanze attive e le dosi impiegate sono state quelle stabilite dai disciplinari di produzione della Regione Piemonte.

Per quanto riguarda il periodo successivo al 2003, gli interventi diserbanti sono riportati nella Tabella 4. Il frumento, analogamente al quadriennio 2000-2003, ha subito solo trattamenti di post-emergenza, in tutti i percorsi gestionali, con il formulato Logran, alla dose di 0,37 kg ha^{-1}. Il mais nel "TR" è stato trattato in pre-emergenza alla semina e nel 2004 ha subito un ulteriore trattamento di post-emergenza. Nel "PSR" il mais è stato diserbato in post-emergenza nel 2004, mentre nel 2005 e 2006 si è intervenuto in pre-emergenza, in forma localizzata e in post emergenza con due sarchiature interfila. Nel percorso "BI" la gestione delle malerbe è avvenuta sempre in post emergenza. Infine il pisello è stato trattato sia nel "PSR" che nel "BI" solo in post-emergenza.

Nel "TR" la lotta alle malerbe nel pomodoro è stata effettuata sia in pre-trapianto sia in post-trapianto, mentre più problematico è risultato il diserbo dalla barbabietola che ha richiesto un intervento localizzato alla semina, seguito da tre interventi di post-emergenza. I prodotti e le dosi impiegate sono riportate in Tabella 5.

Anche nel triennio 2004-2006 nei percorsi "TR" e "BI" non si sono avute limitazioni nell'uso dei prodotti e le dosi impiegate sono risultate quelle consigliate in etichetta, mentre nel "PSR" i prodotti e le dosi sono state dettate dai disciplinari di produzione relativi.

Agrotecniche adottate

I sistemi gestionali posti a confronto differiscono tra loro in relazione all'utilizzo di diversi input energetici quali lavorazioni del suolo, concimazioni, pratiche di diserbo e trattamenti fitosanitari e, a partire dal 2004, anche alla scelta colturale. Il sistema "TR", in particolare, ha previsto l'inserimento di colture quali la barbabietola e il pomodoro, in sostituzione dei seminativi tradizionali, che rispetto a questi dovrebbero essere più remunerativi e quindi

consentire di aumentare il profitto dell'impresa. Il sistema gestionale "PSR", ha previsto l'adozione di agrotecniche molto simili a quelle adottate nel "TR", con un minor impiego di fertilizzanti e una gestione delle malerbe più razionale, basata su un limitato ricorso ai diserbanti.

Le lavorazioni del suolo nel "TR" e nel "PSR" sono state pressoché le stesse e sono state realizzate con un'aratura profonda 30-35 cm, seguita da uno o due passaggi di erpice a dischi, o erpice a dischi a sua volta seguito da rototerra, a seconda delle necessità delle varie colture.

La gestione a basso input ("BI") ha previsto l'introduzione di erbai da sovescio quali leguminose (colza, veccia e pisello), dopo il frumento e di segale o loiessa, dopo la soia (sostituita dal pisello nel 2003). Non è mai stata eseguita l'aratura e le lavorazioni sono consistite in erpicature, seguite o meno da passaggi con rototerra, in numero variabile a seconda della coltura.

Nei sistemi "PSR" e "BI", la fertilizzazione è stata definita sulla base delle asportazioni delle colture, mentre nel sistema "TR" si è fatto riferimento ai dosaggi comunemente utilizzati nell'azienda in cui è stata realizzata la prova.

Valutazione della flora reale

All'interno di ogni parcellone si sono ricavate tre parcelle. All'interno di ogni parcella si sono individuate delle aree di circa 4 m^2 ciascuna, che al momento del trattamento di diserbo venivano schermate con film plastico in modo da costituire dei testimoni nei quali la flora infestante potesse liberamente svilupparsi senza alcun intervento di controllo.

Per ogni coltura sono stati effettuati due rilievi malerbologici in diverse fasi fenologiche della coltura. Tali rilievi sono stati realizzati con il lancio di un quadrato di area pari a 0,25 m^2, all'interno del quale sono state individuate le specie di malerbe presenti e la loro densità.

Per la valutare l'efficacia dei trattamenti diserbanti, sono stati effettuati ulteriori lanci (con la stessa modalità descritta precedentemente), all'interno di ogni parcella, ma al di fuori dei testimoni, per rilevare le eventuale infestanti sfuggite al trattamento.

Per ogni parcella e per ogni testimone si è proceduto alla realizzazione di tre lanci, per un totale di 18 lanci per parcellone.

Tabella 2. Trattamenti diserbanti effettuati nelle varie colture e sistemi gestionali nel quadriennio 1996-1999.

Anno	Epoca	Frumento						Mais						Soia					
		BI		PSR		TR		BI		PSR*		TR		BI		PSR		TR	
		f.c.	$kgha^{-1}$	f.c.	$kgha^{-1}$	f.c.	$kgha^{-1}$	f.c.	$kgha^{-1}$	f.c.	$kgha^{-1}$	f.c.	$kgha^{-1}$	f.c.	$kgha^{-1}$	f.c.	$kgha^{-1}$	f.c.	$kgha^{-1}$
1996	Pre-semina	Roundup[1]	9,25					Roundup [1]											
	Pre-emergenza									Dual S[2]	1,95	Dual S[2]	1,94					Dual S[2]	2,00
										Stomp[3]	1,95	Stomp[3]	1,94					Stomp[3]	1,50
	Post-emergenza	Oxytril M[4]	3,00	Starane[5]	1	Oxytril M[4]	3,00	Ghibli[7]	1,25					Twinex[9]	1,85	Twinex[9]	0,65	Fusilade N13[10]	1,50
				Fenoxilene[6]	2			Mondak 21S[8]	0,80					Fusilade N13[10]	1,00	Fusilade N13[10]	1,00	Trend[11]	0,80
														Trend[11]	0,80	Trend[11]	0,80		
1997	Pre-emergenza					Liflan[12]	3,50					Dual S[2]	1,94					Dual S[2]	2,00
												Stomp[3]	1,94					Stomp[3]	1,50
	Post-emergenza							Ghibli[7]	1,25	Ghibli[7]	1,25			Twinex[9]	2,00	Twinex[9]	0,65		
								Mondak 21S[8]	0,80	Mondak21S[8]	0,80			FusiladeN13[10]	1,10	FusiladeN13[10]	1,00		
														Trend[11]	0,80	Trend[11]	0,80		
1998	Pre-emergenza					Liflan[12]	3,50			Dual S[2]	1,95	Dual S[2]	1,95					StompM[2+3]	4,00
										Stomp[3]	1,95	Stomp[3]	1,95						
	Post-emergenza	Pointer[13]	0,001					Ghibli[7]	1,50					Twinex[9]	1,85	Twinex[9]	1,85	Twinex[9]	3,00
								Mondak 21S[8]	0,80					Fusilade13[10]	1,00	FusiladeN13[10]	1,00	Oliobianco	1,00
														Agral[14]	0,80	Agral[14]	0,08		
1999	Pre-emergenza					Liflan[12]	3,50			Dual S[2]	1,95	Dual S[2]	1,95						
										Stomp[3]	1,95	Stomp[3]	1,95						
	Post-emergenza 1							Ghibli[7]	1,50					Twinex[9]	1,85	Twinex[9]	2,45	Twinex[9]	1,85
								Mondak 21S[8]	0,80					FusiladeN13[10]	1,00	FusiladeN13[10]	1,33	Fusilade13[10]	1,00
														Agral[14]	0,80	Agral[14]	1,06	Agral[14]	0,80
	Post-emergenza 2													Twinex[9]	3,00	Twinex[9]	3,00	Twinex[9]	3,00
														FusiladeN13[10]	1,10	FusiladeN13[10]	0,04	Fusilade13[10]	1,10
														Agral[14]	0,80	Agral[14]	0,01	Agral[14]	0,80

**: trattamenti di Pre-emergenza localizzati sulla fila. (1): glifosate; (2): metolaclor; (3): pendimetalin, (4): bromoxinil+ioxinil+mecoprop; (5): fluroxipir; (6): MCPA; (7): nicosulfuron; (8): dicamba; (9): fomesafen+bentazone; (10): fluazifop p butile; (11): bagnante (12): trifluralin+linuron; (13): tribenuron metile; (14): bagnante.*

Tabella 3. Trattamenti diserbanti effettuati nelle varie colture e sistemi gestionali nel quadriennio 2000-2003.

Anno	Epoca	Frumento						Mais						Soia					
		BI		PSR		TR		BI		PSR*		TR		BI		PSR		TR	
		f.c.	$kgha^{-1}$	f.c.	$kgha^{-1}$	f.c.	$kgha^{-1}$	f.c.	$kgha^{-1}$	f.c.	$kgha^{-1}$	f.c.	$kgha^{-1}$	f.c.	$kgha^{-1}$	f.c.	$kgha^{-1}$	f.c.	$kgha^{-1}$
2000	Pre-emergenza									Dual S[1]	1,90	Dual S[1]	1,90			Dual S[1]	2,00	Dual S[1]	2,00
										Stomp[2]	1,90	Stomp[2]	1,90			Stomp[2]	1,00	Stomp[2]	1,00
	Post-emergenza	Logran[3]	0,035	Logran[3]	0,035	Logran[3]	0,035	Ghibli[4]	1,00					Twinex[6]	3,00				
								Mikado[5]	1,00					FusiladeN13[7]	1,10				
														Agral[8]	0,80				
2001	Pre-emergenza									Dual S(1)	1,90	Dual S[1]	1,90			Dual S[1]	2,00	Dual S[1]	2,00
										Stomp(2)	1,90	Stomp[2]	1,90			Stomp[2]	1,00	Stomp[2]	1,00
	Post-emergenza	Logran[3]	0,035	Logran[3]	0,035	Logran[3]	0,035	Ghibli[4]	1,00					Twinex[6]	3,00				
								Mikado[5]	1,00					FusiladeN13[7]	1,10				
														Agral[8]	0,80				
2002	Pre-emergenza 1									Dual S[1]	1,90	Dual S[1]	1,90			Dual S[1]	2,00	Dual S[1]	2,00
										Stomp[2]	1,90	Stomp[2]	1,90			Stomp[2]	1,00	Stomp[2]	1,00
	Pre-emergenza 2																	Ronstar[9]	2,50
	Post-emergenza 1	Logran[3]	0,035	Logran[3]	0,035	Logran[3]	0,035	Ghibli[4]	1,00					Twinex[6]	3,00			Twinex[6]	3,00
								Mikado[5]	1,00					FusiladeN13[7]	1,10			FusiladeN13[7]	1,10
														Agral[8]	0,80			Agral[8]	0,80
	Post-emergenza 2													Stratos[10]	2,90				
2003	Pre-emergenza											Primagram Gold[11]	4,00			Dual S[1]	1,25	Dual S[1]	1,25
																Stomp[2]	1,50	Stomp[2]	1,50
	Post-emergenza	Logran[3]	0,037	Logran[3]	0,037	Logran[3]	0,037	Ghibli[4]	1,00	Ghibli[4]	1,00			Twinex[6]	3,00	Basagran[12]	3,00	Basagran[12]	3,00
								Mikado[5]	1,00	Mikado[5]	1,00			FusiladeN13[7]	1,10	FusiladeN13[7]	1,10	FusiladeN13[7]	1,10
														Agral[8]	0,80	Agral[8]	0,80	Agral[8]	0,80

**: trattamenti di Pre-emergenza localizzati sulla fila. (1): metolaclor; (2): pendimetalin; (3): triasulfuron; (4): nicosulfuron; (5): sulcotrione; (6): fomesafen+bentazone; (7): fluazifop p butile; (8): bagnante; (9): oxadiazon; (10): cicloxidim; (11): terbutilazina + s-metolaclor; (12): bentazone.*

Tabella 4. Trattamenti diserbanti effettuati nel frumento, mais, pisello e vari sistemi gestionali nel triennio 2004-2006

Anno	Epoca	Frumento						Mais						Pisello			
		BI		PSR		TR		BI		PSR*		TR		BI		PSR	
		f.c.	$kgha^{-1}$	f.c.	$kgha^{-1}$	f.c.	$kgha^{-1}$	f.c.	$kgha^{-1}$	f.c.	$kgha^{-1}$	f.c.	$kgha^{-1}$	f.c.	$kgha^{-1}$	f.c.	$kgha^{-1}$
2004	Pre- emergenza											Dual S(1)	1,90				
												Stomp(2)	1,90				
	Post-emergenza	Logran(3)	0,037	Logran(3)	0,037	Logran(3)	0,037	Ghibli(4)	1,00	Ghibli(4)	1,00	Ghibli(4)	1,00				
								Mikado(5)	1,00	Mikado(5)	1,00	Mikado(5)	1,00				
2005	Pre-emergenza									Dual S(1)	1,90	Dual S(1)	1,90				
										Stomp(2)	1,90	Stomp(2)	1,90				
	Post-emergenza	Logran(3)	0,037	Logran(3)	0,037	Logran(3)	0,037	Ghibli(4)	1,00					Altorex(6)	1,00	Altorex(6)	1,00
								Mikado(5)	1,00								
2006	Pre-emergenza									Dual S(1)	1,90	Dual S(1)	1,90				
										Stomp(2)	1,90	Stomp(2)	1,90				
	Post-emergenza	Logran(3)	0,037	Logran(3)	0,037	Logran(3)	0,037	Ghibli(4)	1,00					Altorex(6)	1,00	Altorex(6)	1,00
								Mikado(5)	1,00								

**: trattamenti di Pre-emergenza localizzati sulla fila. (1): metolaclor; (2): pendimetalin; (3): triasulfuron; (4): nicosulfuron; (5): sulcotrione; (6): imazamox.*

Tabella 5. Trattamenti diserbanti effettuati su pomodoro e barbabietola nel sistema "TR" del triennio 2004-2006

Anno	Epoca	Pomodoro		Barbabietola		
		TR		TR		
		p.a.	$kgha^{-1}$	p.a.	$kgha^{-1}$	lha^{-1}
2004	Pre-trapianto	Stomp[1]	1			
		Ronstar[2]	0,5			
		Cadou WP[3]	0,07			
	Post-emergenza/Post-trapianto	Titus[4]	0,04			
		Sencor WG[5]	0,03			
		Agral[6]	0,08			
2005	Pre-emergenza(localizzato)			Goltix[7]		2,6
	Pre-emergenza/Pre-trapianto	Cadou pomodoro [8]	0,07			
		Stomp[1]	1			
		Ronstar[2]	0,5			
	Post-emergenza1/Post-trapianto	Titus[4]	0,04	Goltix[7]	0,5	
		Sencor WG[5]	0,3	Betanal Expert[9]		0,7
		Agral[6]	0,08	Venzar[10]	0,5	
				olio minerale		0,5
	Post-emergenza2			Goltix[7]	0,5	
				Betanal Expert[9]		0,7
				Venzar[10]	0,5	
				olio minerale		0,5
	Post-emergenza3			Stratos[11]		1,25
				olio minerale		0,5
2006	Pre-emergenza(localizzato)			Goltix[7]		2,6
	Pre-emergenza/Pre-trapianto	Cadou pomodoro [8]	0,07			
		Stomp[1]	1			
		Ronstar[2]	0,5			
	Post-emergenza1/Post-trapianto	Titus[4]	0,04	Goltix[7]	0,5	
		Sencor WG[5]	0,3	Betanal Expert[9]		0,70
		Agral[6]	0,08	Venzar[10]	0,5	
				olio minerale		0,5
	Post-emergenza2			Goltix[7]	0,5	
				Betanal Expert[9]		0,7
				Venzar[10]	0,5	
				olio minerale		0,5
	Post-emergenza3			Stratos[11]		1,25
				olio minerale		0,5

(1): pendimetalin; (2): oxadiazon; (3): flufenacet; (4): rimsulfuron; (5): metribuzin; (6): bagnante; (7): metamitron; (8): flufenacet+metribuzin; (9): desmedifam+fenmedifam+etofumesate; (10): lenacil; (11): cicloxidim.

Analisi della flora potenziale

Nel corso della sperimentazione si è proceduto, in tre momenti successivi (1996, 2000, 2005) alla determinazione della banca semi di ciascun parcellone, prelevando campioni di terreno a due diverse profondità: 0-20 e 21-40 cm, prima delle lavorazioni per la preparazione del letto di semina. I campioni di terreno sono stati posti all'interno di vaschette mantenute in serra in condizioni favorevoli all'emergenza delle infestanti. Le plantule emerse sono state

conteggiate e distinte in base alla specie; il rilievo è stato effettuato lungo un arco di tempo pari a 15 mesi, comprendendo quattro flussi di germinazione. In tal modo è stato possibile studiare l'evoluzione nel tempo della banca semi delle infestanti nel terreno.

Risultati e discussione

Flora reale

Nel corso della prova, nelle zone non diserbate sono state individuate complessivamente 65 specie (Tabella 6), fra le quali solamente 7 (*Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album*, *Echinochloa crus-galli*, *Portulaca oleracea*, *Solanum nigrum*, *Stellaria media* e *Veronica persica*) sono risultate presenti durante l'intero periodo di studio. Tale composizione specifica è nel complesso simile a quella generalmente riscontrata nella pianura piemontese e, a causa della elevata presenza di specie macroterme, è soprattutto da porre in relazione alle colture estive, generalmente risultate molto più ricche di infestanti, sia come numero di specie, sia come densità di infestazione, rispetto al frumento. Come già osservato in studi relativi alla sola coltura del mais nel territorio nazionale (Ferrero e Vidotto, 2006), anche in tale sperimentazione (che comprende una rotazione con due anni consecutivi di mais), le infestanti con il più elevato contributo specifico sono state soprattutto le dicotiledoni, mentre le graminacee sono risultate rappresentate quasi esclusivamente da *E. crus-galli*.

Tabella 6. Specie complessivamente rinvenute nel corso della sperimentazione.

Agropyron repens (L.) Beauv.	*Equisetum* sp.	*Rorippa* sp.
Amaranthus hybridus L.	*Erigeron annuus* (L.) Pers.	*Rumex obtusifolius* L.
Amaranthus lividus L.	*Erigeron canadensis* L.	*Rumex sanguineus* L.
Amaranthus retroflexus L.	*Fumaria officinalis* L.	*Secale cereale* L.
Amaranthus sp.	*Galinsoga ciliata* (Raf.) Blake	*Senecio vulgaris* L.
Anagallis arvensis L.	*Galinsoga parviflora* Cav.	*Setaria glauca* (L.) Beauv.
Anthemis sp.	*Galium aparine* L.	*Setaria glauca* (L.) Beauv.
Aphanes arvensis L.	*Geranium* sp.	*Setaria* sp.
Arabidopsis thaliana (L.) Heynh.	*Lamium purpureum* L.	*Setaria viridis* (L.) Beauv.
Artemisia vulgaris L.	*Lolium multiflorum* Lam.	*Solanum nigrum* L.
Atriplex patula L.	*Lolium* sp.	*Sonchus arvensis* L.
Avena sterilis L.	*Matricaria recutita* L.	*Sonchus oleraceus* L.
Bidens tripartita L.	*Oxalis europaea* Jord.	*Stellaria media* (L.) Vill.
Brassica napus L.	*Panicum dichotomiflorum* Michx.	*Taraxacum officinale* Web.
Capsella bursa-pastoris (L.) Medik.	*Papaver rhoeas* L.	*Trifolium repens* L.
Cardamine hirsuta L.	*Picris echioides* L.	*Verbena officinalis* L.
Cerastium arvense L.	*Plantago major* L.	*Veronica hederifolia* L.
Chenopodium album L.	*Poa annua* L.	*Veronica persica* Poir.
Chenopodium polyspermum L.	*Poa trivialis* L.	*Viola tricolor* L.
Convolvulus arvensis L.	*Polygonum aviculare* L.	
Cynodon dactylon (L.) Pers.	*Polygonum convolvulus* L.	
Digitaria sanguinalis (L.) Scop.	*Polygonum persicaria* L.	
Echinochloa crus-galli (L.) Beauv.	*Portulaca oleracea* L	

La ricchezza specifica media dei sistemi colturali in esame ha mostrato valori oscillanti fra 17 e 30 specie circa, a seconda dell'anno considerato. Rispetto ai valori normalmente riscontrati nella sperimentazione, nel 2004 il numero di specie presenti è risultato particolarmente basso in tutti sistemi e in tutte le colture (Figura 1).

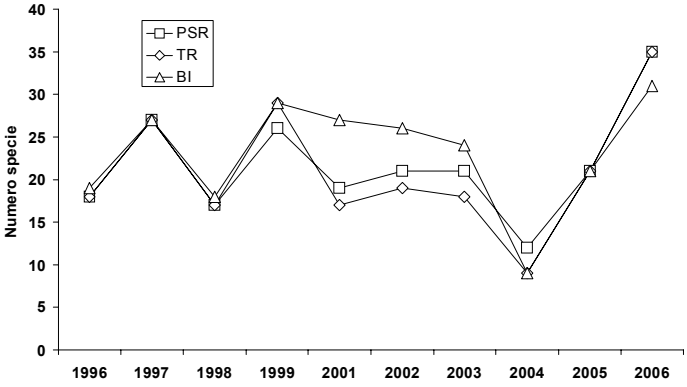


Figura 1. Ricchezza specifica dei tre sistemi colturali dal 1996 al 2006.

I valori più elevati sono stati registrati nell'ultimo anno di sperimentazione (2006). Tra i sistemi gestionali, "BI" ha mostrato una maggiore ricchezza di specie rispetto agli altri nel periodo compreso fra il 1998 e il 2003, mentre negli altri anni non sono emerse sostanziali differenze. Considerando le singole colture, il numero di specie è risultato quasi sempre più elevato nel mais, indipendentemente dal sistema colturale (Figura 2).

La composizione floristica delle infestazioni presenti ha subito variazioni diverse nei vari sistemi nel corso della sperimentazione (Tabella 7). Confrontando le situazioni relative al primo (1996) e all'ultimo anno (2006) della sperimentazione, è possibile valutare l'evoluzione delle comunità di malerbe (Lucchin *et al.*, 2001). La comunità è risultata più stabile nel percorso "PSR", dove è stato ottenuto il coefficiente di rimanenza più elevato (76,5%), mentre nei percorsi "TR" e "BI" la comunità ha subito maggiori variazioni (coefficiente di rimanenza pari a 68,7% e 69,2%, rispettivamente). Tra le nuove specie comparse nell'arco del decennio considerato, le graminacee hanno rappresentato circa il 50% nel sistema "BI" e circa il 30% negli altri due sistemi.

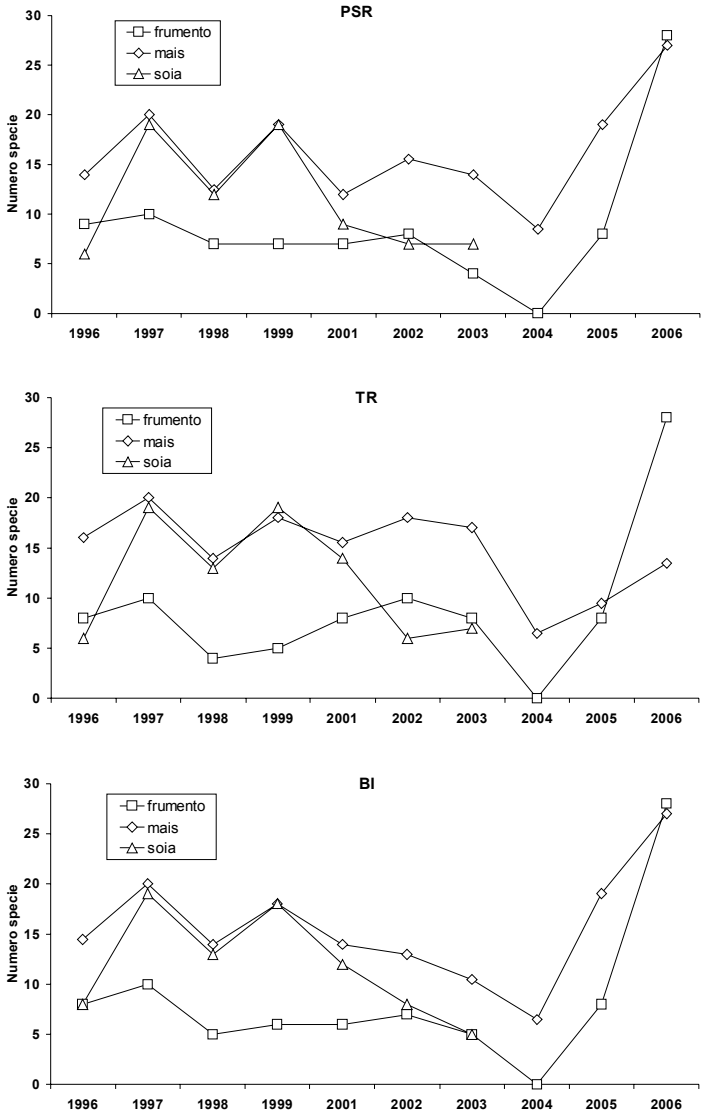


Figura 2. Ricchezza specifica dei tre sistemi colturali dal 1996 al 2006, suddivisa per colture.

Se si prende in considerazione il solo periodo 1996-2003, durante il quale è stata sostanzialmente mantenuta inalterata la sequenza colturale, il percorso "BI" ha manifestato una evoluzione floristica più intensa rispetto agli altri percorsi, con un coefficiente di rimanenza pari al 62,5%.

Tabella 7. Coefficienti di rimanenza e di trasformazione, tassi di sparizione e trasformazione della flora infestante, suddivisi per sistema colturale, riferiti all'intera durata della sperimentazione (1996-2006) ed ai soli primi 7 anni (1996-2003).

	1996/2006			1996/2003		
	PSR	**TR**	**BI**	**PSR**	**TR**	**BI**
Intervallo tra rilievi (anni)	10	10	10	7	7	7
Specie nuove	13	11	9	7	10	6
Specie scomparse	4	5	4	5	4	6
Specie rimaste	13	11	10	12	13	10
Coeff. di rimanenza (***R***) (%)	76,47	68,75	69,23	70,59	76,47	62,50
Tasso di sparizione (***Tr***) (%)	2,35	3,13	3,08	4,20	3,36	5,36
Coeff. di trasformazione (***N***) (%)	56,67	59,26	60,87	50,00	51,85	54,55
Tasso di trasformazione (***Tn***) (%)	5,67	5,93	6,09	7,14	7,41	7,79
Specie comuni ai rilievi del primo e dell'ultimo anno del periodo considerato (C)	AMARE CAPBP CHEAL DIGSA ECHCG GASCI MATCH POROL SOLNI STEME TAROF TRFRE VERPE	AMARE CAPBP CHEAL DIGSA ECHCG GASCI POLAV POROL SOLNI STEME VERPE	AMARE CHEAL ECHCG GASCI POROL SOLNI STEME TAROF VERPE	AMALI AMARE CAPBP CHEAL DIGSA ECHCG GASCI POROL SOLNI STEME TAROF VERPE	AMALI AMARE CAPBP CHEAL DIGSA ECHCG GASCI POROL RUMOB SOLNI STEME TRFRE VERPE	AMARE BIDTR CAPBP CHEAL ECHCG GASCI POROL SOLNI STEME VERPE
Specie sparite tra i rilievi del primo e dell'ultimo anno del periodo considerato (D)	AMALI ANGAR POATR RUMOB	AMALI MATCH PICEC POATR RUMOB	AMALI BIDTR POLCO RUMOB	ANGAR MATCH POATR RUMOB TRFRE	MATCH PICEC POATR POLAV	AMALI MATCH POLCO RUMOB TAROF TRFRE
Specie nuove comparse tra i rilievi del primo e dell'ultimo anno del periodo considerato (A)	ARTVU CARHI CHEPO CYNDA LAMPU LOLMU OXAEU PANDI PLAMA POLAV SETVI VERHE ATXPA	ARTVU AVEST CERAR CHEPO CYNDA LAMPU PANDI PAPRH POLPE TAROF VERHE	CERAR CYNDA DIGSA ERICA LAMPU OXAEU PANDI SETLU SETVI VERHE	ARTVU LAMPU PANDI POAAN SENVU SETLU SONOL	ARTVU CHEPO LAMPU PANDI PAPRH POAAN POLPE RORSP SENVU SETVI	ARTVU BRSNN CERAR DIGSA LAMPU POATR

Oltre alle variazioni fra i diversi anni di sperimentazione, la composizione della flora infestante è risultata ampiamente variabile fra colture e sistemi gestionali. Prendendo in considerazione gli anni 1996 (inizio della sperimentazione), 2003 (anno in cui è stato modificata la rotazione) e 2006, la minore ricchezza specifica ed i più bassi valori di densità sono stati rilevati nel frumento (Figura 3). In questa coltura, a causa dei ridotti livelli di

infestazione riscontrati, sono stati raramente osservati valori di densità delle singole specie e totale significativamente diversi fra i vari percorsi gestionali.

Nel mais, oltre ad un maggior numero di specie presenti e ad una maggiore densità media, sono state molto spesso osservate differenze significative fra i sistemi di gestione posti a confronto (Figura 4). In particolare, differenze significative sono state rilevate per buona parte delle specie più importanti e per il totale delle specie nel 1996 e nel 2003, nonché solo per *E. crus-galli* e per il totale delle specie nel 2006. I più elevati valori di densità sono stati generalmente osservati nel sistema "BI", dove l'infestazione totale è risultata, negli anni 1996, 2003 e 2006, rispettivamente pari a circa 1,9, 2 e 3,5 volte circa l'infestazione totale riscontrata in media negli altri due percorsi colturali.

Un simile comportamento è stato osservato nel caso della soia (Figura 5), nel periodo in cui questa coltura è risultata presente (dal 1996 al 2003). Anche per questa coltura i livelli di densità più elevati sono stati generalmente osservati nel percorso "BI", con valori mediamente compresi fra 1,9 e 3 volte circa l'infestazione totale riscontrata in media negli altri due percorsi colturali.

L'efficacia degli interventi di controllo della flora infestante, espressa come riduzione di copertura complessiva rispetto alle aree testimoni, è risultata più o meno variabile negli anni e fra sistemi gestionali a seconda delle colture (Tabella 8). In particolare, nel sistema "BI" il controllo delle infestanti nella soia è risultato spesso difficoltoso e con esito incostante nei diversi anni. I valori più elevati e più costanti sono stati osservati nel mais, dove l'efficacia è risultata mediamente compresa fra il 92% ed il 96% circa.

Tabella 8. Efficacia media degli interventi di diserbo nelle diverse colture e sistemi gestionali, espressa come riduzione della copertura totale rispetto al testimone (valore medio ± errore standard).

Coltura	PSR	TR	BI
frumento	88,00±3,5	83,74±3,9	83,28±2,8
mais	92,47±2,7	95,78±1,6	96,37±1,2
soia	98,39±0,4	92,74±1,1	88,88±5,0
pisello	91,45±6,4	-	95,22±5,5
pomodoro	-	88,37±7,2	-
bietola	-	86,69±0,3	-

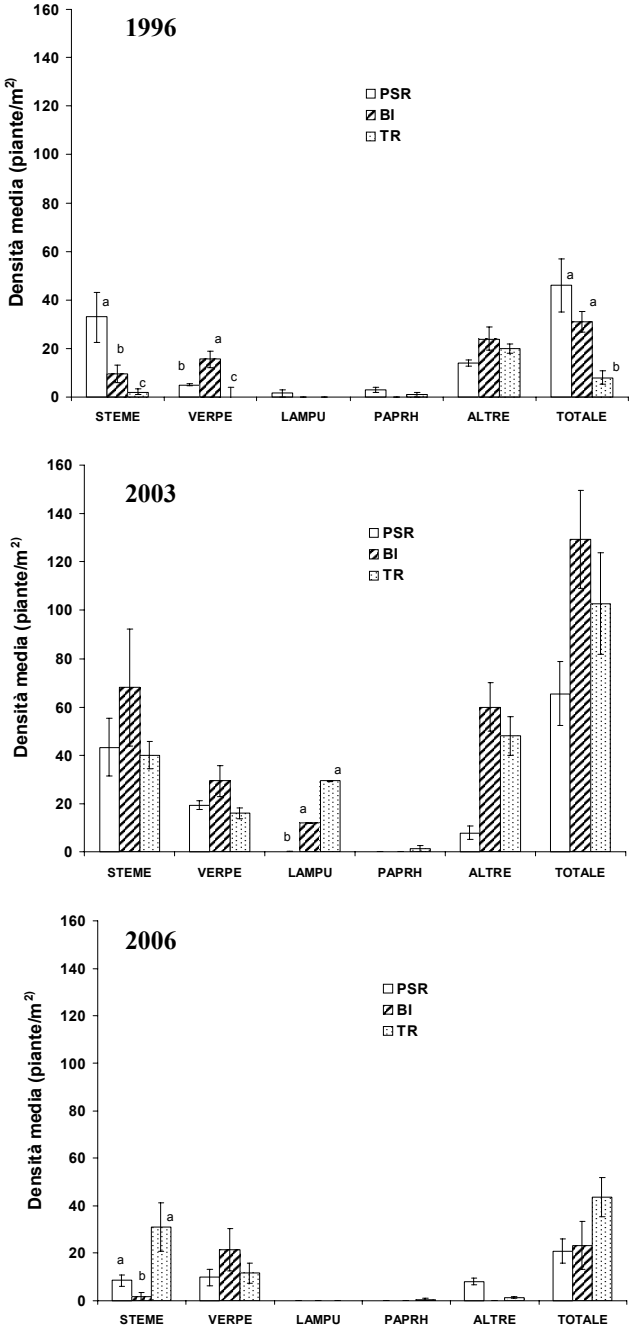


Figura 3. Densità media delle specie più frequenti e del totale delle specie presenti, rilevata in testimoni di frumento in tre momenti della prova. Le barre di errore rappresentano l'errore standard. A lettere uguali (o assenti) corrispondono differenze non significative secondo il test di Bonferroni (su valori Ln-trasformati; P=0.05).

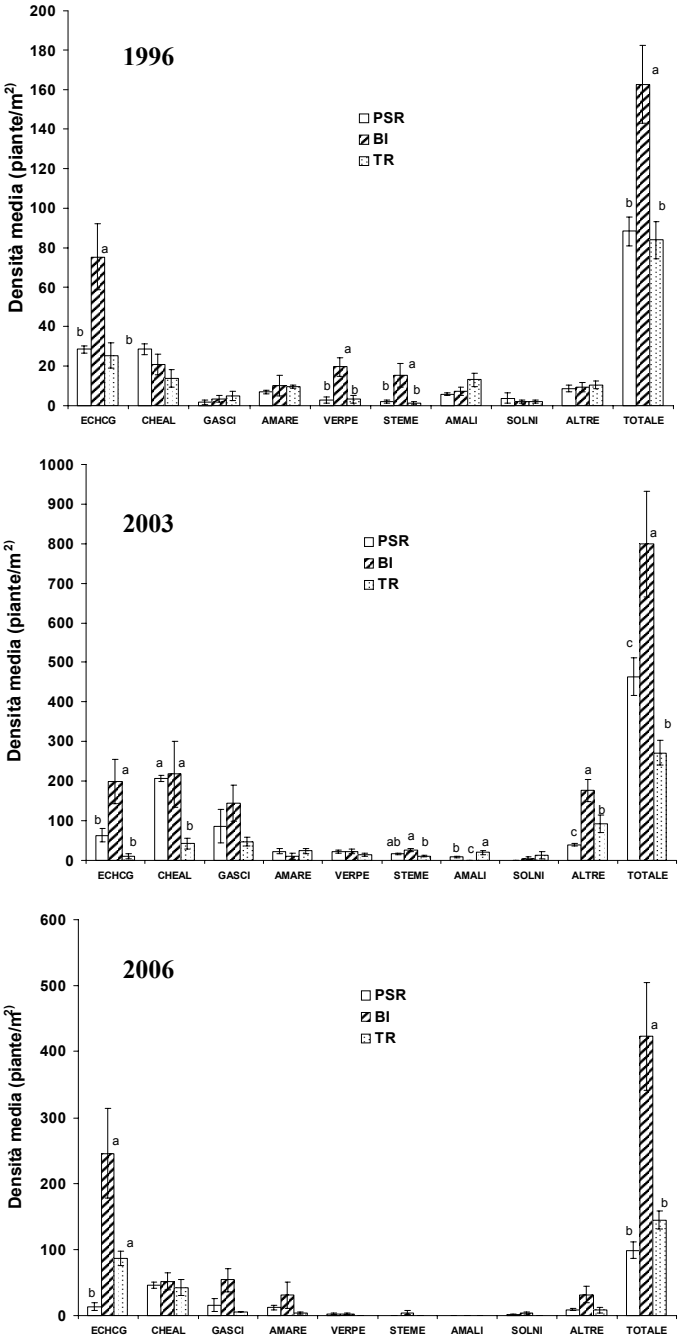


Figura 4. Densità media delle specie più frequenti e del totale delle specie presenti, rilevata in testimoni di mais (come media fra mais al primo e al secondo anno consecutivo) in tre momenti della prova. Le barre di errore rappresentano l'errore standard. A lettere uguali (o assenti) corrispondono differenze non significative secondo il test di Bonferroni (su valori Ln-trasformati; P=0.05).

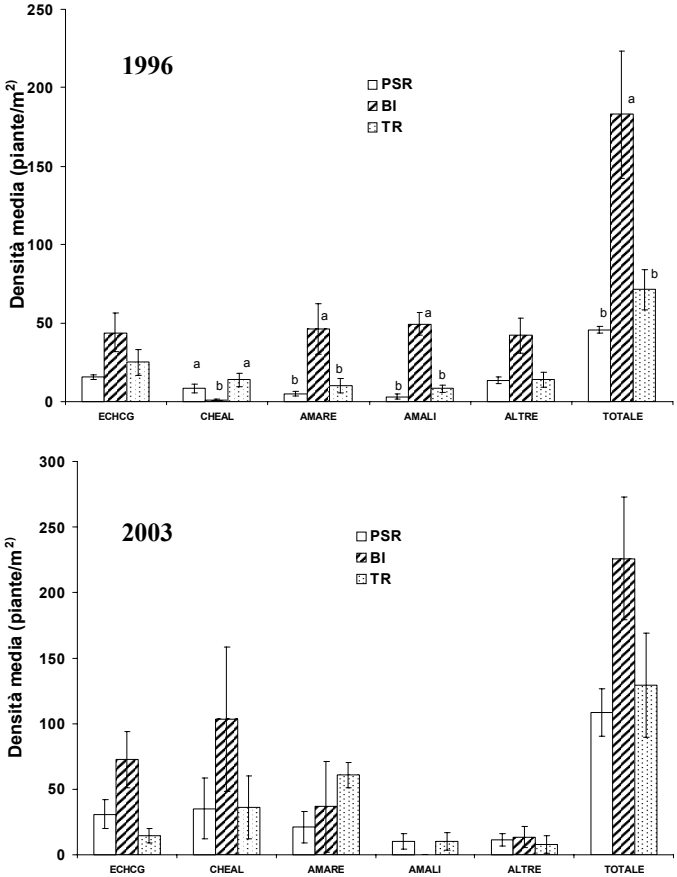


Figura 5. Densità media delle specie più frequenti e del totale delle specie presenti, rilevata in testimoni di soia all'inizio e al termine della prova. Le barre di errore rappresentano l'errore standard. A lettere uguali (o assenti) corrispondono differenze non significative secondo il test di Bonferroni (su valori Ln-trasformati; P=0.05).

Flora potenziale

Nel 1996 la banca semi mediamente presente in tutto il campo sperimentale è risultata pari a circa 18.000 semi m^{-2} nello strato superficiale (0-20 cm) e a circa 11.000 semi m^{-2} in quello più profondo (21-40 cm).

Rispetto alla situazione iniziale, nel corso della sperimentazione si è rilevata una riduzione generalizzata della banca semi totale, verificabile già dopo quattro anni di prova (Figura 6), con valori di circa il 60% e 77%, rispettivamente nello strato superficiale e in quello profondo.

Nonostante tale significativa riduzione, la banca semi nello strato superficiale nel percorso "BI", caratterizzato dall'adozione di tecniche di minima lavorazione, è risultata più abbondante rispetto agli altri percorsi e apparentemente in aumento dal 2000 al 2005. Viceversa, nello strato più profondo, i valori maggiori sono stati osservati negli altri sistemi di gestione, e in particolare in "TR". Considerando la banca semi complessiva dello strato 0-40 cm, negli anni 2000 e 2005 i valori più bassi sono stati riscontrati nel sistema "PSR", mentre in tutti i sistemi gestionali si è assistito ad un incremento medio di circa il 28% dal 2000 al 2005.

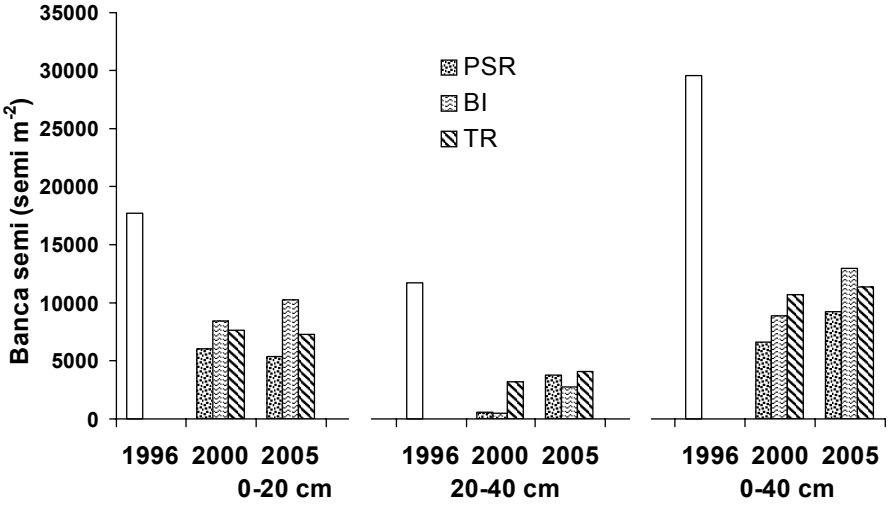


Figura 6. Banca semi complessiva (semi m^{-2}) relativa agli strati 0-20 cm e 20-40 cm nei tre sistemi colturali in esame in tre momenti della sperimentazione (per il 1996 si riporta il valore medio).

La composizione della banca semi ha subito profonde alterazioni nel corso della sperimentazione (Tabella 9).

Considerando solo le specie maggiormente rappresentate, le variazioni osservate sono anche piuttosto ampie e non sono apparentemente correlate con il sistema gestionale adottato. Tuttavia, in tutti i sistemi considerati si è potuta segnalare una evidente tendenza all'aumento della presenza di GASCI.

Tabella 9. Composizione della banca semi negli strati 0-15 cm e 15-30 cm, espressa come percentuale delle specie maggiormente rappresentate.

			Specie più rappresentate (%)					
Anno	**Strato**	**Sistema**	**AMARE**	**CAPBP**	**CHEAL**	**ECHCG**	**STEME**	**GASCI**
1996	0-20	(media)	28,6	10,8	21,6	26,8	12,3	-
	20-40	(media)	21,9	20,1	19,6	24,9	13,5	-
2000	0-40	PSR	13,9	6,3	40,5	4,0	25,0	1,3
		BI	0,9	1,9	20,8	3,7	21,8	10,7
		TR	23,1	0,0	48,2	7,9	2,5	13,1
	20-40	PSR	2,5	12,6	37,2	21,7	26,0	0,0
		BI	4,3	4,0	66,8	4,1	12,5	2,1
		TR	11,8	14,4	22,3	4,1	13,5	11,7
2005	0-20	PSR	5,6	1,4	10,7	1,4	2,3	42,8
		BI	1,7	0,2	14,8	4,7	10,1	37,9
		TR	3,8	1,7	3,0	13,2	4,3	24,8
	20-40	PSR	4,7	0,7	12,7	10,7	2,0	40,7
		BI	1,8	2,7	6,4	3,6	3,6	30,9
		TR	11,0	3,0	7,9	4,3	4,3	40,2

Produzione delle colture

Nel corso dell'intera sperimentazione, non sono state osservate significative differenze fra i diversi sistemi gestionali per quanto riguarda i livelli produttivi delle colture. In media, la produzione delle singole colture è risultata pari a 5,3 t ha^{-1} per il frumento, 3,0 t ha^{-1} per la soia, 11,1 t ha^{-1} per il mais, 97,0 t ha^{-1} per il pomodoro (bacche commerciabili), 4,5 t ha^{-1} per il pisello e 108,0 t ha^{-1} per la barbabietola.

Conclusioni

Lo studio precedentemente discusso ha permesso di osservare che le modalità di gestione di avvicendamenti colturali erbacei, caratterizzate da un diverso impiego di diserbanti e dalla adozione di tecniche di lavorazione del suolo a differente intensità, sono in grado di influenzare diversamente sia gli aspetti qualitativi, sia quantitativi della vegetazione infestante.

In generale, le colture estive hanno presentato una ricchezza specifica superiore a quella delle colture autunno-primaverili. L'influenza del sistema gestionale sulla vegetazione infestante è risultata significativamente diversa a seconda delle colture considerate. Nel frumento, in particolare, non si sono verificate differenze di densità o di composizione floristica legate alla

tipologia gestionale. Nel caso del mais e della soia, invece, il sistema a basso input ha sensibilmente favorito lo sviluppo della vegetazione infestante rispetto agli altri sistemi.

Nel corso del decennio considerato, in tutti i sistemi gestionali considerati si è registrata una sensibile evoluzione floristica, con una più evidente variazione della comunità di malerbe nel sistema con ridotto input energetico.

L'infestazione potenziale ha subito una riduzione generalizzata in tutti i sistemi gestionali durante i primi anni della sperimentazione, verosimilmente a seguito di una gestione più attenta rispetto a quella praticata dall'azienda, prima dell'avvio dello studio. Dopo questo periodo iniziale la banca semi ha fatto registrare un significativo aumento della sua consistenza soprattutto nel sistema a basso input.

In conclusione, questo studio ha posto in evidenza che, nel lungo termine, il sistema di gestione colturale caratterizzato da un ridotto impiego di mezzi meccanici e chimici tende a peggiorare significativamente il quadro malerbologico dei più comuni ordinamenti colturali erbacei. Il sistema basato sull'adozione di scelte operative in grado di utilizzare in modo razionale ed integrato i diversi strumenti colturali disponibili è stato quello che ha fornito i migliori risultati relativi alla stabilità e alla gestione delle comunità di malerbe.

Bibliografia

Covarelli G (1995). Principi di controllo della flora infestante. Ed agricole, Bologna.

Dessaint F, Chadoeuf R, Barralis G (1990). Etude de la dynamique d'une communauté adventice: II influence a long terme des technique culturales sur le potentiel semencier. *Weed Research* 30: 297-306.

Ferrero A, Balsari P (1998). Il controllo delle malerbe con mezzi meccanici e fisici. *Agricoltura Biologica* 6: 48-61.

Ferrero A. e Vidotto F. (2006). Inerbimenti del mais e loro rapporti con alcuni parametri pedo-climatici. In: *Caratteristiche agronomiche, economiche e ambientali dei diserbanti del mais: il caso studio della terbutilazina*. Cooperativa terremerse Soc. Coop., Bagnacavallo, RA: pp. 11-21.

Froud-Williams R J, Chancellor R J, Drennan D S H (1981). Potential changes in weed floras associated with reduced-cultivation system for cereal production in temperate regions. *Weed Research* 21: 99-109.

Lucchin M, Zanin G, Catizone P (2001). Malerbe componente dinamica degli agroecosistemi. In: Catizone P, Zanin G, editori. *Malerbologia*. Patron Editore, Bologna: pp. 147-170.

Rasmussen J. (1996). Mechanical Weed Management. *Proceedings Second International Weed Control Congress*, Copenhagen 1996, 943.

Schweizer E E, Zimdahl R L (1984). Weed seed decline in irrigated soil after six years of continuous corn (*Zea mays*) as affected by till-plant systems and herbicides. *Weed Technology* 3: 162-165.

Thomas A G, Frick B L (1993). Influence of Tillage Systems on Weed Abundance in Southwestern Ontario. *Weed Technology* 7: 699-705.

ATTI XVI *Convegno S.I.R.F.I.*, 2007, 145-157.

STUDI DI LUNGO PERIODO SULL'INQUINAMENTO DIFFUSO DA DISERBANTI

VICARI A., CATIZONE P.

Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agroambientali - Università di Bologna
E-mail: alberto.vicari@unibo.it

Riassunto

Il Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agroambientali della Facoltà di Agraria dell'Università di Bologna, con il sostegno finanziario di Syngenta Ltd., Basilea, ha realizzato, dal 1990, presso l'Azienda Agraria dell'Università di Bologna a Ozzano Emilia, una stazione di monitoraggio per l'analisi della presenza di agrofarmaci e fertilizzanti nelle acque di ruscellamento provenienti dai terreni agrari e nelle acque del rio drenante un bacino di 273 ha. Le ricerche di Ozzano Emilia comprendono uno studio di pieno campo a scala parcellare ed uno studio a scala di bacino, nel quale viene monitorata la qualità delle acque del rio che drena l'intero bacino in cui è situata l'azienda di Ozzano. Oltre a tali indagini, dal 1996 sono svolte prove di lungo termine, presso l'Azienda dell'Università a Cadriano (BO), per quantificare le perdite di diserbanti nelle acque di drenaggio tubolare. L'obiettivo delle prove è quello di studiare, sul lungo termine, i problemi ambientali legati all'impiego dei diserbanti, in particolare per valutare le perdite per ruscellamento (Ozzano) e la eventuale contaminazione delle acque di falda e di drenaggio sottosuperficiale (Cadriano).

Il confronto tra i risultati ottenuti nelle diverse prove a livello di bacino ed in pieno campo ha permesso di raggiungere una più completa e dettagliata comprensione dell'entità dei fenomeni ambientali legati all'inquinamento diffuso da erbicidi, fornendo importanti indicazioni sulle tecniche agronomiche in grado ridurre l'impatto sull'ambiente. Il database, inoltre, è stato utilizzato per la validazione di modelli matematici per la previsione delle perdite di erbicidi nelle acque di ruscellamento e di drenaggio.

Parole chiave

Qualità dell'acqua; Ruscellamento; Percolazione; Erbicidi.

Summary

Long-term studies on diffuse pollution from herbicides

This paper reviews researches carried out at the University of Bologna into diffuse pollution from herbicides. These trials, financed since 1990 by Syngenta Ltd., Basel, Switzerland, include experiments at plot and watershed scale conducted in a hilly area at Ozzano Emilia (BO) and at a field scale in a plain area of the Po valley, at Cadriano (BO). The objective of

these experiments is to evaluate, on the long-term, the herbicide losses in runoff and drainage water. The comparison of the experimental data obtained in all these trials was used to reach a more complete and detailed comprehension of the phenomena related to the use of herbicides and the adoption of soil conservation practices in different landscape and agricultural conditions. The extensive database also allowed the validation of predictive models to estimate herbicide losses associated to the transport with runoff and drainage water.

Keywords
Water quality; Runoff; Leaching; Herbicides.

Introduzione

L'attività agricola è all'origine di fenomeni quali la dispersione ambientale degli agrofarmaci e può influenzare i processi di erosione dei suoli ed il trasporto di composti chimici di sintesi con le acque di scorrimento superficiale o di infiltrazione. Il problema degli impatti esercitati dall'attività agricola sull'ambiente ed in particolare sulla qualità delle acque ha assunto, soprattutto nei paesi ad agricoltura intensiva, un ruolo di primaria importanza. La dispersione ambientale delle sostanze chimiche di sintesi impiegate per la difesa delle colture, quali ad esempio gli erbicidi, potrebbe costituire una importante causa di degradazione della qualità delle acque. Le forme di inquinamento prodotte dall'agricoltura sono principalmente di tipo diffuso, determinate dalla dispersione sul territorio di sostanze inquinanti, o potenzialmente tali, piuttosto che dall'emissione da fonti puntuali.

Le perdite e le concentrazioni più elevate di erbicidi sono associate ai fenomeni di scorrimento superficiale (acque e sedimenti) e si registrano in occasione di eventi piovosi verificatisi a breve distanza temporale dalla data di trattamento (Glotfelty *et al*., 1984; Bowman *et al*., 1994; Rossi Pisa *et al*., 1994; Gaynor *et al*., 2002; Southwick *et al*., 2003). Alcune prove a scala di bacino riportano perdite di erbicidi comprese tra lo 0,5 e il 5% della dose applicata (Frank e Sirons, 1979; Frank *et al.*, 1982; Squillace e Thurman, 1992). Anche le perdite di erbicidi con le acque di drenaggio sottosuperficiale possono essere consistenti: da un'indagine bibliografica è emerso come tali perdite possano oscillare tra lo 0,01 e il 6% della dose di erbicida applicata (Vicari e Mallegni, 1996).

Il Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agroambientali della Facoltà di Agraria dell'Università di Bologna, con il sostegno finanziario di Syngenta, ha realizzato, dal 1990, presso l'Azienda Agraria dell'Università di Bologna a Ozzano Emilia (BO), posta in zona collinare, una stazione di monitoraggio per l'analisi della presenza di agrofarmaci e

fertilizzanti nelle acque di ruscellamento provenienti dai terreni agrari e nelle acque del Rio Centonara drenante un bacino di 273 ha. Le ricerche di Ozzano Emilia comprendono uno studio di pieno campo a scala parcellare ed uno studio a scala di bacino, nel quale viene monitorata la qualità delle acque del rio che drena l'intero bacino in cui è situata l'azienda. L'obiettivo delle prove è quello di monitorare continuativamente, in prove di lungo termine, la qualità delle acque, per quantificare le perdite di erbicidi nelle acque di ruscellamento e per individuare le tecniche agronomiche (profondità di lavorazione, tipo di erbicida, tipo di coltura, uso di colture di copertura, ecc.) in grado di ridurre l'impatto ambientale. Oltre a tali indagini, dal 1996 sono svolte prove di lungo termine, presso l'Azienda dell'Università a Cadriano (BO), posta in zona pianeggiante, per quantificare le perdite di diserbanti nelle acque di drenaggio tubolare. Scopo principale della ricerca è la valutazione, nel lungo periodo, della vulnerabilità della falda freatica superficiale alla contaminazione di alcuni erbicidi utilizzati nelle colture erbacee più importanti, mediante l'analisi delle acque campionate dal drenaggio sottosuperficiale in una ordinaria rotazione colturale. I dati ottenuti nelle diverse condizioni sperimentali, inoltre, sono stati utilizzati per la validazione di modelli matematici per la previsione delle perdite di erbicidi nelle acque di ruscellamento e di drenaggio.

Materiali e Metodi

Perdite di erbicidi nelle acque di ruscellamento

La prova è posta a 200 m s.l.m. in località Sabbioni a Ozzano dell'Emilia (BO) con esposizione a Nord, ed occupa una superficie di circa 7.000 m^2 all'interno del bacino del Rio Centonara. Essa si articola in otto parcelle di 7 x 50 m con pendenza del 15%, aventi il lato maggiore perpendicolare alle linee di livello. Le parcelle sperimentali sono separate le une dalle altre da aree di rispetto di 5 x 50 m, mantenute inerbite e periodicamente sfalciate. Ogni parcella è isolata idrologicamente, al fine di poter raccogliere ed analizzare l'acqua ruscellata ed il sedimento eroso solo dalla superficie parcellare. Nell'area sperimentale è installata una stazione meteorologica in grado di rilevare i principali parametri climatici, quali temperatura ed umidità dell'aria, quantità ed intensità delle precipitazioni piovose, evaporazione, velocità e direzione del vento. L'acqua di ruscellamento viene intercettata da scoline in PVC poste alla base di ogni parcella e convogliata al laboratorio posto a valle delle parcelle, mediante tubazioni in alluminio. All'interno del laboratorio sono presenti otto catene di

campionamento, composte ognuna da una vasca di campionamento a cui viene addotta la torbida ruscellata e da un campionatore automatico in grado di prelevare campioni di torbida direttamente dalla vasca di campionamento e di conservarli ad una temperatura costante di 4 °C. Entro 48 h dall'evento di ruscellamento, i campioni vengono posti in congelatore a -18 °C fino al momento delle analisi.

Periodo 1991-1994

Nel corso del primo quadriennio, la ricerca ha avuto lo scopo di valutare l'effetto della copertura vegetale (*cover crop*) di orzo sulla quantità di acqua ruscellata e di terreno eroso e sulle perdite di erbicida nelle parcelle coltivate a mais. In particolare, quattro parcelle erano lavorate convenzionalmente, mentre nelle altre quattro era stato seminato orzo in autunno, disseccato chimicamente un mese prima della semina del mais. Lo schema sperimentale era a blocchi randomizzati con 2 ripetizioni, nel quale due tecniche agronomiche, lavorazione convenzionale (LC) e presenza di cover crop (C), si combinavano fattorialmente con due tipi di trattamenti erbicidi: a) metolachlor (2 kg p.a. ha^{-1}) + atrazine (1 kg p.a. ha^{-1}) e b) metolachlor in una formulazione sperimentale a rilascio controllato (2 kg p.a. ha^{-1}) + terbuthylazine (1 kg p.a. ha^{-1}).

Periodo 1995-1998

In questo quadriennio è stato valutato l'effetto della modalità di lavorazione del terreno (minima lavorazione e lavorazione convenzionale) e del tipo di coltura (mais e frumento) sui fenomeni di ruscellamento e sulle perdite di erbicidi. Lo schema sperimentale era a blocchi randomizzati con due ripetizioni, nel quale due tecniche di lavorazione, convenzionale (LC) e minima lavorazione (ML), si combinavano fattorialmente con le due colture. Le analisi sui campioni di acqua ruscellata e sul sedimento eroso hanno riguardato la determinazione del metolachlor, dell'atrazine, applicati alle dosi utilizzati nel quadriennio precedente, di due dei principali metabolici dell'atrazine, dietilatrazine (DEA), e deisopropilatrazine (DIA), del prosulfuron (30 g p.a. ha^{-1}), applicato sul mais, e del triasulfuron (15 g p.a. ha^{-1}) applicato in post-emergenza sul frumento.

Periodo 1999-2002

Le prove in questo quadriennio hanno avuto come obiettivo quello di valutare le perdite di due erbicidi, glyphosate e glufosinate-ammonium. L'attenzione si è focalizzata su questi due erbicidi in considerazione della loro importanza e della crescente espansione nel mondo delle

colture transgeniche resistenti agli erbicidi. Oltre a queste due molecole è stato valutato il principale metabolita del glyphosate, l'AMPA. Nei tre anni dell'indagine è stato coltivato mais in monosuccessione, trattato in pre-emergenza con i due erbicidi alla dose di 1,2 kg p.a. ha^{-1}. Lo schema sperimentale adottato era a blocchi randomizzati con 4 ripetizioni.

Periodo 2003-2005

Sono stati posti a confronto, utilizzando uno schema sperimentale a blocchi randomizzati con 2 ripetizioni, 4 diversi trattamenti erbicidi su parcelle coltivate a mais. Sono stati confrontati i seguenti trattamenti erbicidi: metolachlor (2,2 kg p.a. ha^{-1}) + atrazine (1 kg p.a. ha^{-1}), S-metolachlor (1,4 kg p.a. ha^{-1}) + terbuthylazine (1 kg p.a. ha^{-1}), S-metolachlor (1,1 kg p.a. ha^{-1}) + terbuthylazine (0,75 kg p.a. ha^{-1}) e S-metolachlor (1,1 kg p.a. ha^{-1}) + atrazine (0,75 kg p.a. ha^{-1}). Lo scopo della prova era quello di verificare se la riduzione della dose di erbicida comportava una riduzione proporzionale delle perdite di erbicida nelle acque di ruscellamento. I risultati ottenuti sono ancora in corso di elaborazione e non verranno discussi nel presente lavoro.

Studio a scala di bacino

Nello studio a scala di bacino, per la quantificazione delle perdite di erbicidi e nitrati mediante il trasporto nel rio drenante il bacino pedecollinare a Ozzano Emilia (BO) di 273 ha, con destinazione colturale del 31% (Rossi Pisa *et al.*, 1994), è stata installata, nel 1994, una stazione di monitoraggio sul rio, che ha previsto il modellamento di una sezione di chiusura dell'alveo del rio stesso, al fine di agevolare il prelievo dei campioni di acqua, mediante strumentazione automatica. La stazione di misura e di campionamento consiste in uno strumento per la misura della velocità del flusso idrico, dell'altezza d'acqua e della portata del rio e di un campionatore automatico. L'uso del suolo e l'impiego di erbicidi nel bacino sono annualmente censiti mediante verifiche in campagna ed interviste agli agricoltori. Le analisi chimiche dei campioni d'acqua riguardano tutti gli erbicidi distribuiti nel bacino.

Perdite di erbicidi nelle acque di drenaggio

La ricerca è effettuata dal 1996 presso l'azienda sperimentale dell'Università di Bologna sita a Cadriano (BO). Nell'azienda è attivato un impianto per la misurazione dei deflussi idrici dei dreni. Tale impianto è costituito da due appezzamenti isolati idraulicamente, di superficie pari a 0,3 ha e 0,33 ha. Gli appezzamenti sono drenati mediante un sistema di dreni sottosuperficiali posti ad una profondità di 0,9 m. Ciascun dreno è dotato di un misuratore di

deflusso per le acque di drenaggio e, in presenza di deflusso idrico dai dreni, i campioni di acqua vengono prelevati giornalmente. La località sperimentale è inoltre equipaggiata con una stazione meteorologica che registra in automatico i dati relativi alla piovosità ed alla temperatura. Nel solo triennio 1996-1998 si è inoltre operato nella azienda dell'Università di Bologna di Carpi (Modena) in due appezzamenti drenati, su un terreno limoso argilloso, aventi superficie di 1,85 ha e di 2,0 ha e dotati della stessa strumentazione utilizzata a Cadriano. In entrambe le località i due appezzamenti sono stati coltivati con una successione mais-frumento. Il diserbo del mais ha previsto un intervento di pre-emergenza con atrazine (1 kg p.a. ha^{-1}) e metolachlor (2 kg p.a. ha^{-1}) e di post-emergenza con prosulfuron (30 g p.a. ha^{-1}), mentre quello del frumento un intervento di post-emergenza con triasulfuron (15 g p.a. ha^{-1}). Le analisi chimiche dei campioni di acqua di drenaggio hanno riguardato la determinazione quantitativa di tutti gli erbicidi distribuiti, oltre ai 2 principali metaboliti dell'atrazine: dietilatrazine (DEA) e deisopropilatrazine (DIA). Nella località di Cadriano, dal 1999 l'area sperimentale è stata interessata dalla seguente successione colturale: frumento, bietola, patata, frumento e mais. Gli erbicidi utilizzati ed analizzati nei campioni d'acqua sono stati diflufenican, imazamethabenz, isoproturon, metamitron, lenacil, aclonifen, linuron, pendimethalin, metribuzin, terbuthylazine ed isoxaflutole.

Risultati e discussione

Perdite di erbicidi nelle acque di ruscellamento

I risultati idrologici, nell'arco di tutto il periodo preso in considerazione (1990-2005), hanno evidenziato una piovosità annuale media di 743 mm. La massima intensità di pioggia, fattore chiave nell'entità del ruscellamento (Miao *et al.,* 2004), è stata in taluni eventi superiore ai 90 mm h^{-1}. L'acqua ruscellata annualmente, nei terreni lavorati convenzionalmente è risultata pari a 12 mm, con un'erosione media annuale pari a 4 t ha^{-1}. Bisogna tuttavia sottolineare una grande variabilità interannuale nei dati, confermando la necessità di condurre studi a lungo termine per poter ottenere risultati attendibili.

Periodo 1991-1994

I risultati ottenuti hanno evidenziato che la copertura vegetale di orzo riduce drasticamente le perdite di terreno e il ruscellamento e, di conseguenza, le perdite di erbicidi. L'acqua ruscellata è infatti risultata ridotta nell'arco del triennio del 70%, mentre il terreno eroso è

risultato ridotto del 99% (Rossi Pisa *et al*, 1994). A titolo esemplificativo, i risultati delle perdite di erbicidi nel 1992 sono riportati in Tabella 1. Nelle parcelle con lavorazione convenzionale è interessante rilevare come, per la terbuthylazine, l'atrazine ed il metolachlor le perdite in soluzione risultino maggiori rispetto a quelle rilevate nel sedimento. Con il metolachlor in formulazione a lento rilascio si è osservato, invece, un andamento opposto, dato che la formulazione limita il passaggio della sostanza attiva alla fase liquida. Le perdite di erbicida sono state praticamente nulle nelle parcelle con copertura, per effetto della drastica riduzione di acqua ruscellata e di sedimento. Le perdite totali di erbicida sono risultate comunque contenute nella coltura di mais senza copertura vegetale, in quanto non hanno superato lo 0,35% della dose applicata.

Tabella 1. Ripartizione delle perdite di erbicida (% della dose applicata) nelle acque di ruscellamento e nei sedimenti nel 1992.

Erbicida	Lavorazione convenzionale (LC)		Copertura vegetale (C)	
	Perdite (% dose applicata)		Perdite (% dose applicata)	
	in soluzione	nel sedimento	in soluzione	nel sedimento
Metolachlor	0,07	0,02	< 0,001	< 0,001
Metolachlor CR*	0,08	0,27	0,001	0,005
Atrazine	0,11	0,02	0,001	< 0,001
Terbuthylazine	0,11	0,07	0,001	0,002

** CR = formulazione sperimentale a lento rilascio*

I risultati relativi a questo triennio sono stati inoltre utilizzati per validare il modello PRZM 3.12 per la previsione dei deflussi delle acque di ruscellamento, di sedimenti e del trasporto ad essi associato degli erbicidi utilizzati nella prova (Miao *et al.*, 2004). I risultati della simulazione hanno mostrato che il modello è stato in grado di stimare qualitativamente le differenze di perdite in relazione alle due modalità di lavorazione del terreno. Tuttavia, il modello ha mostrato di non stimare accuratamente le entità del ruscellamento e delle perdite di erbicida nei singoli eventi di ruscellamento. Gli eventi di ruscellamento caratterizzati da un'alta intensità di pioggia e da un basso volume di pioggia giornaliero sono stati, infatti, sottostimati, mentre, al contrario, gli eventi caratterizzati da elevati volumi giornalieri ma con bassa intensità di pioggia, sono risultati sovrastimati. Il modello, inoltre, ha, spesso, stimato in maniera errata le concentrazioni degli erbicidi nei sedimenti, portando, nel complesso, a scarse corrispondenze tra le quantità di erbicida previste e quelle realmente osservate.

Periodo 1995-1998

Dall'esame dei dati sperimentali ottenuti si è evidenziato che l'impiego della minima lavorazione (ML) è in grado di contenere le perdite di acqua e di sedimento associati al ruscellamento rispetto alla lavorazione convenzionale (LC), e non ha comportato riduzioni della produzione areica del mais e del frumento (Rossi *et al.*, 2000). La riduzione delle perdite di sedimento con la ML è risultata notevolmente maggiore nel frumento, con una riduzione del 98% rispetto alla LC, mentre nel mais la riduzione è stata del 23%. Le perdite di acqua associate al ruscellamento sono state ridotte dalla ML del 60% nel frumento e del 24% nel mais. Per quanto riguarda le perdite di erbicidi nelle acque di ruscellamento, le concentrazioni degli erbicidi non sono risultate diverse tra ML e LC. Nel tempo le concentrazioni di metolachlor e atrazine hanno mostrato una riduzione progressiva dei valori. Ad esempio, nel 1996, anno caratterizzato da ben 15 eventi di ruscellamento, si è passati da concentrazioni nell'acqua di ruscellamento di 87 e 45 $\mu g\ L^{-1}$, rispettivamente per metolachlor ed atrazine, osservate nel primo evento di ruscellamento, avvenuto circa 20 giorni dopo il trattamento, ai circa 0,2 $\mu g\ L^{-1}$ misurati, per entrambi gli erbicidi, a distanza di 130 giorni dal trattamento (Vicari *et al.*, 1999). Le concentrazioni delle due solfoniluree, prosulfuron e triasulfuron, sono state molto basse e non hanno mai superato, rispettivamente, i 0,7 e i 0,4 $\mu g\ L^{-1}$. Nella Tabella 2 sono riportate le perdite totali degli erbicidi e dei due metaboliti dell'atrazine. Poichè la piovosità nel 1996 (965 mm) è stata molto più alta rispetto a quella del 1997 (603 mm), le perdite di erbicida sono risultate trascurabili nel secondo anno nelle parcelle LC e pressochè nulle nelle parcelle ML. Nel primo anno, invece, le perdite sono state più alte, anche se contenute, per atrazine e metolachlor e i due metaboliti, mentre sono risultate del tutto trascurabili quelle delle due solfoniluree. Si nota comunque, come conseguenza della riduzione del ruscellamento operato dalla minima lavorazione, la riduzione delle perdite di atrazine e metolachlor nelle parcelle con ML.

Tabella 2. Perdite di erbicida (% della dose applicata) nelle acque di ruscellamento nel 1996 e nel 1997.

Erbicida	Lavorazione convenzionale (LC) Perdite (% dose applicata)		Minima lavorazione (ML) Perdite (% dose applicata)	
	1996	1997	1996	1997
Metolachlor	0,25	0,03	0,17	< 0,001
Atrazine	0,24	0,02	0,19	< 0,001
DEA	0,05	0,009	0,04	< 0,001
DIA	0,03	0,004	0,02	< 0,001
Prosulfuron	0,05	< 0,001	0,07	< 0,001
Triasulfuron	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

Periodo 1999-2002

Le perdite complessive medie (in % rispetto alla dose applicata) del glyphosate nelle acque di ruscellamento sono state comprese tra un minimo dello 0.0003% nel 1999 ad un massimo dello 0.003% nel 2001. Per il glufosinate-ammonium le perdite hanno oscillato tra un minimo dello 0.0005% nel 1999 ad un massimo dello 0.006% nel 2001. L'ordine di grandezza delle perdite riscontrate per i due erbicidi sono risultate estremamente basse se confrontate con quelle osservate per altri erbicidi, quali terbuthylazine, metolachlor e atrazine, nelle stesse condizioni di studio. Si è osservato un andamento tendenzialmente decrescente nel tempo delle concentrazioni nelle acque di ruscellamento. I picchi massimi di concentrazione nelle acque di ruscellamento, pari a 16,0 $\mu g\ L^{-1}$e 24,2 $\mu g\ L^{-1}$, rispettivamente per glyphosate e glufosinate-ammonium, si sono verificati nel corso del 2001, quando il primo evento di ruscellamento è avvenuto il giorno successivo a quello del trattamento (Accinelli *et al.*, 2005). Nonostante le perdite complessive dei due erbicidi siano risultate quasi trascurabili, il rilevamento di concentrazioni nelle acque di ruscellamento fino ad oltre 100 giorni dopo il trattamento suggerisce che sia il glyphosate che il glufosinate-ammonium, nel caso in cui si verifichino eventi di ruscellamento a poca distanza dal trattamento, possono avere la potenzialità di contaminare le acque superficiali.

Studi a scala di bacino

Dal 1994 al 2004 sono stati analizzati più di 200 campioni del rio drenante il bacino. In totale si è valutata la eventuale presenza di 7 diversi erbicidi, i più comunemente utilizzati nell'area di studio: linuron, pendimethalin, trifluralin, mecoprop, ioxynil, bromxynil, tralkoxydim. Le analisi sono state effettuate sia sulla fase liquida che sul sedimento dei campioni. Nel complesso, le ricerche hanno consentito di evidenziare che le perdite di erbicidi risultano molto contenute, grazie soprattutto alla differenziazione colturale all'interno del bacino. Le concentrazioni superiori a 0,1 $\mu g\ L^{-1}$ hanno riguardato occasionalmente solo 2 erbicidi: il linuron e il pendimetahlin, con concentrazioni comunque molto contenute: da 0,3 a 1,2 $\mu g\ L^{-1}$ per il linuron e da 0,1 a 0,2 $\mu g\ L^{-1}$ per il pendimethalin (Rossi Pisa *et al.*, 1996; Gardi *et al.*, 2000). Da rilevare che dal 2001 al 2004 in nessun campione è stata rilevata la presenza di residui di erbicidi, indicando una buona sostenibiltà ambientale del bacino studiato.

Perdite di erbicidi nelle acque di drenaggio

Nel 1996, i tre erbicidi applicati sul mais (atrazine, metolachlor e prosulfuron) hanno evidenziato rilevanti valori di perdite totali (Tabella 3). Le maggiori perdite, in termini percentuali del totale applicato, sono state osservate per il prosulfuron a Carpi (8,6% della dose applicata). Malgrado la bassa dose di impiego, questa solfonilurea può presentare quindi un'alta potenzialità nel raggiungere il sottosuolo. Anche in riferimento all'atrazine ed al metolachlor, le maggiori perdite sono state osservate a Carpi (2,16% e 1,16% del totale applicato, rispettivamente per l'atrazine ed il metolachlor). Contrariamente alla loro differente mobilità intrinseca, i 3 erbicidi hanno raggiunto contemporaneamente i dreni ed hanno presentato anche contemporaneità di comparsa dei rispettivi picchi di concentrazione, sia a Cadriano che a Carpi, suggerendo il coinvolgimento di fenomeni riconducibili a flussi preferenziali. In base alle concentrazioni riscontrate ed alle conseguenti perdite, i flussi preferenziali sono stati più intensi nel terreno limoso argilloso di Carpi rispetto a quello franco-sabbioso di Cadriano.

Tabella 3. Concentrazioni e perdite di erbicidi misurate nel 1996-1997 nelle acque di drenaggio (modificato da Accinelli *et al.*, 2002).

	Terreno franco sabbioso Cadriano		Terreno limoso argilloso Carpi	
Diserbante	**concentrazioni ($\mu g\ L^{-1}$)**	**perdite (% dose applic.)**	**concentrazioni ($\mu g\ L^{-1}$)**	**perdite (% dose applic.)**
Metolachlor	< 0,05 - 18,5	0,25	0,7 - 178,9	1,16
Atrazine	< 0,02 - 20,7	0,56	0,2 - 120,5	2,16
DEA	0,07 - 1,4	0,06	0,2 - 7,1	0,48
DIA	< 0,02 - 0,4	0,01	< 0,02 - 5,8	0,18
Prosulfuron	< 0,05 - 2,5	1,93	< 0,05 - 18,8	8,61

L'impiego del modello matematico MACRO per la previsione delle perdite di erbicida nei due siti sperimentali, ha dimostrato la capacità del modello nel prevedere con una certa accuratezza il deflusso idrico dai dreni (111 e 93% del totale realmente misurato, rispettivamente, a Cadriano e Carpi). Tuttavia le perdite di erbicida sono risultate fortemente sottostimate per quanto riguarda metolachlor e atrazine, mentre sono risultate sovrastimate per quanto riguarda il prosulfuron (Balderacchi *et al.*, 2002). Ciò è stato dovuto alla insufficiente capacità del modello nel prevedere il rapido trasporto degli erbicidi attraverso flussi preferenziali.

Negli anni successivi, nella prova di Cadriano, i bassi volumi di drenaggio hanno causato basse perdite degli erbicidi utilizzati nella rotazione colturale. Ad esempio, nel 2001, due degli erbicidi applicati sul frumento, isoproturon e imazamethabenz, sono stati rilevati con

concentrazioni massime pari a 6 e 0,6 µg L^{-1}, rispettivamente (Accinelli *et al.*, 2003). Sulla base del deflusso idrico misurato, pari a 20 mm nell'arco di 3 mesi, le perdite di erbicida, in percento della dose applicata, sono risultate pari allo 0,002 e allo 0,043%, rispettivamente, per isoproturon e imazamethabenz.

Conclusioni

I risultati ottenuti in 15 anni di ricerche in tre diversi ambienti e con diverse variabili agronomiche oggetto di studio, oltre ad evidenziare il grande impegno scientifico e finanziario che questo tipo di ricerca comporta e la necessità di operare in un contesto multidisciplinare, permettono di indicare alcuni punti di conclusione:

1) L'inquinamento diffuso da erbicidi è influenzato dal tipo di composto, dalla formulazione, dalle condizioni podologiche, climatiche e di disturbo antropico, di conseguenza si presenta come fenomeno notevolmente variabile che allo stato delle conoscenze è ancora lontano da una sufficiente comprensione.

2) Il tempo che intercorre tra il trattamento e l'evento di ruscellamento o di drenaggio è inversamente proporzionale al rischio di contaminazione. Questo aspetto suggerisce la necessita di differenziare l'input chimico a livello territoriale sia in termini qualitativi che temporali.

3) Il fenomeno merita di essere studiato e monitorato, tuttavia, gli erbicidi, soprattutto se usati a bassi dosaggi, si presentano, nel complesso, come sostanze relativamente affidabili dal punto di vista dell'inquinamento diffuso a carico delle acque.

4) L'impiego di una corretta tecnica agronomica (riduzione delle lavorazioni, colture di copertura, epoca di applicazione, ecc.) è un potente mezzo per contenere l'entità del fenomeno.

5) I flussi preferenziali rappresentano un elemento di amplificazione del fenomeno di inquinamento diffuso delle acque ma essi sono ancora poco conosciuti e studiati.

6) I modelli utilizzati per lo studio di questo fenomeno sono certamente di interesse ma i risultati ottenibili con tali metodi di previsione vanno sempre presi con la massima prudenza.

Bibliografia

Accinelli C, Mallegni R, Vicari A (2003). Herbicide losses in subsurface drain water from a wheat field. *Italian J. Agron.* , 7: 33-40.

Accinelli C, Screpanti C, Vicari A, Catizone P (2005). Glyphosate and glufosinate-ammonium runoff from a corn-growing area in Italy. *Agron. Sust. Develop.*, 25: 407-412.

Accinelli C, Vicari A, Rossi Pisa P, Catizone P (2002). Losses of atrazine, metolachlor, prosulfuron and triasulfuron in subsurface drain water. I. Field results. *Agronomie*, 22: 399-411.

Balderacchi M, Alavi G, Capri E, Vicari A, Accinelli C, Mallegni R, Jarvis N (2002). Losses of atrazine, metolachlor, prosulfuron and triasulfuron in subsurface drain water. II. Simulation results. *Agronomie*, 22: 413-425.

Bowman BT, Wall GI., King DJ (1994). Transport of herbicides and nutrients in surface runoff from corn cropland in southern Ontario. *Can. J. Soil Sci.*, 74: 59-66.

Frank R, Braun HE, Holdrinet M.H.V., Sirons GJ, Ripley BD (1982). Agriculture and water quality in the Canadian Great Lake Basin. V. Pesticide use in 11 agricultural watersheds and presence in stream water. *J. Environ. Quality*, 11: 497-505.

Frank R, Sirons GL (1979). Atrazine: its use in corn production and its loss to stream water in southern Ontario. *Sci. Total Environ.*, 15: 149-167.

Gardi C, Vicari A, Campanini L, Rossi Pisa P (2000). Uso del suolo e qualità delle acque in un bacino pedecollinare. *Riv. Agron.*, 34: 394-399.

Gaynor JD, Tan CS, Drury CF, Welacki TW, Ng HYF, Reynolds WD (2002). Runoff and drainage losses of atrazine, metribuzin and metolachlor loss in three water management systems. *J. Environ. Qual.*, 31: 300-308.

Glotfelty DE, Taylor AW, Isensee AR., Jersey J, Glenn S (1984). Atrazine and simazine movement to Wye River Estuary. *J. Environ. Qual.*, 13: 115-121.

Miao Z, Vicari A, Capri E, Ventura F, Padovani L, Trevisan M, (2004). Modeling the effect of tillage management practices on herbicide runoff in northern Italy. *J. Environ. Qual.*, 33: 1720-1732.

Rossi M, Vicari A, Gaspari N, Rossi Pisa P, Catizone P (2000). Effetti della coltura e della modalità di lavorazione del terreno sull'erosione e sulla qualità delle acque di ruscellamento. *Riv. Agron*. 34: 352-363.

Rossi Pisa P, Catizone P, Vicari A (1994). Effetto della copertura vegetale di orzo (*Hordeum vulgare* L.) sull'erosione e sulla qualità delle acque di ruscellamento. *Riv. Agron.*, 28: 384-391.

Rossi Pisa P, Vicari A, Gardi C, Catizone P (1996). Il bacino idrografico come unità di indagine territoriale. *Riv. Agron.*, 30: 401-407.

Southwick LM, Grigg BC, Fouss JL, Kornecki TS (2003). Atrazine and metolachlor in surface runoff under typical rainfall conditions in Southern Lousiana. *J. Agric. Food Chem.*, 31: 300-308.

Squillace PJ, Thurman EM (1992). Herbicide transport in rivers: importance of hydrology and geochemistry in nonpoint-source contamination. *Environ. Sci. Techn.*, 26: 538-545.

Vicari A, Mallegni R (1996). Le perdite di erbicidi nelle acque di drenaggio da terreni agricoli, *Irrigazione e Drenaggio*, 43: 45-54.

Vicari A, Rossi Pisa P, Catizone P (1999). Tillage effects on runoff losses of atrazine, metolachlor, prosulfuron and triasulfuron. *Proceedings of the 11th EWRS Symposium*, ed. D. Gut, 28 June – 1 July 1999, Basel, Switzerland, p 140.

ATTI XVI *Convegno S.I.R.F.I.*, 2007, 159-169.

VALUTAZIONE DELLA QUALITA' DELLE ACQUE DI DRENAGGIO IN SISTEMI AGRICOLI SOSTENIBILI

MERIGGI P.[1], POGGIOLINI S.[1], VICARI A.[2]

1. Agronomica, R&S Cooperativa Terremerse, via S. Alberto 325, 48100 Ravenna (RA)
2. Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrombientali, Università di Bologna
E-mail: pmeriggi@terremerse.it

Riassunto
Nel triennio 2004-2007, in un appezzamento dell'azienda agricola Cà Bosco (Ravenna) dotato di drenaggio tubolare sotterraneo, è stata impostata una prova di successione con le colture di frumento tenero, mais, barbabietola da zucchero e soia, ciascuna inserita in due percorsi tecnici: in uno sono state utilizzate le tecniche secondo la "Buona Pratica Agricola" usuale, mentre, nell'altro, le tecniche hanno seguito le norme dei Disciplinari di produzione integrata (misura 2.f) previste dalle norme del P.R.S.R. (2000-2006). Lo scopo della prova è stato quello di valutare l'impatto delle due tecniche sulla qualità delle acque di drenaggio sottosuperficiale.
I risultati riferiti al 2005 indicano che su 88 campioni di acqua raccolti per verificare la presenza di tutti gli erbicidi applicati su mais e frumento, solo due campioni sono risultati positivi. Le concentrazioni di metolachlor e terbuthylazine, applicati una settimana prima dell'evento di drenaggio di aprile, sono state molto basse e comprese tra 0,08 e 0,24 µg L^{-1}. Nessun principio attivo è stato rilevato nei campionamenti successivi, effettuati tra ottobre e dicembre del 2005. Nell'unico evento di drenaggio del 2006, verificatosi in marzo, le analisi dei campioni d'acqua raccolti in corrispondenza delle parcelle coltivate a bietola e trattate con gli erbicidi di pre-emergenza, hanno rilevato concentrazioni di metamitron e chloridazon comprese tra 0,1 e 0,7 µg L^{-1}. I risultati dello studio, anche se preliminari, suggeriscono che nel sito sperimentale in cui si è operato le concentrazioni e le perdite di erbicidi per inquinamento di tipo diffuso siano di trascurabile importanza da un punto di vista ambientale.

Parole chiave
Qualità delle acque; Drenaggio; Percolazione; Erbicidi.

Ricerca Coordinata dal CRPV, finanziata dalla Regione Emilia Romagna (L.R. 28/98) e cofinanziata da Dow AgroSciences, Makhteshim Agan e SIPCAM.

Summary

Monitoring drainage water quality in sustainable agricultural systems

Over the years 2004-2007, the quality of drainage water has been monitored in two cropping systems. The study has been conducted on a flat field drained through subsurface plastic drain tubing located in an area highly vulnerable to non-point source pollution, near Ravenna (Italy). Two rotations were set up on adjacent fields in 2005 and 2006: maize (2005) and soybean (2006); wheat (2005) and sugarbeet (2006), respectively. Each crop was managed according to conventional cropping versus integrated cropping (Reg. EC/99/1257). Drainage water was analysed to determine herbicide concentrations. In the 2005, 88 water samples were collected to detect all the herbicides applied on maize and wheat. Herbicides were detected only in 2 of the samples. Metolachlor and terbuthylazine were detected during the drainflow period of April 2005 with concentrations ranging from 0.16 to 0.24 mg L-1 and 0.08 mg L-1, respectively. No herbicides were detected in drainage water during the drainflow period of October, November and December. In 2006 drainage occurred only in March, when 8 water samples were collected. Analyses were performed to detect all herbicides applied on sugarbeet one week before the drainage event. Metamitron and chloridazon were detected with concentrations ranging from 0.1 to 0.7 mg L-1. The low concentrations detected in the drainage water of the studied area suggest that the investigated herbicides represent a negligible risk for groundwater non-point pollution.

Keywords
Water quality; Drainage; Leaching; Herbicides

Introduzione

I sistemi colturali, intesi come risultante delle interazioni fra i numerosi fattori coinvolti nel processo produttivo, quali le colture, la tecnica colturale e l'ambiente, rappresentano un importante elemento di studio per la definizione di modelli di gestione agricola sostenibili (Bonari, 1995). Nell'ambito delle ricerche dedicate alla sviluppo ed alla validazione di sistemi colturali integrati ed alternativi a quelli convenzionali, quelle che consentono di quantificarne e confrontarne il loro impatto reale hanno un importante valenza applicativa. La contaminazione delle acque superficiali e sotterranee da parte di sostanze di origine agricola presenta delle peculiarità che caratterizzano i fenomeni d'inquinamento agricolo in generale. Il carattere diffuso delle fonti di inquinamento, ad esempio, le differenzia da quelle di tipo puntiforme degli impianti industriali. Le sorgenti diffuse, in quanto tali, non sono definibili come punti e di conseguenza il monitoraggio del loro impatto non può essere compiuto sul sistema nel suo complesso, ma solo su campioni ridotti dal punto di vista spaziale e temporale. Per questo tipo di inquinamento, inoltre, non esiste una relazione causa-effetto diretta, ma lo stesso dipende da complesse relazioni che si instaurano nel sistema suolo-pianta-atmosfera, a loro volta governate da variabili antropiche e da variabili incontrollabili come quelle legate al clima. Questo fa sì che il rischio di

contaminazione delle acque non può essere spiegato semplicemente conoscendo gli input quali le quantità di fertilizzanti o di principi attivi applicati. Numerosi autori hanno evidenziato che gli appezzamenti drenati rappresentano lo strumento più adatto per lo studio dei fenomeni di percolazione dei fertilizzanti e agrofarmaci (Cushman, 1984; Hallberg *et al.*, 1986; Richard e Steenhuis, 1988; Kladivko *et al.*, 1991; Turco e Kladivko, 1994).

Il presente lavoro si inserisce nell'ambito del progetto di ricerca "Valutazione della qualità delle acque di drenaggio in sistemi agricoli sostenibili", finanziato dalla Regione Emilia Romagna e da Dow AgroSciences, Makhteshim Agan e Sipcam. Al progetto, coordinato dal CRPV, partecipano il Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agroambientali dell'Università di Bologna, Agronomica R&S di Terremerse Soc. Coop ed il Centro Studi Aziendali (CSA) per lo Sviluppo Agricolo di Bologna. Lo studio si è proposto di monitorare la qualità delle acque di drenaggio, in campi drenati diversificati per il livello di apporto di mezzi tecnici, per quantificare la dispersione ambientale di fertilizzanti (nitrati) e degli agrofarmaci, in particolare erbicidi ed alcuni loro metaboliti. Per le finalità del progetto è stato scelto un sito sperimentale posto in una zona caratterizzata da elevata vulnerabilità dei suoli e di pregio naturalistico quale è l'area del bacino idrografico che fa capo alla Piallassa Baiona, laguna che rientra nelle "aree sensibili" previste dal D. Lgs. 152/99. L'attività di studio ha riguardato anche aspetti agronomici ed economici per confrontare i due sistemi colturali. Nel presente lavoro vengono discussi i risultati del primo biennio (2005-2006) relativamente alle analisi degli erbicidi nelle acque di drenaggio.

Materiali e metodi

Descrizione dell'area di studio

L'area sperimentale si trova nel comune di Ravenna presso l'azienda agricola Cà Bosco in una zona tipicamente valliva bonificata ed adiacente alle zone vallive delle acque interne. La superficie dell'area del sito sperimentale si estende per circa 7 ha ed è caratterizzata da una falda ipodermica di acqua dolce il cui livello è controllato da un sistema di drenaggio tubolare sotterraneo posizionato nel 1988. I dreni confluiscono in capofossi che fanno parte della rete di sgrondo delle acque che scolano nel canale Cerba. Attraverso l'idrovora del canale Cerba le acque del bacino di scolo sono immesse nella Piallassa Baiona, situata a nord del porto canale Candiano e compresa fra la pineta di S. Vitale ad ovest e il fiume Lamone a nord. Il sito è stato caratterizzato dal punto di vista pedo-climatico e fisico–chimico. Per la caratterizzazione pedologica sono stati richiesti i dati al Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna, mentre, le caratteristiche fisico-chimiche sono state determinate su campioni di

terreno prelevati nello strato 0-50 cm di profondità in corrispondenza di tutte le parcelle del sito. I dati climatici sono stati rilevati utilizzando una stazione meteorologica posizionata presso il sito sperimentale. In generale il clima è caratterizzato da una piovosità media intorno ai 650 mm annui. L'irrigazione è frequentemente utile, ma è possibile produrre anche senza apporti idrici artificiali.

Impostazione e conduzione dei campi sperimentali

Per il triennio 2004-2007 è stata impostata una prova d'avvicendamento con colture tipiche del sistema cerealicolo-industriale: frumento, barbabietola da zucchero, mais e soia, prevedendo annualmente la compresenza di due colture e l'adozione, per ciascuna di esse, di due percorsi tecnici diversificati: 1) Tecnica BPA, con applicazione dell'agrotecnica secondo la "Buona Pratica Agricola" usuale (cfr. Allegati del P.R.S.R.); 2) Tecnica 1257/99, con applicazione dei Disciplinari di produzione integrata (misura 2.f) prevista dalle norme del P.R.S.R. (2000-2006) - Reg. CE 1257/99. Lo schema sperimentale del sito è a parcelle suddivise con le colture nei parcelloni, ripetuti due volte, e la tecnica colturale in sub-parcelle di circa 1 ettaro (per un totale di 8 sub-parcelle). Il terreno è di tessitura argillosa limosa. Nel 2005 erano compresenti le colture di frumento e mais, mentre, nel 2006 sono state seminate bietola e soia, rispettivamente nelle parcelle in successione a frumento e mais (Figura 1).

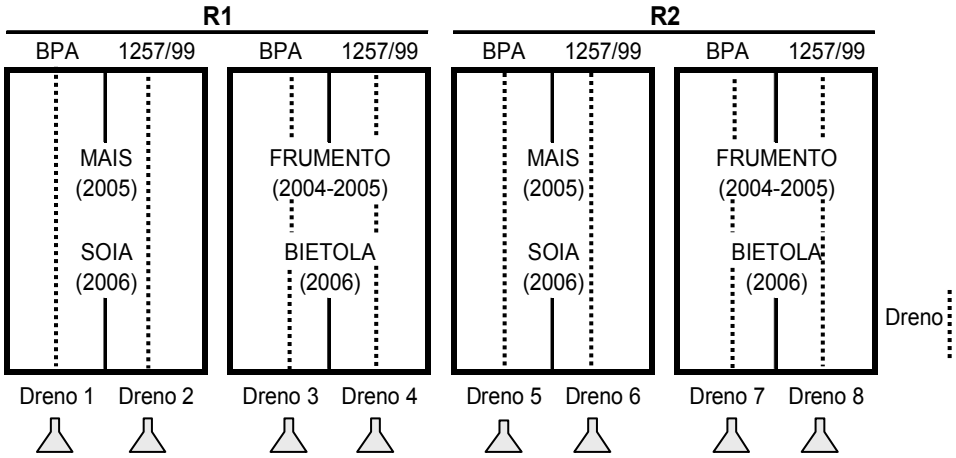


Figura 1. Impostazione del sito sperimentale con le colture compresenti e localizzazione dei punti di prelievo dei campioni dell'acqua di drenaggio.

Le due tecniche di coltivazione sono state differenziate per la lavorazione principale del terreno, la fertilizzazione, la difesa fitosanitaria e la gestione delle erbe infestanti. Relativamente ai percorsi di diserbo pianificati, nelle tabelle da 1 a 4 sono riportati gli erbicidi distribuiti per singola coltura. E' importante sottolineare che in mais e bietola relativamente agli erbicidi residuali applicati in pre emergenza, la tecnica BPA ha previsto la loro applicazione a pieno campo, mentre la 1257/99 in localizzazione sulla fila.

Tabella 1. Erbicidi applicati sul mais.

Coltura	Erbicida	Dose applicata ($g\ ha^{-1}$)		Data applicazione
		BPA	1257/99	
Mais	terbuthylazine	656	328	05/04/05
	s-metolachlor	1094	547	05/04/05
	nicosulfuron	48	48	09/05/05
	dicamba	244	-	09/05/05
	fluroxypyr	-	90	09/05/05
	florasulam	-	0,9	09/05/05

Tabella 2. Erbicidi applicati sul frumento.

Coltura	Erbicida	Dose applicata ($g\ ha^{-1}$)		Data applicazione
		BPA	1257/99	
Frumento	trifluralin	690	-	28/10/04
	diflufenican	125	-	28/10/04
	florasulam	5	5	22/04/05
	fluroxypyr	144	144	22/04/05
	MCPA	695	-	22/04/05

Tabella 3. Erbicidi applicati sulla soia.

Coltura	Erbicida	Dose applicata ($g\ ha^{-1}$)		Data applicazione
		BPA	1257/99	
Soia	s-metolachlor	1200	-	27/04/06
	pendimethalin	730	-	27/04/06
	oxasulfuron	75	-	18/05/06
	propaquizafop	100	-	18/05/06
	imazamox	-	28	18/05/06
	thifensulfuron	-	3	18/05/06
	imazamox	-	20	26/05/06
	thifensulfuron	-	2,2	26/05/06
	propaquizafop	-	100	26/05/06

Tabella 4. Erbicidi applicati sulla bietola.

Coltura	Erbicida	Dose applicata ($g\ ha^{-1}$)		Data applicazione
		BPA	1257/99	
Bietola	metamitron	1600	800	08/03/06
	chloridazon	975	487	08/03/06
	phenmedipham	200	200	18/04/06
	ethofumesate	200	200	18/04/06
	metamitron	350	350	18/04/06
	propyzamide	200	200	18/04/06
	phenmedipham	200	200	03/05/06
	ethofumesate	200	200	03/05/06
	metamitron	420	420	03/05/06
	propyzamide	200	200	03/05/06

Attività di monitoraggio dell'acqua

Per quantificare la dispersione nelle acque di drenaggio degli erbicidi applicati, in corrispondenza dei dreni e durante gli eventi di drenaggio, sono stati prelevati campioni d'acqua e sono stati determinati i deflussi idrici. I dreni sotterranei sono collocati longitudinalmente al centro di ogni sub-parcella, quindi, in corrispondenza di ogni coltura e tecnica, per un totale di 8 dreni (Figura 1). Il campionamento dell'acqua emunta è stato effettuato manualmente a cadenza giornaliera. Le determinazioni degli erbicidi e di alcuni loro metaboliti sono state eseguite sottoponendo i campioni d'acqua ad analisi multiresiduali presso un Laboratorio ufficialmente riconosciuto ed accreditato (Sinal, Ministero della Salute). Per la determinazione dei deflussi idrici sono stati installati allo sbocco di ciascun dreno dei misuratori volumetrici, ciascuno collegato elettronicamente ad uno specifico software in grado di registrare i valori di portata. Inoltre, è stata misurata la profondità della falda ipodermica tramite otto freatimetri.

Risultati e discussione

Andamento pluviometrico, eventi di drenaggio e deflussi idrici

L'andamento pluviometrico rilevato presso il sito sperimentale, nel 2005 e nel 2006, è riportato nella figura 2. Durante il primo anno, che ha registrato una piovosità complessiva di 698 mm, si sono manifestati alcuni eventi pluviometrici importanti nei mesi di aprile, agosto, settembre ed ottobre, superiori alle medie mensili decennali corrispondenti. Ciò ha fatto sì che in tali mesi vi sia stato un progressivo innalzamento della falda ipodermica (Figura 3), che ha generato quattro diversi eventi di drenaggio nei mesi di aprile, ottobre, novembre e dicembre. Nel 2006 con una piovosità di 471 mm, quindi di molto inferiore alla media decennale annua di 650 mm circa, si è

verificato un unico evento di drenaggio nel mese di marzo durante il quale sono caduti 144 mm di pioggia.

In totale sono stati registrati 30 giorni di deflusso nel 2005 e 6 giorni nel 2006.

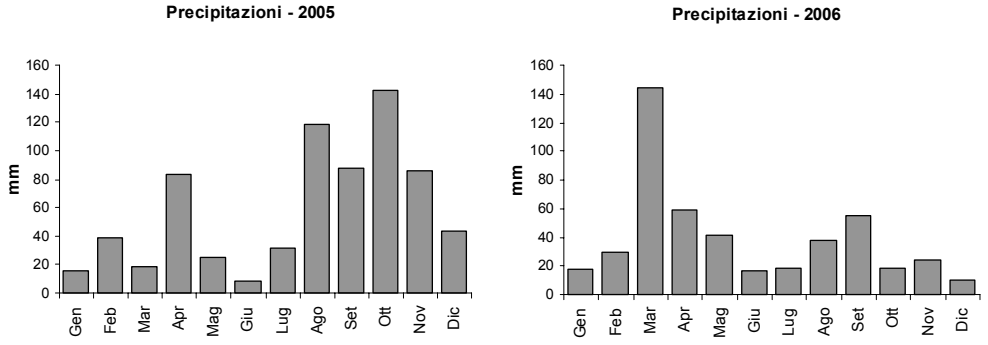


Figura 2. Andamento delle precipitazioni mensili registrato nel 2005 e nel 2006.

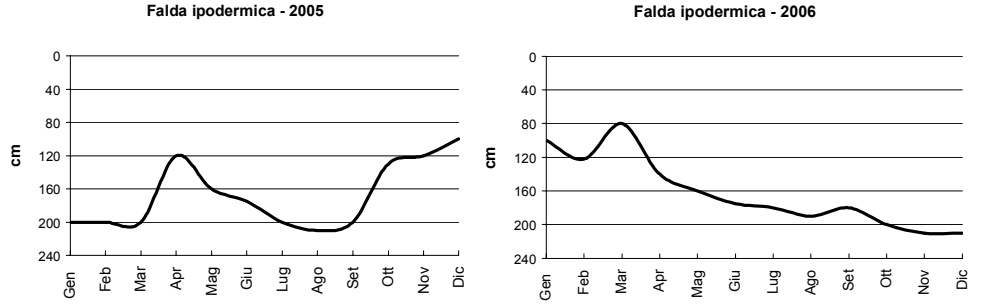


Figura 3. Andamento della profondità della falda ipodermica registrato nel 2005 e nel 2006.

Durante i quattro eventi di drenaggio che si sono verificati nel 2005 sono stati misurati, per tutta la loro durata, i valori dei deflussi idrici giornalieri. Nella tabella 5 sono riportati i valori dei deflussi complessivi di ogni periodo, registrati in corrispondenza di ciascuno degli 8 dreni. In generale la quantità d'acqua drenata è risultata differenziata nelle diverse parcelle, con valori di deflusso molto variabili. In particolare, osservando i deflussi totali registrati nel corso del 2005 si può rilevare come in corrispondenza dei primi tre dreni i valori siano più bassi rispetto agli ultimi 5. Le cause di tale variabilità potrebbero essere attribuite ad un gradiente della profondità di falda dalla parcella 1 a quella 8.

Tabella 5. Valori dei deflussi idrici nei diversi periodi di drenaggio del 2005.

Periodi di deflusso idrico	Deflusso idrico (mm)							
	MAIS		FRUMENTO		MAIS		FRUMENTO	
	BPA	1257/99	BPA	1257/99	BPA	1257/99	BPA	1257/99
12-15 aprile	1,9	3	0,2	0	6,6	5,1	0,6	4,7
08-24 ottobre	2,7	2,8	7,2	7,5	2,1	4,5	11,9	26,2
06-13 novembre	0	0	0	5,4	10,5	8	6,7	10,1
01-09 dicembre	4	3,9	7,2	12,2	18,8	17,6	15,3	19,4
Totale deflusso 2005	Dreno 1	Dreno 2	Dreno 3	Dreno 4	Dreno 5	Dreno 6	Dreno 7	Dreno 8
	8,6	**9,7**	**14,4**	**28,1**	**38**	**35,2**	**34,5**	**60,4**

Nel 2006 l'unico evento di drenaggio si è verificato dal 23 al 29 marzo (Tabella 6) in presenza della coltura di bietola (nelle parcelle in successione al frumento) ed in presenza di terreno nudo (nelle parcelle destinate a soia ed in successione al mais). Anche in questo caso la quantità di acqua drenata si è differenziata nelle diverse parcelle con i valori che si sono confermati più bassi nelle prime tre.

Tabella 6. Valori dei deflussi idrici riferiti all'unico evento di drenaggio nel 2006.

Periodi di deflusso idrico	Deflusso idrico (mm)							
	SOIA		BIETOLA		SOIA		BIETOLA	
	BPA	1257/99	BPA	1257/99	BPA	1257/99	BPA	1257/99
23-29 marzo	1,4	1,8	2,6	6,6	10,6	9,7	7,9	9,9
	Dreno 1	Dreno 2	Dreno 3	Dreno 4	Dreno 5	Dreno 6	Dreno 7	Dreno 8

Concentrazioni di erbicidi nelle acque di drenaggio

Nel 2005 sono stati raccolti 88 campioni di acqua (16 campioni in aprile, 25 in ottobre, 15 in novembre e 32 in dicembre) per valutarne la presenza di erbicidi. Di tutti i campioni, solo 2, prelevati durante l'evento di drenaggio di aprile, sono risultati positivi. In questo periodo erano già stati applicati gli erbicidi di pre-emergenza nelle parcelle di frumento BPA (ottobre 2004) e nelle parcelle seminate a mais (5 aprile 2005). In particolare, in campioni d'acqua drenata dalle parcelle di mais di entrambe le tecniche colturali, sono state rilevate concentrazioni di metolachlor e di terbuthylazine, ma non del suo metabolita desetil-terbuthylazine (Tabella 7). Gli erbicidi rilevati erano stati applicati una settimana prima dell'evento di drenaggio. Le concentrazioni riscontrate (da 0,08 a 0,24 $\mu g\ L^{-1}$) sono risultate inferiori o leggermente sopra il limite massimo ammesso per le acque potabili (0,1 $\mu g\ L^{-1}$). I due erbicidi sono risultati presenti

solo nelle acque del primo giorno di drenaggio (12 aprile), mentre, a partire dal secondo giorno, erano già al di sotto del limite di rilevamento analitico. Riguardo ai più significativi eventi che si sono verificati in ottobre, novembre e dicembre, quindi dopo l'applicazione di tutti gli erbicidi, nessun campione di acqua drenata è risultato positivo.

Tabella 7. Concentrazioni degli erbicidi nelle acque di drenaggio raccolte nell'aprile 2005.

Coltura-Tecnica	Erbicida	Concentrazione ($\mu g\ L^{-1}$)					
		12 aprile		13 aprile		14 aprile	
		R1	R2	R1	R2	R1	R2
Mais-BPA	terbuthylazine	0,08	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
	s-metolachlor	0,24	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
Mais-1257/99	terbuthylazine	0,08	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.
	s-metolachlor	0,16	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.

Nell'evento di drenaggio che si è verificato nel marzo del 2006, sono stati raccolti complessivamente 24 campioni di acqua. Di questi, sono stati analizzati 8 campioni emunti dalle parcelle coltivate a bietola e trattate con gli erbicidi di pre-emergenza metamitron e chloridazon, anche in questo caso applicati una settimana prima dell'inizio dell'evento. Le analisi hanno evidenziato la presenza di metamitron e chloridazon, in entrambe le repliche, solo il primo giorno di drenaggio (Tabella 8). Relativamente al metamitron, le concentrazioni riscontrate, come media delle due repliche, sono risultate pari a 0,5 $\mu g\ L^{-1}$ nella tecnica BPA e pari a 0,2 $\mu g\ L^{-1}$ nella tecnica 1257/99. Questa differenza è chiaramente attribuibile al fatto che nella tecnica 1257/99 si è trattato solo sulla fila e, di conseguenza, la quantità distribuita è stata la metà di quella applicata a pieno campo nella tecnica BPA. Riguardo al chloridazon, analogamente sono state registrate concentrazioni medie pari a 0,25 $\mu g\ L^{-1}$ solo in corrispondenza della tecnica BPA. I campioni di acqua prelevati in corrispondenza delle parcelle destinate a soia, quindi, non ancora seminate e trattate con agrofarmaci, non sono stati analizzati.

Tabella 8. Concentrazioni degli erbicidi nelle acque di drenaggio raccolte nel marzo 2006.

Coltura-Tecnica	Erbicida	Concentrazione ($\mu g\ L^{-1}$)			
		23 marzo		24 marzo	
		R1	R2	R1	R2
Bietola-BPA	Metamitron	0,7	0,3	n.r.	n.r.
	Chloridazon	0,4	0,1	n.r.	n.r.
Bietola-1257/99	Metamitron	0,2	0,2	n.r.	n.r.
	Chloridazon	n.r	n.r.	n.r.	n.r.

Conclusioni

Nel presente studio è stata valutata l'influenza di due sistemi colturali su alcuni processi responsabili della dispersione, nelle acque di drenaggio, di contaminanti di origine agricola, in particolare di alcuni erbicidi. In generale la quantità di acqua drenata è risultata contenuta nei diversi periodi di drenaggio, con valori di deflusso variabili e correlati agli andamenti delle precipitazioni. Le analisi multiresiduali effettuate nei primi due anni di attività hanno rilevato la presenza di erbicidi a concentrazioni più basse o leggermente al di sopra del limite massimo ammesso per le acque potabili, pari a 0,1 $\mu g\ L^{-1}$, solo per periodi brevissimi di drenaggio e solo durante gli eventi che si sono verificati vicino all'epoca dei trattamenti erbicidi. Gli unici campioni d'acqua risultati positivi per la presenza di erbicidi sono stati, infatti, quelli monitorati il primo giorno di drenaggio e prelevati nei mesi primaverili, ad una settimana dall'applicazione degli erbicidi. Le basse concentrazioni degli erbicidi associate ai ridotti deflussi idrici rilevati hanno fatto sì che la quantità percentuale degli erbicidi dispersi, rispetto a quella distribuita, abbia raggiunto valori molto bassi.

Nel complesso, non sono emerse particolari differenze fra le tecniche a confronto, sebbene la tecnica 1257/99 ha evidenziato una minor concentrazione degli erbicidi residuali della bietola, per effetto del trattamento localizzato, che ha dimezzato la dose di erbicida distribuita rispetto alla tecnica BPA.

I risultati dello studio, anche se preliminari, suggeriscono, pertanto, che nel sito sperimentale in cui si è operato le concentrazioni e le perdite di erbicidi per inquinamento di tipo diffuso, in entrambi i sistemi colturali, siano di trascurabile importanza da un punto di vista ambientale. Ciò assume una particolare rilevanza in considerazione del fatto che il sito sperimentale è situato in una zona caratterizzata da elevata vulnerabilità dei suoli.

Bibliografia

Bonari E (1995) Agricoltura sostenibile: aspetti agronomici. *Atti dell'Accademia dei Georgofili, Settima serie.* XLII: 125,141

Cushman JH (1984). On measurement, scale and scaling. *Water Resources Res*. 20: 1668-1676.

Hallberg GR, Baker JL, Randall GW (1986). Utility of tileline effluent studies to evaluate the impact of agricultural practices on ground water. *Proc. Conf. on Agricultural impacts on ground water*. Omaha, OH, August: 11-13, 75-86.

Kladivko EJ, Van Scoyot GE, Monke E., Oates KM (1991). Pesticide and nutrient movement into subsurface tile drains on a silt loam soil in Indiana. *J. Environ. Qual.* 20: 264-270.

Richard TL, Steenhuis TS (1988). Tile drain sampling of preferential flow on a field scale. *J. Contam. Hydrol.* 3: 307-325.

Turco RF, Kladivko EJ (1994). Studies on pesticide mobility: laboratory vs. field. In: Mechanisms of pesticide movement into ground water. *Honeycutt R.C., Schabacker D.J. (Editors), Ed. Lewis Publishers*.

ATTI XVI *Convegno S.I.R.F.I.*, 2007, 171-176.

LA CONTAMINAZIONE DA TERBUTILAZINA NEI CAMPI POZZI DELLA PIANA DI LUCCA: ASPETTI AGRONOMICI E SANITARI

SILVESTRI N.[1], PICCIONI E.[2], SABBATINI T.[2], TOZZINI C.[2]

1. Dipartimento di Agronomia e Gestione dell'Agroecosistema - Università di Pisa
2. LandLab - Scuola Superiore S. Anna di Pisa
E-mail: nsilve@agr.unipi.it

Riassunto

La contaminazione da terbutilazina dei pozzi idropotabili siti nella piana di Lucca ha determinato l'adozione, da parte delle Autorità competenti, di provvedimenti restrittivi riguardo all'impiego dei fitofarmaci all'interno delle aree agricole prospicienti.
L'individuazione di correlazioni fra i livelli di contaminazione rilevati ed il posizionamento dei pozzi rispetto al corso del fiume Serchio, ha indotto a supporre che il corpo d'acqua potesse costituire una importante sorgente di inquinamento. Tale ipotesi è stata poi confermata sia dalle analisi eseguite direttamente sulle acque del fiume che dalle stime ottenute mediante il ricorso a modelli di simulazione.
Si rende quindi necessario ridefinire i confini dei territori potenzialmente connessi con la dinamica dei fenomeni osservati e riconsiderare anche il contributo di eventuali sorgenti di inquinamento di tipo extra-agricolo.

Parole chiave

Terbutilazina; Inquinamento dell'acqua; Progetto Serial-Wellfir; Campi-pozzi.

Summary

Terbuthylazine contamination of the drinking-water wells on the Lucca plain: agronomic and health aspects

Terbuthylazine contamination of drinking-water wells located on the Lucca plain has led the authorities to impose restrictions on pesticide use in the surrounding farming areas.
The determination of correlations between levels of contamination detected and location of the wells relative to the Serchio river course has led to the hypothesis that the river itself might be an important source of contamination. This hypothesis has subsequently been confirmed by river water analyses and model simulations.
Delineation of the area potentially affected by the observed phenomena is necessary, along with the inclusion of non-agricultural activities among possible contamination sources.

Keywords

Terbuthylazine; Water contamination; Serial-Wellfir Project; Well-fields.

Introduzione

A partire dall'aprile 2003 sono stati riscontrati residui di terbutilazina nelle acque dei campi-pozzi di Sant'Alessio, siti nella piana del fiume Serchio, che forniscono acqua potabile agli abitati di Lucca, Pisa e Livorno, approssimativamente corrispondenti a circa il 20% della popolazione della Regione Toscana.

La continuativa presenza dell'erbicida, rilevata anche nei mesi successivi ai primi accertamenti, costringeva il sindaco di Lucca ad emanare due ordinanze successive che proibivano l'impiego di fitofarmaci all'interno delle aree limitrofe ai pozzi; tali superfici delimitate originariamente seguendo criteri sostanzialmente geometrici (distanza dai pozzi idropotabili) sono state successivamente ridefinite sulla base di uno specifico studio idrogeologico, che ampliava considerevolmente i confini precedentemente fissati.

In relazione alla delicatezza delle implicazioni igienico-sanitarie (possibile interruzione della fornitura di acqua potabile) e socio-economiche (riconversione di un territorio a prevalente vocazione agricola) che la questione della contaminazione poneva all'interno del comprensorio, è stato proposto, sotto il coordinamento del comune di Lucca, un progetto LIFE che si proponesse una netta riduzione dei livelli di inquinamento rilevati.

Il progetto, denominato SERIAL-WELLFIR (SErchio RIver ALimented WELL-Fields Integrated Rehabilitation), è stato ritenuto eleggibile da parte dell'Unione Europea (LIFE04 ENV/IT/000503) ed ha preso l'avvio nel settembre del 2004.

Nella presente nota si riportano i principali risultati raccolti nel primo biennio evidenziando l'entità dei fenomeni monitorati e le possibili ripercussioni sulla definizione delle effettive aree di rispetto.

Materiali e metodi

Fra le attività previste dal progetto, oltre ad una puntuale caratterizzazione del comprensorio da un punto di vista agricolo, pedologico ed idrogeologico, ampio spazio era riservato alla creazione di un'adeguata rete di monitoraggio delle acque profonde costituita da 26 punti di campionamento includenti, oltre ai pozzi idropotabili, una serie di pozzi spia adibiti ad uso domestico e/o agricolo. Le acque prelevate sono state analizzate con cadenza approssimativamente mensile. Nella figura 1 è riportata la dislocazione dei pozzi all'interno dell'area considerata e l'andamento delle curve piezometriche tracciate con passo di 1 m relativo al mese di luglio 2005.

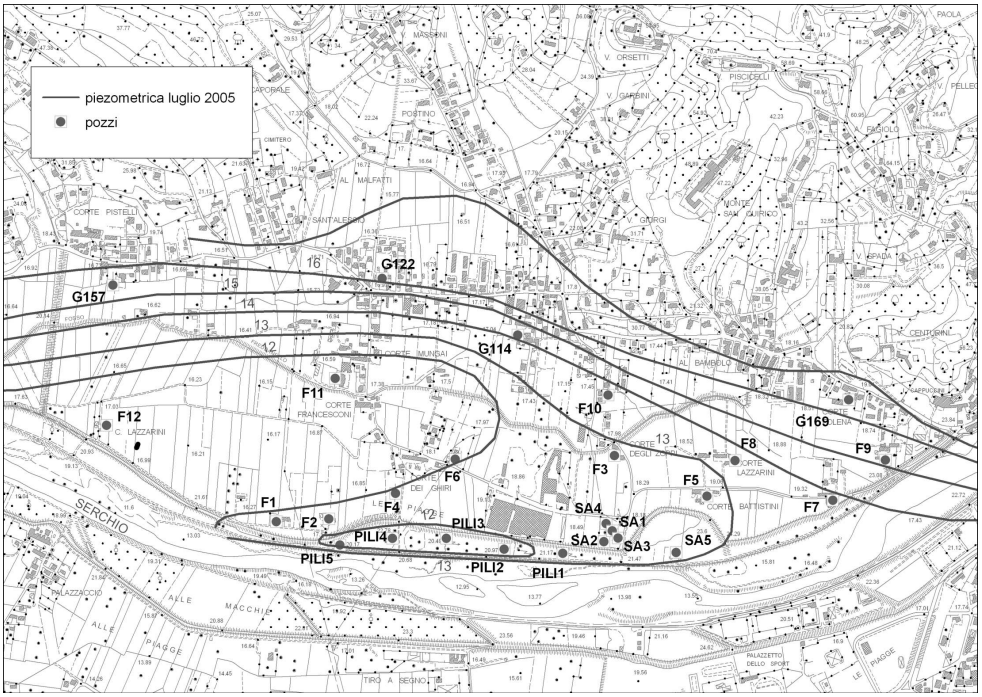


Figura 1. Dislocazione della rete di monitoraggio dei pozzi e andamento delle curve piezometriche relative al mese di luglio 2005.

Le metodologie analitiche prevedevano la determinazione multiresiduo mediante estrazione in fase solida, l'analisi in gascromatografia con rilevatori selettivi (NPD e ECD) e in gascromatografia - spettrometria di massa per impatto elettronico, secondo quanto previsto dal metodo APAT (IRSA-CNR, 2003). Il limite di quantificazione considerato è fissato pari a 0.01 µg/L.

Tutte le informazioni raccolte sono state rese disponibili per gli interessati attraverso l'implementazione in uno specifico GIS on-line (http://www.land-lab.org/wellfir/) consultabile attraverso un qualsiasi web-provider (Sabbatini *et al.*, in corso di stampa).

Risultati e discussione

L'andamento della terbutilazina all'interno della rete di monitoraggio ha presentato una notevole eterogeneità sia nel tempo che nello spazio, rendendo difficile la decifrazione dei dati raccolti secondo una chiave interpretativa in grado di spiegare i diversi andamenti osservati. Nella

tabella 1 sono riportati i risultati relativi alle analisi effettuate sui campioni di acque nel corso del periodo considerato (giugno 2003 – dicembre 2006); la numerosità dei campioni analizzati è diversa in relazione alla diversa epoca di introduzione dei pozzi all'interno della rete di monitoraggio.

Tabella. 1. Statistiche relative ai pozzi inseriti nella rete di monitoraggio.

pozzo	media (µg/L)	max (µg/L)	mediana (µg/L)	varianza (µg/L)	errore standard (µg/L)	campioni (num.)
F1	0.08	0.19	0.07	0.002	0.007	35
F2	< 0.01	< 0.01	-	-	-	37
F3	< 0.01	< 0.01	-	-	-	37
F4	0.00	0.02	-	-	-	33
F5	0.02	0.05	0.02	0.000	0.002	37
F6	< 0.01	< 0.01	-	-	-	33
F7	0.04	0.13	0.03	0.001	0.006	34
F8	0.02	0.05	0.02	0.000	0.003	20
F9	0.03	0.12	0.02	0.001	0.007	21
F10	< 0.01	< 0.01	-	-	-	20
F11	0.68	2.65	0.61	0.435	0.151	19
F12	0.00	0.01	-	-	-	21
PILI_1	0.02	0.06	0.02	0.000	0.004	22
PILI_2	0.01	0.03	0.00	0.000	0.002	24
PILI_3	0.01	0.04	0.01	0.000	0.002	22
PILI_4	0.01	0.04	0.01	0.000	0.003	22
PILI_5	0.03	0.09	0.02	0.001	0.005	22
SA1	0.03	0.09	0.02	0.001	0.005	22
SA2	0.02	0.04	0.02	0.000	0.003	22
SA3	0.01	0.03	0.00	0.000	0.002	22
SA4	0.01	0.03	0.01	0.000	0.002	22
SA5	0.02	0.06	0.02	0.000	0.004	22

I pozzi G114, G122, G157 e G169 non sono stati inclusi perché presentano un numero di campioni troppo ridotto.
I valori mancanti (-) indicano un'insufficiente numerosità di campioni positivi.

I pozzi maggiormente contaminati sono posti all'estremità occidentale (F1 e PILI_5) e orientale (F7 e F9) dell'area considerata, mentre quelli posti nella porzione centrale (PILI_1, PILI_2, PILI_3, PILI_4, SAL1, SAL2, SAL3, SAL4 e SAL5) presentano valori medi e massimi inferiori ai precedenti, non arrivando mai, ad esempio, a superare il limite di legge pari a 0.1 µg/L.

Valori ancora più bassi sono stati inoltre riscontrati nei campioni prelevati in corrispondenza dei pozzi posti a maggiore distanza dal fiume Serchio (F2, F3, F4, F5, F6, F8, F10 e F12).

Tali comportamenti possono trovare una parziale spiegazione nell'andamento delle curve piezometriche che presentano, proprio in prossimità della zona centrale dell'area di S. Alessio limitrofa al corso del fiume Serchio, una minore profondità della falda evidenziata dalla linea chiusa dei 12 m.

Un caso a parte è poi rappresentato dal pozzo F11 che, pur essendo dislocato a notevole distanza dal corso d'acqua, è quello dove sono stati riscontrati i valori più alti dell'intero comprensorio (fino a 2.65 µg/L); a questo riguardo l'unica ipotesi possibile consiste nell'ammettere l'esistenza di una sorgente puntiforme di contaminazione che potrebbe essere legata ad un inadeguato smaltimento dei contenitori dei fitofarmaci e/o delle acque di lavaggio delle macchine irroratrici.
La parziale correlazione individuata fra i residui di terbutilazina riscontrati e la posizione dei pozzi lascia intendere l'esistenza di una possibile influenza del fiume Serchio rispetto alla dinamica dei processi di contaminazione.
L'avvio di un'attività di monitoraggio delle acque del fiume ha confermato l'importanza del corpo d'acqua quale sorgente in grado di modulare i processi di inquinamento. Le analisi effettuate in corrispondenza della stazione di Monte S. Quirico e Ponte S. Pietro poste immediatamente a monte (ad est) e a valle (ad ovest) dell'area di S. Alessio, presentano infatti valori decisamente elevati a dimostrazione che una fonte non secondaria di inquinamento sia da ricercarsi nel fiume rispetto al contributo derivante dal dilavamento delle aree agricole presenti nella pianura alluvionale (Tabella 2). Il livello di contaminazione rilevato risulta inoltre tanto più significativo in considerazione degli ingenti volumi che caratterizzano le portate del fiume.

Tabella 2. Statistiche relative alle stazioni di campionamento poste sul fiume Serchio.

Stazione	media (µg/L)	max (µg/L)	mediana (µg/L)	varianza (µg/L)	err. st. (µg/L)	campioni (num.)
Monte S. Quirico	0.22	1.30	0.06	0.112	0.039	73
Ponte S. Pietro	0.06	0.75	0.00	0.019	0.023	34

A conclusioni del tutto analoghe sono giunti anche altri Autori (Rossetto e Bockelmann, 2005) che hanno proceduto all'applicazione di modelli di simulazione al comprensorio di studio facendo ricorso al codice MODFLOW-2000 (Harbaugh *et al.*, 2000) per la simulazione del flusso idrogeologico ed al codice MT3DMS (Zheng e Wang, 1998) per la simulazione del trasporto dell'inquinante nel mezzo saturo.

Conclusioni

Il contributo del fiume alla contaminazione da terbutilazina pone il problema di modificare le precedenti perimetrazioni dell'area di rispetto verificando il coinvolgimento di superfici agricole poste anche notevole distanza dai campi-pozzi, ma potenzialmente in grado di contribuire a modulare il carico dell'inquinante nelle acque.

La corretta definizione delle porzioni di territorio che risultano interessate dagli effetti delle scelte operate dagli agricoltori costituisce un presupposto fondamentale per poter valutare correttamente il livello di compatibilità associabile ai sistemi colturali adottati e poterne pianificare convenientemente la gestione (Silvestri, 2001).

Allargando l'area in grado di influenzare la qualità delle acque monitorate diventerà necessario anche riconsiderare il possibile contributo di fonti inquinanti di origine extraagricola.

Bibliografia

Harbaugh AW, Banta ER, Hill MC, McDonald MG (2000). Modflow-2000, the U.S. Geological Survey modular groundwater model. *User guide to modularization concepts and the groundwater flow processes*. U.S. Geological Survey Open File Report 00-92.

IRSA - CNR (2003). Manuale 29/2003, n. 5060.

Rossetto R, Bockelmann B (2005). Investigation of the transport and accumulation mechanisms of a herbicide in the river floodplain and groundwater system of the S. Alessio Plain, Lucca (Tuscany, Italy). *Geophysical Research Abstracts*, Volume 7.

Sabbatini T., Guidotti D, Silvestri N, Pistocchi C (in corso di stampa). Web-GIS contribution to the partecipative approach: the life-UE Serial-Wellfir project. Presentato al SAGEO, Clermont-Ferrand (FR), 2007.

Silvestri N (2001). Concetto di sistema colturale: principi e fondamenti. In: (a cura di) Bonari E., *Possibilità evolutive di destinazioni colturali e pacchetti tecnologici*. Bologna, Accademia Nazionale di Agricoltura e Consiglio Nazionale delle Ricerche, 25-59.

Zheng C, Wang PP (1998). A modular three-dimensional multispecies transport model for simulation of advection, dispersion and chemical reactions of contaminants in groundwater systems. *Documentation and User's Guide*. Department of Geology and Mathematics, University of Alabama, U.S.

INDICE DEGLI AUTORI

BALSARI P. 91
BARBARIOL G. 103
CAFFARELLI V. 1
CATIZONE P. 145
COVARELLI G. 35
CRAVEDI P. 65
FARETRA F. 55
FERRERO A. 121
GALASSI T. 11
MANCUSI E. 103
MASIN R. 73
MAZZINI F. 11
MERIGGI P. 159
MIRAVALLE R. 103
OTTO S. 73
PASTI M.A. 23
PICCIONI E. 171
POGGIOLINI S. 159
ROSSO M. 29
SABBATINI T. 171
SAGLIA A.A. 11; 121
SILVESTRI N. 171
TOZZINI C. 171
VICARI A. 145; 159
VIDOTTO F. 121
ZAGHI C. 1
ZANIN G. 73