

La gestione sostenibile della flora infestante nelle aree agricole ed extra-agricole

Pierluigi Meriggi^{1*}, Cesare Sparacino², Giovanni Arcangeli³

¹Agronomica R&S Coop. Terremerse, Via S. Alberto 325, 48100 Ravenna

²Università di Milano Facoltà di Agraria, Via Celoria 2, 20133 Milano

³Bayer CropScience, Viale Certosa 130, 20156 Milano

Società Italiana per la Ricerca sulla Flora Infestante

Riassunto

Un'agricoltura sostenibile è lo strumento tramite il quale si potrà assicurare alle generazioni future la possibilità di disporre delle risorse naturali, nella stessa misura in cui ne usufruiamo noi oggi. Anche la gestione della flora infestante nelle aree agricole ed extra-agricole rientra in questo strumento e deve sottostare a tre importanti sfide: economica (aumentare la redditività e la competitività del settore agricolo), sociale (fornire alle zone rurali possibilità di sviluppo economico e di miglioramento delle condizioni di vita), ambientale (promozione delle buone pratiche agricole e creazione di servizi per la conservazione degli habitat, della biodiversità e del paesaggio).

Le prime due passano sicuramente attraverso approfonditi studi relativi ai modelli ed alle soglie economiche d'intervento, alla gestione dei fenomeni di resistenza agli erbicidi, allo studio e sviluppo di nuove molecole erbicide, nonché di moderne formulazioni, che possono portare ad una ottimizzazione dei trattamenti con possibili riduzioni delle dosi distribuite per ettaro. Le problematiche ambientali vanno inquadrare negli studi per determinare e gestire i fattori che possono portare a fenomeni d'inquinamento diffuso o puntiformi (es. corpi idrici, terreno ecc.).

Ma una produzione agricola sostenibile deve tener conto anche delle esigenze e delle preoccupazioni dei consumatori, in particolare per quanto riguarda la salubrità e la sicurezza degli alimenti in relazione ai metodi di produzione (tradizionali, integrati e biologici). In questo contesto si possono inquadrare i risultati ottenuti con lo sviluppo di più evoluti principi attivi, la diffusione dei Disciplinari di Produzione Integrata pubblici e privati, nonché il sempre maggior impegno da parte degli organi preposti, nel monitorare la situazione relativa ai residui di agrofarmaci nei prodotti agroalimentari. La SIRFI (Società Italiana per la Ricerca sulla Flora Infestante) grazie alla multidisciplinarietà delle Strutture che la animano è da sempre attiva nella innovazione con particolare riguardo alla identificazione di strumenti in grado di contribuire all'implementazione della sostenibilità dell'attività agricola.

Parole chiave: flora infestante, agricoltura sostenibile, biotipo, erbicida.

Summary

TITOLO IN INGLESE??

Sustainable agriculture is a way to assure the availability of natural resources for future generations. Weed management in cultivated and not cultivated areas is part of sustainable agriculture as well, and has to face three important challenges: economical (to increase income and competitiveness of farm sector), social (give rural areas opportunity of economic development and improvement of living conditions), environmental (promote good agricultural practices and preserve habitats, biodiversity and landscape). The first two challenges involve the in-depth study of models, the economic threshold of intervention, the management of herbicide resistance phenomena, the study and development of new herbicide molecules, or even modern formulations, leading to the optimization of treatments with possible reduction of distributed doses per hectare. Environmental issues must be set in the studies to assess and manage the factors leading to phenomena of diffuse or point pollution (i.e. water volumes, soil, etc.). However, a sustainable agriculture production must take into account consumers' needs and concerns, especially about food health and safety with respect to production methods (traditional, integrated and biological). In this context, the results obtained by the development of more advanced active principles, the spread of public and private Integrated Production Specifications (Disciplinari di Produzione Integrata) and the greater and greater commitment by the institutions in charge of monitoring the agro-pharmaceutical residues in agro-food products, can be set. The SIRFI (Società Italiana per la Ricerca sulla Flora Infestante), thanks to the multi-disciplinarity of the structures supporting it, always takes an active part into innovation especially aimed to the identification of tools implementing farm activity sustainability.

Key-words: weeds, sustainable agriculture, biotypes, herbicide.

* Autore corrispondente: tel.: 0544 483620; fax: 0544 483611. Indirizzo e-mail: pmeriggi@terremerse.it

Flora infestante e danni

Relativamente agli aspetti economici, è importante sottolineare l'importanza del controllo della flora infestante. Approfonditi studi e valutazioni hanno evidenziato come la non ottimale gestione della malerbe, determini una significativa contrazione della produzione agricola, con conseguenti perdite economiche da parete dell'azienda e del sistema agricolo più in generale.

Tale perdita è variabile nelle varie aree del mondo in relazione al livello tecnologico disponibile (attrezzature meccaniche efficienti, erbicidi, strutture per la distribuzione, ecc.) ad alle condizioni pedo climatiche. Infatti risulta più significativa nelle aree più arretrate se confrontate con quelle in via di sviluppo o sviluppate (fig. 1).

Anche nei nostri ambienti di coltivazione le perdite dovute alla presenza della flora infestante sono importanti e dipendono da numerosi fattori. Uno studio effettuato sul mais nel nord Italia ha evidenziato come l'influenza dell'annata, l'efficacia del trattamento preventivo alla semina (pre-emergenza), la tempestività del trattamento, maggiormente assicurata dalle aziende che possono fare l'intervento in proprio senza ricorrere al conto terzi ed infine l'areale di coltivazione siano fattori da tenere in debita considerazione (fig. 2) nella stima delle perdite.

I valori ottenuti con questo studio sono stati calcolati con il prezzo della materia prima (granella di mais) riferita al 2005 e pertanto sensibilmente più bassa rispetto al corso attuale.



Figura 1 - Contributo alla produzione agricola mondiale delle varie aree e perdite produttive dovute alla flora infestante, nonostante il controllo

Figure 1 – Contribution to world agriculture production of different areas and productive losses due to weeds, despite control.

Pertanto oggi gli stessi risultano più incisivi sull'economia della maiscoltura.

Ma altre conseguenze, a volte anche molto gravi, possono essere indotte dalla presenza indesiderata delle erbe infestanti: di carattere sanitario (es. diffusione di allergie), di ordine sociale (es. ridotta possibilità di fruibilità di aree pubbliche), nonché indirettamente nel favorire altre problematiche come la maggior diffusione di insetti o funghi patogeni, che possono trovare nelle infestanti un abitat ideale per riprodursi ed infestare, in seguito, le colture di interesse agrario.

Ad esempio nel caso del Legno nero, una delle malattie infettive della vite più dannose e diffuse, l'agente causale è un fitoplasma (*Stolbur*) che in natura viene trasmesso dall'insetto *Hyalesthes obsoletus*. Date le peculiarità biologiche di *H. obsoletus*, si ritiene che l'acquisizio-

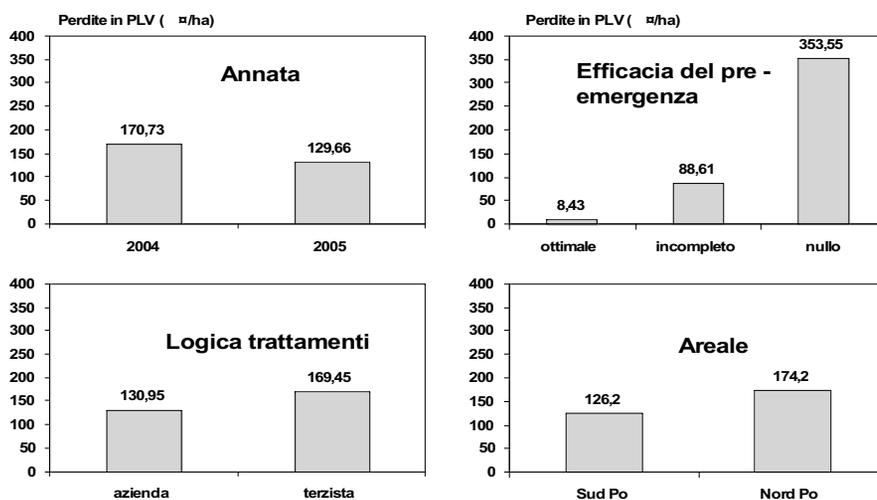


Figura 2 - Mais: perdita economica per ettaro dovuta alla competizione delle malerbe. Importanza di alcuni fattori

Figure 2 - Maize: economic loss per hectare due to weed competition. Importance of some factors.

Fonte: Meriggi e Bertì, 2005

ne del fitoplasma del Legno nero avvenga soltanto da piante spontanee infette, usualmente molto frequenti all'interno e/o nelle zone limitrofe ai vigneti. In particolare ortica e vilucchio, svolgono un ruolo chiave nel ciclo biologico del vettore, oltre a risultare ospiti di *H. obsoletus* fungono anche da sorgenti di conservazione e d'inculo del fitoplasma agente del Legno nero.

Resistenza agli erbicidi

L'utilizzo di sostanze chimiche di sintesi per il controllo delle erbe infestanti ha indubbi ricadute positive sulla produttività e redditività delle colture ma comporta talvolta degli effetti negativi sull'evoluzione degli organismi verso i quali i trattamenti sono diretti. Una non corretta gestione della difesa dalle malerbe può portare, infatti, ad una rapida diffusione di biotipi resistenti o con ridotta sensibilità a determinati principi attivi, aumentando la complessità del controllo della flora infestante con probabili incrementi di costi per l'agricoltore e maggiori perdite produttive.

In particolare è la continua selezione esercitata dall'uso ripetuto dello stesso erbicida, o di erbicidi aventi il medesimo meccanismo d'azione, che tende ad eliminare ripetutamente le piante suscettibili mentre quelle resistenti possono riprodursi e disseminare, il che consente di formare così, anche in un periodo di tempo relativamente breve, una popolazione (biotipo) "resistente".

La selezione di erbe infestanti resistenti è quindi il frutto di un processo evolutivo, e costringe l'agricoltore ad utilizzare altri erbicidi con differenti meccanismi d'azione oppure altri

metodi di controllo che potrebbero essere più costosi e/o meno efficaci. Si può pertanto definire la resistenza agli erbicidi come la capacità ereditabile delle piante di sopravvivere a dosi anche elevate di erbicidi mentre per biotipo resistente si intende un gruppo di infestanti caratterizzate dalla capacità di sopravvivere ad uno o più erbicidi, appartenenti ad un particolare gruppo chimico, utilizzati ad una dose che normalmente li controllerebbe. Per cui, per ogni specie ci possono essere più biotipi resistenti in relazione al tipo ed al numero di gruppi di erbicidi coinvolti. Come ad esempio in Italia per *Amaranthus retroflexus*, resistente a terbutilazina nel mais ed agli inibitori dell'ALS nella soia.

Il fenomeno della resistenza, a livello mondiale, è già rilevante. In particolare nei paesi dove da più anni si fa uso di erbicidi (fig. 3).

Poiché ogni erbicida è caratterizzato da uno specifico meccanismo d'azione che riporta ad un'azione biochimica o biofisica provocata dalla molecola sulla flora infestante è naturale che uno degli strumenti di più immediato impiego per combattere le infestanti resistenti è quello di alternare, sullo stesso appezzamento, molecole con meccanismi d'azione differenti.

Allo scopo di facilitare la scelta degli erbicidi per una corretta gestione delle resistenze, l'H-RAC (Herbicide Resistance Action Committee), in collaborazione con la WSSA (Weed Science Society of America), ha raggruppato gli erbicidi in relazione al sito bersaglio degli stessi, cioè al loro meccanismo d'azione, attribuendo ad ogni raggruppamento una lettera dell'alfabeto (A, B, C, ecc.; ad es. il gruppo A include i graminicidi FOP e DIM).

In figura 4 è rappresentata l'evoluzione a li-



Figura 3 – Biotipi resistenti agli erbicidi nel mondo

Figure 3 – Biotypes resistant to herbicides in the world (all over the world).

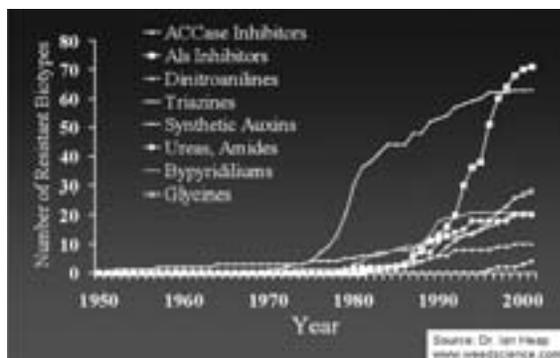


Figura 4 - Resistenza e meccanismo d'azione erbicidi

Figure 4 – Resistance and mechanism of action of herbicides.

vello mondiale del numero di biotipi resistenti ai diversi erbicidi suddivisi per meccanismi d'azione. Dalla stessa è possibile evincere come gli inibitori dell'ALs (Aceto Lattato sintetasi), anche a causa del loro specifico modo d'azione, abbiano favorito nell'ultimo decennio la comparsa di numerosi biotipi resistenti.

È pertanto necessario prestare una grande attenzione ai sistemi colturali caratterizzati da una limitata diversità come sono le monosuccessioni (es. riso ed anche grano e mais in alcune delle loro zone di coltivazione). Altrettanta attenzione deve essere rivolta alle rotazioni strette dove non vi è alternanza di erbicidi con meccanismi d'azione diversi per il controllo delle medesime malerbe ed alle situazioni dove viene fatto un largo uso di minime lavorazioni e di erbicidi con una lunga attività residuale.

La gestione di strumenti sofisticati e sempre più costosi come gli erbicidi riveste un ruolo importante per tutti gli operatori del settore ed è interesse comune preservarne l'efficacia più a lungo possibile attraverso comportamenti responsabili. A tal fine si può far riferimento alla tabella 1 che, per ogni scelta tecnica, indica una valutazione del rischio sulla possibilità di far insorgere biotipi resistenti.

Nella stessa si evince come abbiano un ruolo non secondario anche alcuni aspetti agronomici come la rotazione fra colture diverse per ciclo colturale, in particolare fra monocotiledoni e dicotiledoni, il controllo meccanico delle erbe infestanti ed in definitiva una gestione razionale della flora infestante con strumenti combinati: il controllo integrato.

Scelte tecniche	Basso	Medio	Elevato
Alternanza o mix di Erbicidi nella rotazione	> a 2 modi di azione	2 modi di azione	1 modo di azione
Controllo erbe infestanti nella rotazione	Agronomici, meccanici e chimici	Agronomici e chimici	Solamente chimici
Impiego stesso MOA per anni	Una volta	Più di una	Molte volte
Rotazione	Buona /completa	Limitata	Monosuccessione
Stato della resistenza all'erbicida	Sconosciuto	Limitato	Comune
Livello di infestazione	Basso	Medio	Elevato
Livello di controllo negli ultimi 3 anni	Buono	In calo	Scarso

Tabella 1 - Valutazione del Rischio di resistenza

Table 1 – Assessment of resistance Risk

Soglie economiche di intervento e impiego di modelli

Alle tradizionali attività sulla verifica dell'efficacia e selettività delle diverse linee operative (chimiche, integrate e biologiche) si è affiancata, in tempi più recenti, anche la messa a punto di sistemi esperti per la definizione di soglie economiche di intervento al fine di definire i trattamenti economicamente più convenienti.

Un esempio è dato dallo studio del momento ottimale d'intervento, determinato in funzione dello stadio della coltura e dello sviluppo delle infestanti. È stato, infatti, dimostrato che ritardi nell'esecuzione del trattamento, anche di pochi giorni, possono determinare perdite produttive e qualitative importanti, a causa dell'aumento della competizione delle malerbe sulla coltura.

Ad esempio in figura 5 è visualizzato il pe-

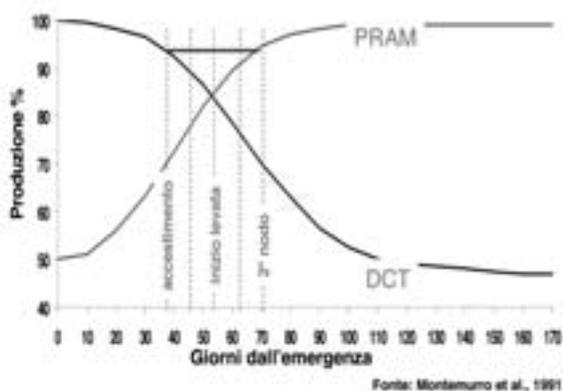


Figura 5 - Il Periodo Critico nel frumento duro

Figure 5 – Critical Period in durum wheat.

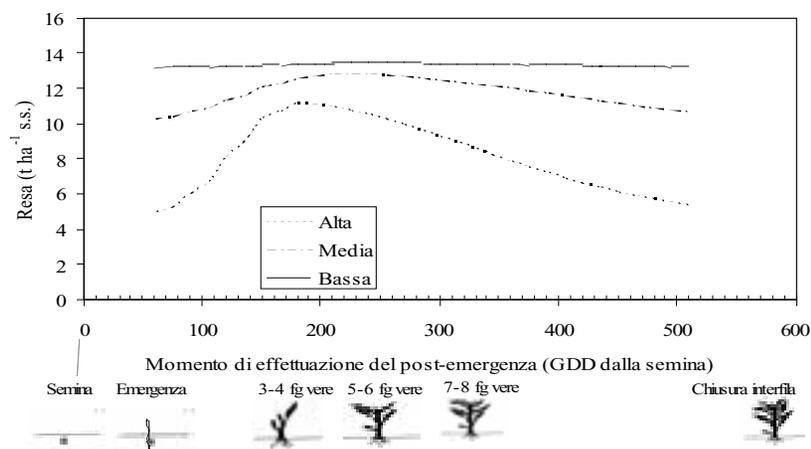


Figura 6 - Relazione tra momento di intervento del post-emergenza e resa della coltura per diversi livelli di infestazione. Aree della Pianura padana nord-orientale

Figure 6 – Relationship between time of post-emergence treatment and crop yield for different levels of infestation. North-Eastern Po Valley area.

riodo critico nel frumento, ovvero la fase fenologica della coltura nella quale la presenza delle erbe infestanti crea maggior danno.

Tale intervallo è delimitato dall'intersezione della linea corrispondente alla percentuale di perdita stabilita con le due curve (PRAM e DCT). L'esempio indica che per avere una perdita pari al 5% circa bisogna tenere la coltura libera da infestanti nel periodo compreso tra l'accostamento e il 2° nodo in levata.

Inoltre i modelli possono essere di ausilio per definire l'utilità dei trattamenti in post-emergenza. Nel mais ad esempio l'effetto competitivo di tre diverse infestazioni (alta, media e bassa) è nettamente diversificato (figura 6): ipotizzando un singolo trattamento di post-emergenza con efficacia ottimale (99%) applicato in corrispondenza del momento ideale per la distribuzione, la resa massima ottenibile si riduce da 13.4 t ha⁻¹ con l'infestazione bassa, a 12.8 t ha⁻¹ con quella media e a 11.2 t ha⁻¹ con quella alta.

Nel contempo il momento ottimale per effettuare il trattamento di post-emergenza si anticipa, passando da 240 a 210 e 180 GDD rispettivamente. Al di là della riduzione della potenzialità di resa, quindi, l'effetto di un'infestazione più densa e con maggiore rapidità di emergenza si traduce in una maggiore criticità nella scelta del momento di intervento e di un anticipo del momento ottimale di controllo, in modo da limitare al massimo il periodo di competizione tra coltura ed infestanti. Con infestazioni dense ed a rapida emergenza il momento ottimale di trattamento si situa infatti allo sta-

dio di 3-4 foglie mentre con infestazioni rade ed a emergenza più ritardata (pre-emergenza efficace) l'optimum è raggiunto allo stadio di 5-6 foglie vere.

Additivi e Dosi Molto Ridotte (DMR)

Sempre nell'ottica di ottimizzare il controllo della flora infestante, si affiancano, a quanto esposto prima, numerosi studi volti a valutare l'incremento di efficacia dei diserbanti attraverso l'aggiunta di bagnanti o coadiuvanti che ne permettano una migliore distribuzione ed un più efficiente assorbimento (fig. 7).

Tale effetto si traduce in pratica nella possibilità di impiegare un minor quantitativo di principi attivi per ettaro. I coadiuvanti rivestono attualmente un interesse particolare in quanto in grado di rendere meno soggetta alla deriva la soluzione irrorata. Infatti alcune sostanze quali gli oli vegetali hanno dimostrato speri-



Figura 7 – Effetti dell'impiego del bagnante sull'attività biologica di un erbicida

Figure 7 – Effects of the use of a wetting agent on the biological activity of a herbicide.

mentalmente di ridurre sensibilmente la percentuale di goccioline inferiori a 100 micron, che sono quelle più sensibili ad essere trasportate dal vento e pertanto in grado di provocare una contaminazione diffusa dell'aria e dei corpi idrici adiacenti alle aree trattate.

Importanti per questo aspetto sono anche le valutazioni di laboratorio sulle caratteristiche morfologiche delle malerbe e sui fenomeni di assorbimento degli erbicidi da parte delle stesse. Questi studi vanno visti anche nella direzione di ottimizzare i dosaggi, arrivando, dove possibile, anche ad una riduzione degli stessi, con indubbi vantaggi da un punto di vista economico ed ambientale. Un caso molto significativo è quello del post emergenza della barbabetola da zucchero, ove con l'impiego di opportuni additivi e adottando particolari volumi di distribuzione, è stato possibile ridurre in modo assai significativo le dosi di impiego dei principi attivi di post-emergenza (fig. 8).

La tendenza esposta non è caratteristica solamente del nostro ambiente di coltivazione ma è da considerarsi generalizzata ormai in tutte le aree del mondo ove la chenopodiacea è ancora coltivata.

Taratura delle attrezzature

Di assoluta attualità sono anche gli studi inerenti alle metodiche di distribuzione degli agrofarmaci. Particolare attenzione deve essere infatti posta alla corretta calibratura e funzionalità delle barre irroratrici e degli ugelli, nonché

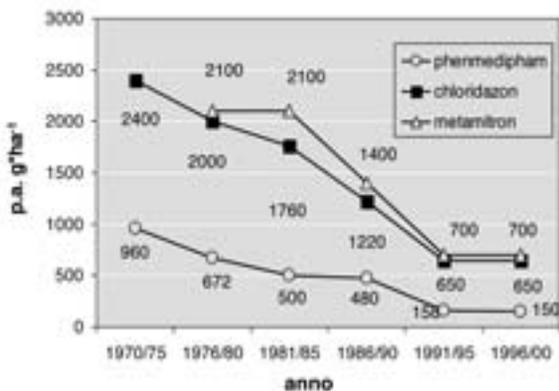


Figura 8 – Evoluzione delle dosi medie per ettaro degli erbicidi di post emergenza della barbabetola da zucchero

Figure 8 – Evolution of mean dose per hectare of post-emergence herbicides in sugar beet.

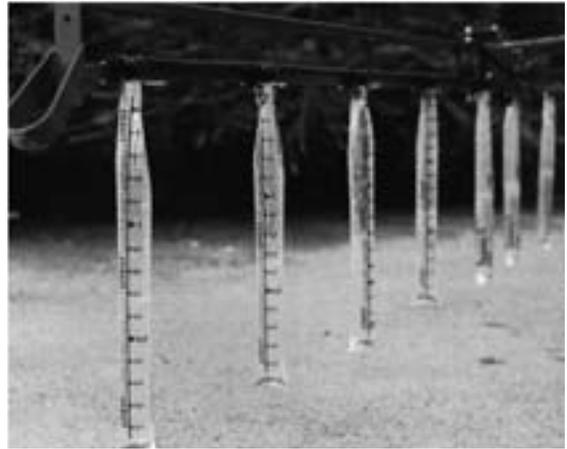


Figura 9 – Prove di taratura delle barre irroratrici

Figure 9 – Calibration test of spray bars.

all'impiego di attrezzature correttamente dimensionate per le esigenze specifiche (fig. 9).

Oggi, inoltre, sono in sviluppo innovative attrezzature pensate per ottimizzare la distribuzione, con maggior efficienza e riduzione di sprechi (es. ugelli anti deriva, trattamenti localizzati, ecc., fig. 10).

In particolare un'aspetto innovativo delle applicazioni degli agrofarmaci, e degli erbicidi in particolare, deriva dalla realizzazione pratica dei concetti alla base della "Agricoltura di precisione". In questi innovativi sistemi gestionali delle malerbe il trattamento viene innanzi tutto realizzato solo sulle aree con presenza delle erbe infestanti e la dose per ettaro viene modulata in funzione dello stadio di sviluppo delle



Figura 10 – Moderna irroratrice semovente al lavoro

Figure 10 – Modern self-moving sprayer at work.

stesse. L'applicazione di tale principio ha trovato una più forte spinta propulsiva soprattutto nei paesi a più alta tecnologia e con una dimensione aziendale assolutamente significativa.

Nuovi erbicidi

Importanti sono inoltre i contributi forniti dall'industria agro-chimica relativamente alla ricerca di nuove molecole sempre più mirate a target specifici e con caratteristiche ecotossicologiche più rispondenti agli attuali criteri di tutela ambientale, degli operatori e del "consumatore" finale. Un contributo fondamentale in questa direzione è dato anche dalla messa a punto di nuove tecnologie formulative in grado di ottimizzare l'efficacia dei principi attivi, di migliorarne la distribuzione e l'assorbimento, con possibile ulteriore riduzione della dispersione degli erbicidi nell'ambiente. Un esempio in questo senso sono le formulazioni denominate EW (emulsioni oli/acqua), con le quali è stato possibile sostituire i tradizionali solventi organici con sostanze meno tossiche (acqua), garantendo contestualmente una efficacia ottimale. Anche per quanto attiene alla gestione delle confezioni vuote la tecnologia formulativa ha fornito ausili interessanti per gli operatori. Fra questi occorre segnalare la proposta delle industrie di inserire i formulati in sacchetti idrosolubili al fine di limitare al minimo il contatto fra erbicidi ed operatori e di facilitare la gestione dei contenitori lasciati vuoti dopo il trattamento (fig. 11).



Figura 11 – Simulazione in laboratorio dello scioglimento di una confezione in polvere bagnabile contenuta in un sacchetto idrosolubile

Figure 11 – Lab simulation of melting of a wettable dust in a water-soluble bag.



Figura 12 – Effetti di un passaggio di erpice strigliatore su barbabietola da zucchero

Figure 12 – Effects of the passage of a furrow cracker on sugar beet.

Sistemi di gestione integrata

Lo sviluppo di sistemi di gestione integrata delle infestanti ha rappresentato un punto fondamentale di studio negli ultimi anni. L'applicazione dei fattori che possono aumentare la capacità competitiva della coltura nei confronti delle infestanti, permettendo così la riduzione delle dosi di erbicida o l'aumento dell'efficacia dei mezzi non chimici di controllo è stato sperimentato prima da diversi istituti in Italia e successivamente divulgato nelle tecniche correnti. Sono stati infatti realizzati studi su barbabietola da zucchero, pisello proteico, favino, frumento duro e tenero e girasole.

In particolare il controllo meccanico con erpice strigliatore (fig. 12) rappresenta un esito ottimale di questi studi ed ha trovato piena attuazione in diverse realtà italiane, anche non solo ad indirizzo esclusivamente biologico.

Inoltre è stato valutato anche l'effetto delle colture di copertura sull'entità e composizione delle comunità di infestanti. In particolare per quanto attiene all'effetto fitotossico dei residui delle colture di copertura e delle sue interazioni con la dinamica di rilascio dei nutrienti dai residui sulla germinazione, emergenza e sviluppo iniziale delle colture e delle sue principali infestanti.

Impatto ambientale dei diserbanti e sicurezza alimentare

Un forte impulso all'innovazione per la sostenibilità ambientale, promossa da diverse componenti all'interno della SIRFI, proviene dai numerosi studi effettuati sui diserbanti, soprattutto relativamente al loro impatto nei confronti

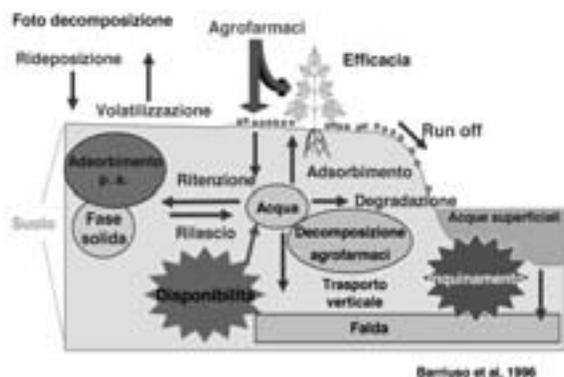


Figura 13 - Destino ambientale degli agrofarmaci

Figura 13 – Environmental destiny of agro-pharmaceutical products

dei corpi idrici. Su questo tema numerose Strutture operano ricerche sia in ambiente controllato che in agroecosistemi reali. Sempre nel contenimento dell'inquinamento diffuso da parte degli agrofarmaci, importanti sono gli studi sui fenomeni di run off, di accumulo lungo il profilo del terreno e di deriva (fig. 13).

Il contributo in questi casi specifici è anche di tipo agronomico attraverso la programmazione e la valutazione di nuovi sistemi colturali (impiego delle cover crops, formazione di fasce di rispetto, ecc.) e ingegneristico-meccanico (tipi di distribuzione innovativi).

Principalmente la dispersione degli erbicidi dipende dall'interazione di più fattori: i prodotti diserbanti, l'ambiente di coltivazione, l'epoca di applicazione ed il clima (fig. 14).

Le caratteristiche dei prodotti e/o principi at-

tivi che maggiormente influiscono sulla dispersione ambientale, in particolare nei confronti dei corpi idrici, sono la solubilità, l'emivita, i coefficienti di partizione del principio attivo e la dose applicata. Ad esempio principi attivi con emivita molto breve ed applicati a dosaggi ridotti (in genere gli erbicidi di post-emergenza) difficilmente hanno impatti significativi nei confronti dei corpi idrici e del terreno. Per contro erbicidi persistenti, solubili ed applicati a dosaggi elevati possono costituire un potenziale rischio per l'ambiente. Per quanto attiene alle caratteristiche dell'ambiente di coltivazione, le stesse influiscono in modo decisivo sulla dinamica dei principi attivi; in particolare terreni molto sciolti od in pendenza portano con sé significativi livelli di rischio per quanto attiene al fenomeno della lisciviazione e del ruscellamento.

Infine sia l'epoca di applicazione ed il clima costituiscono ulteriori variabili importanti. Gli erbicidi applicati alla semina (residuali) di solito sono più a rischio rispetto a quelli applicati con infestanti e colture in atto. Ad esempio per attenuare l'impatto ambientale delle applicazioni alla semina generalmente si cerca di limitare la superficie trattata a bande longitudinali lungo la fila di semina (trattamento localizzato) in modo tale da avere lo stesso effetto erbicida solo dove cresce la coltura, ma impiegando circa la metà della dose rispetto ad un trattamento realizzato su tutta la superficie.

Infine la sicurezza alimentare guida in termini qualitativi e quantitativi le scelte tecniche all'interno dei Disciplinari di produzione che sempre più sono richiesti dalle industrie di tra-



Figura 14 – I principali fattori che influenzano la dispersione ambientale degli erbicidi

Figura 14 – Main factors affecting environmental dispersion of herbicides.

sformazione e adottati dai produttori agricoli. Negli stessi le varie soluzioni tecniche debbono essere opportunamente valutate e possibilmente integrate fra loro in strategie facilmente applicabili dall'imprenditore agricolo, sempre nell'ottica che produzioni di "qualità" sono maggiormente garantite anche attraverso una corretta gestione delle erbe infestanti.

Conclusioni

In termini pratici ai fini di una gestione sostenibile della flora infestante molto è stato fatto, anche se esistono ancora ambiti da sviluppare ed approfondire quali il controllo biologico, il problema delle resistenze/efficacia, l'inquinamento puntiforme.

Inoltre, nei prossimi anni, si potranno probabilmente nuove problematiche quali la forte riduzione nella disponibilità dei principi attivi (revisione europea degli agrofarmaci) e la coesistenza con specie OGM HT.

Infine a partire dal 2010 sarà probabilmente operativa la Direttiva Cee sull'Uso sostenibile degli agrofarmaci. La Direttiva ha diverse azioni specifiche delle quali le più significative sono: a) il training e certificazione degli utilizzatori e dei distributori, b) l'ispezione delle attrezzature per le applicazioni, c) le misure per la protezione dell'ambiente acquatico, d) la restrizione/riduzione d'uso in specifiche aree, e) la manipolazione e stoccaggio degli agrofarmaci e relativi imballaggi e f) la promozione dell'Integrated Pest Management (IPM).

Ed è proprio in questa direzione che è volta l'attività della SIRFI, che si pone l'obiettivo di promuovere studi per fornire agli operatori agricoli soluzioni idonee ad una moderna gestione aziendale, nell'ambito del controllo della flora infestante.

Bibliografia

Balsari P., Oggero G. 2005. Come smaltire le acque reflue del trattamento fitosanitario. *L'Informatore Agrario*, 42: 77-82.

Bàrberi P. 2000. Il controllo integrato delle infestanti nelle colture orticole. *L'Informatore Agrario*, 21, 91-97.

Berti A., Dunan C., Sattin M., Zanin G., Westra P. 1996.

A New Approach To Determine When to Control Weeds. *Weed Science*, 44, 496-503.

Berti A., Meriggi P., Sgattoni P. 1995. Controllo delle piante infestanti nelle colture agroindustriali: pre o post-emergenza? *L'Informatore Agrario*, 37: 35-71.

Berti A., Zanin G., 1994. Density Equivalent: a method for forecasting yield losses caused by mixed weed populations. *Weed Research*, 34:326-332.

Bonari E. 1995. Agricoltura sostenibile: aspetti agronomici. *Atti dell'Accademia dei Georgofili*, Settima serie. XLII: 125,141

Campagna C., Collavo A., Innocenti M., Sattin M. 2006. Evoluzione e gestione della resistenza ai graminicidi in *Lolium* spp. *Atti Giornate Fitopatologiche 2006*, Rimini, 1:329-336.

Carter A. 1999. Pesticide contamination of water sources and the monitoring data across the EU. In (Del Re et al., eds): *Proceedings XI Symposium Pesticide Chemistry*, 11-15 September, Cremona Italy, 11-20.

Carter A. D., Brown C. D. 1997. Possibilities for Future EC Environmental Policy on Plant Protection Products: Further Analysis on Presence and Impact of Plant Protection Products in the EU. A report for the European Commission and the Dutch Ministry of the Environment. *SSLRC Shardlow*.

Catizone P., Zanin G. (coordinatori) 2001. *Malerbologia*. Patron Editore, Bologna.

Credi R., Terlizzi F., Cricca L., Dradi D. 2004. Epidemiologia del legno nero della vite. *L'informatore Agrario* 7:72-75.

Cushman J.H. 1984. On measurement, scale and scaling. *Water Resources Res.* 20: 1668-1676.

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

Hallberg G.R., Baker J.L., Randall G.W. 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 E.J., Van Scoyot G.E., Monke E.J., Oates K.M. 1991. Pesticide and nutrient movement into subsurface tile drains on a silt loam soil in Indiana. *J. Environ. Qual.* 20: 264-270.

Knezevic SZ., Evans SP., Blankenship EE., Van Acker RC., Lindquist JL, 2000. Critical period for weed control: the concept and data analysis. *Weed Science*, 50, 773-786.

LeBaron H.M. e Gressel J. (coordinatori) 1982. *Herbicide resistance in plants*. John Wiley & Sons, USA.

Melander B., Rasmussen I.A., Bàrberi P. 2005. Integrating Physical and Cultural Methods of Weed Control - Examples from European Research. *Weed Science*, 53, 369-381.

Orson J. 1999. Cost to farmers of herbicide resistance. *Weed Technology* 13:607-611.

- Porceddu E., Sattin M., Zanin G. 1997. Herbicide resistance in Italy: evolution and current situation. *Agricoltura Mediterranea* 127:97-105.
- Powles S.B., Shaner D.L. (Editors) 2001. Herbicide resistance and world grain. CRC Press, Boca Raton, USA.
- Raffaelli M., Bàrberi P., Peruzzi A., Ginanni M. 2004. Options for mechanical weed control in string bean. *Agricoltura Mediterranea*, 134, 92-100.
- Richard T.L., Steenhuis T.S. 1988. Tile drain sampling of preferential flow on a field scale. *J. Contam. Hydrol.* 3: 307-325.
- Sattin M., Berti A., Zanin G. 1996. Crop yield loss in relation to weed time of emergence and removal: analysis of the variability with mixed weed infestations. *Proc. 2nd IWCC, Copenhagen. Vol I, 67-72.*
- Turco R.F., Kladvik E.J. 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.
- Zanin G., Vecchio V., Gasquez J. 1981. Indagini sperimentali su popolazioni di dicotiledoni resistenti all'atrazina. *Rivista di Agronomia XV* 196-207.