

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

atti

**Infestanti emergenti e riduzione di
disponibilità di erbicidi**

BARI, 16 OTTOBRE 2018

Convegno organizzato in collaborazione con le “Giornate Fitopatologiche” e con
l’Associazione Regionale Pugliese dei Tecnici e Ricercatori in Agricoltura (ARPTRA)

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

atti

**Infestanti emergenti e riduzione di
disponibilità di erbicidi**

a cura di

FRANCESCO VIDOTTO, FERNANDO DE PALO e ALDO FERRERO

BARI, 16 OTTOBRE 2018

Convegno organizzato in collaborazione con le “Giornate Fitopatologiche” e con l’Associazione Regionale Pugliese dei Tecnici e Ricercatori in Agricoltura (ARPTRA)

Citazione suggerita:

Vidotto F, De Palo F, Ferrero A. editors 2018. Atti del XXI convegno S.I.R.F.I. “Infestanti emergenti e riduzione di disponibilità di erbicidi”, 16 ottobre 2018, Bari, Italy. 245 p.

Stampato da:

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

ISBN 978-88-95616-07-0

ISBN editor: SIRFI

ATTI DEL XXI CONVEGNO S.I.R.F.I.
“Infestanti emergenti e riduzione di disponibilità di erbicidi”
Bari, 16 ottobre 2018

INDICE

Presentazioni Orali

Gestione ecocompatibile delle infestanti parassite con particolare riferimento a <i>Phelipanche ramosa</i> : risultati e prospettive <i>Vurro M., Boari A.</i>	1
Tecniche di gestione convenzionale di <i>Phelipanche ramosa</i> <i>Montemurro P., Boselli R., Tabaglio V., Testi V.</i>	9
Biologia e gestione di <i>Cyperus esculentus</i> nelle diverse colture agrarie <i>Milan M., Vidotto F., Ferrero A., Scarabel L.</i>	19
Strumenti non chimici di gestione della vegetazione infestante nelle colture orticole <i>Pannacci E., Onofri A., Tei F.</i>	39
Sostanze attive degli erbicidi impiegabili nelle colture orticole <i>Campagna G.</i>	79
Spettro di azione degli erbicidi impiegabili nelle colture orticole <i>Capella A., Guastamacchia F.</i>	109
Possibili alternative al linuron nel diserbo del carciofo e del finocchio <i>Montemurro P.</i>	119
Strategie di diserbo e possibili alternative a linuron su carota, sedano, patata, asparago e sulle leguminose al centro nord <i>Fabbri M., Casagrandi M.</i>	131
Il diserbo delle leguminose nell'areale meridionale <i>Montemurro P.</i>	149
Gestione delle infestanti nei fruttiferi: vite, olivo e altre colture arboree <i>Loddo D., Allegri A., Bartolini D., Sattin M.</i>	163
Possibili alternative al glifosate nelle colture erbacee <i>Ferrero A., Fogliatto S., Vidotto F.</i>	175
Il controllo della vegetazione infestante lungo le linee ferroviarie e nelle aree urbane in assenza del glifosate <i>Otto S., Vidotto F., Imperatore G., Zanin G.</i>	209
Possibilità di gestione delle infestanti nelle sedi ferroviarie <i>Tassone P., Tovaglieri A., Otto S., Zanin G.</i>	237

GESTIONE ECOCOMPATIBILE DELLE INFESTANTI PARASSITE CON PARTICOLARE RIFERIMENTO A *PHELIPANCHE RAMOSA*: RISULTATI E PROSPETTIVE

VURRO M., BOARI A.

*Istituto di Scienze delle Produzioni Alimentari, CNR, Bari.
E-mail: maurizio.vurro@ispa.cnr.it*

Riassunto

Le piante parassite rappresentano un mondo a parte nell'universo delle piante infestanti. Esse possiedono alcune caratteristiche biologiche, morfologiche, fisiologiche ed ecologiche che le rendono diverse da tutte le altre specie infestanti, e che influiscono grandemente sulle possibili strategie di gestione. In questa comunicazione viene brevemente illustrato il ciclo vitale delle piante parassite, con riferimento alle orobanche, e le prospettive di gestione.

Parole chiave

Piante parassite; Orobanche; Phelipanche; Gestione ecocompatibile.

Summary

Parasitic weeds are a separate world in the weed universe. They have unique biological, morphological, physiological and ecological features that make them different from any other noxious weed. These characteristics have a great influence on the management possibilities. In this article, the life cycle of parasitic weeds, in particular of broomrapes, and the perspectives for their management are briefly described.

Keywords

Parasitic weeds; Orobanche; Phelipanche; Eco-friendly management.

Introduzione

Una pianta parassita è un'angiosperma che si collega morfologicamente e fisiologicamente ad un'altra pianta (l'ospite) grazie ad un austorio, una radice modificata (Joel 2013), attraverso cui attinge acqua ed elementi nutritivi a spese dell'ospite. Si possono distinguere due principali tipi di piante parassite, a seconda dell'organo bersaglio, e cioè quelle del fusto e della radice. Le piante parassite vengono anche distinte in:

- facoltative, cioè contenenti clorofilla e capaci di crescere fino alla maturità senza l'ausilio di un ospite;
- obbligate, cioè aventi la necessità di un ospite per la maturazione;
- emiparassite, che sono fotosintetizzanti in una fase avanzata del ciclo di sviluppo, ma ottengono acqua, sali minerali e fotosintati dall'ospite nelle fasi iniziali di crescita;

- oloparassite, carenti in clorofilla che devono fare assoluto affidamento sulle sostanze nutritive sottratte all'ospite.

Fra le piante oloparassite, le più importanti sono le specie dei generi *Orobanche* (in particolare *O. crenata* Forsk. (Figura 1), *O. cernua* Loefl., *O. cumana* Wallr., *O. minor* Smith., e *O. foetida* Poir.), e *Phelipanche* (*P. ramosa* (L.) e *P. aegyptiaca* (Pers.) Pomel), particolarmente dannose in numerose colture agrarie in tutto il bacino del Mediterraneo, l'Europa centro-meridionale, il Medio Oriente e l'Africa settentrionale (Vurro et al. 2017).



Figura 1. *Orobanche crenata* su fava.

Caratteristiche

Le piante di *Orobanche* possono variare da 10 cm a oltre 1 m di altezza, a seconda della specie. Hanno fusti giallastri singoli o ramificati in alcuni casi, completamente carenti in clorofilla e fiori gialli, bianchi o blu-viola simili a una bocca di leone (Figura 2). Queste piante fioriscono generalmente da fine inverno a fine estate producendo una spiga che porta 10-20 fiori nella maggior parte delle specie, ma in alcuni casi molti di più. I frutti sono capsule, ciascuna delle quali produce tra i 500 e i 4000 semi. Considerando la produzione di decine di capsule da ciascuna pianta, anche 1 milione di semi può essere prodotto da una singola pianta. I semi di *Orobanche* sono minutissimi (200-400 µm) e scuri, e possono rimanere dormienti nel terreno per molti anni.



Figura 2. Infiorescenze di *Phelipanche ramosa* su pomodoro.

Ciclo e stimolazione della germinazione

Le orobanche hanno un ciclo vitale che consta di due fasi: una fase di vita indipendente molto breve, che include il condizionamento del seme, la germinazione ed il conseguente consumo di materiale immagazzinato nel seme e la connessione con l'ospite; e una fase di vita parassitaria (Figura 3).

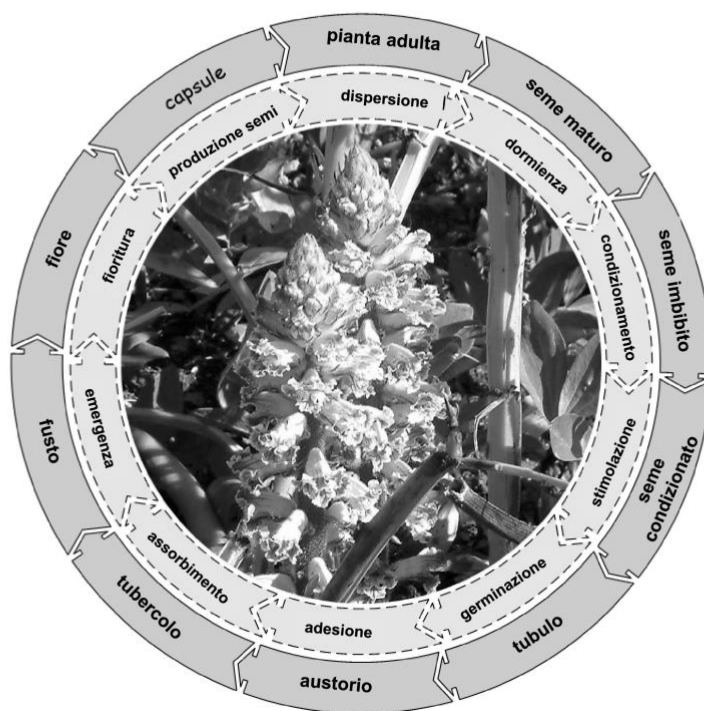


Figura 3. Ciclo vitale delle specie oloparassite radicali.

Quando un seme maturo di *Orobanche* o *Phelipanche* viene esposto all'acqua, il seme si imbibisce in meno di 24 ore. Un ambiente umido è quindi richiesto per diversi giorni, insieme ad una temperatura adeguata, al fine di rendere sensibile alla germinazione il seme imbibito. Alcuni processi metabolici preparatori hanno luogo prima che il seme possa reagire agli stimoli e germinare (Yoneyama et al. 2013). Questa fase preparatoria, nota come "condizionamento", è un processo complesso che consiste

in una serie di eventi, ognuno cruciale per il raggiungimento della germinazione. E' però necessario uno stimolo chimico per innescare la germinazione del seme (Figura 4). Tale stimolo è contenuto negli essudati radicali secreti dalla pianta ospite (stimolanti della germinazione).

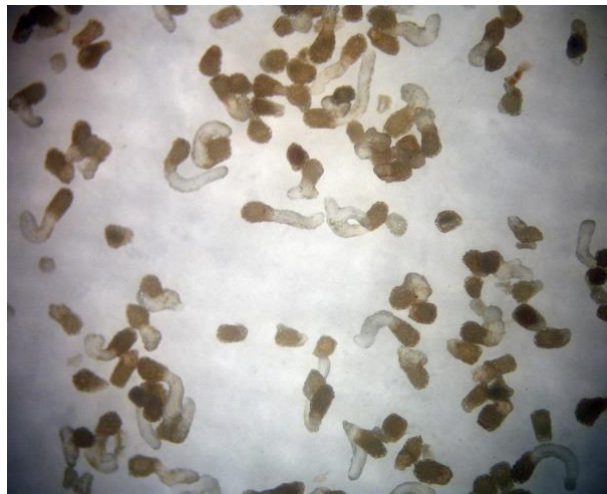


Figura 4. Semi di *P. ramosa* germinati in vitro con somministrazione di uno strigolattone sintetico (GR24).

La natura di questi segnali chimici è stata dimostrata per la prima volta da Cook et al. (Cook et al. 1966), che ha riportato l'isolamento di un metabolita secondario, denominato strigolo, dalle radici di *Gossypium hirsutum* L. (cotone), una pianta non ospite, che ha forti effetti stimolanti sulla germinazione dei semi di *Striga*. Lo strigolo è stato successivamente ritrovato negli essudati radicali di numerosi cereali e in diverse piante dicotiledoni (Yasuda et al. 2003). Molti altri stimolanti della germinazione dei semi di *Orobanchae*, *Phelipanche* e *Striga* spp., strutturalmente correlati allo strigolo ed appartenenti alla cosiddetta classe chimica degli strigolattoni sono stati identificate negli essudati radicali di piante ospiti e non-ospiti (Xie and Yoneyama 2010) negli ultimi anni, anche grazie alla disponibilità di strumentazioni sempre più sensibili e sofisticate, in grado di purificare ed identificare tali sostanze, contenute negli essudati radicali in nanomoli.

Dopo la stimolazione, una radichetta emerge dal seme in grado di accrescersi solo per pochi millimetri. Se nel corso dell'allungamento raggiunge una radice ospite, la radichetta sviluppa delle cellule intrusive che penetrano la radice (Losner-Goshen et al. 1998), formando l'austorio, il ponte fisiologico tra il sistema vascolare dell'ospite e quello del parassita (Joel 2013). Il mancato raggiungimento di una radice ospite porta alla morte del seme germinato. La penetrazione è il primo stadio del contatto intimo tra le cellule dell'ospite e del parassita. Questo è anche l'inizio della fase parassitaria durante la quale il parassita si accresce sottraendo nutrienti e acqua all'ospite. Questa fase è essenziale e cruciale per qualsiasi ulteriore sviluppo del parassita. Dopo la formazione dell'austorio, il parassita sviluppa un tubercolo che si ingrandisce progressivamente utilizzando acqua e nutrienti

dell'ospite. Tale fase sotterranea è la più lunga e dannosa del ciclo. Solo nella fase finale il parassita sviluppa un germoglio che emerge dal terreno, produce fiori e infine semi completando il ciclo vitale.

Strategie di gestione

Il danno prodotto dalle piante parassite deriva principalmente dalla sottrazione di acqua, sostanze minerali e soprattutto fotosintati all'ospite, azione che, nel caso di infestazioni molto gravi, può comportare anche la morte della pianta ospite e la totale perdita del raccolto. Le difficoltà di gestione di tali piante dipende innanzitutto dalla stretta connessione, meccanica e fisiologica, del parassita con l'ospite. Inoltre, la fase dannosa si svolge a livello della rizosfera, dove è difficile valutare la presenza dell'infestante e la gravità della infestazione. Infine, l'enorme quantità di semi prodotti, molto longevi, rende praticamente impossibile eliminare l'infestazione da un terreno, una volta avvenuta. Diversi metodi di controllo per le infestanti parassite sono stati proposti (Parker and Riches 1993; Klein and Kroschel 2002; Joel et al. 2007; Aly 2007; Eizenberg et al. 2012; Goldwasser and Rodenburg 2013). Questi possono essere raggruppati sotto i temi generali degli interventi chimici (erbicidi e sistemi di supporto alle decisioni, stimolanti e inibitori della germinazione dei semi), colturali (rotazione, trap e catch crops, fertilizzazione, trapianto), fisici (solarizzazione), meccanici (diserbo manuale), biologici (funghi e insetti) e biotecnologici (resistenza, nanotecnologie, modellizzazione).

Alcuni di questi metodi mostrano solo una minima o quasi nulla possibilità di successo a causa di una serie di diversi fattori limitanti. Pertanto, sono necessarie ricerche innovative per migliorare le strategie di controllo. Di seguito si danno brevi cenni di tali possibilità.

Germinazione suicida

La comprensione dei meccanismi di produzione degli strigolattoni, rilascio, percezione, ruolo ecologico e biodegradazione dopo il rilascio potrebbe rappresentare un'importante opportunità per l'elaborazione di strategie per una gestione efficace delle infestanti parassite (Vurro and Yoneyama 2012). Ad esempio, considerando l'enorme quantità di semi quiescenti prodotto, una interessante possibilità di gestione a lungo termine potrebbe essere l'introduzione di uno stimolante della germinazione nel terreno, in assenza della pianta ospite, in modo da provocare l'esaurimento del *seed bank* nel tempo. La possibilità di applicare tale modalità di gestione dipenderà soprattutto dalla possibilità di produrre stimolanti sintetici a basso costo e dalla possibilità di veicolarli efficacemente in tutto il profilo del terreno.

Anche le cosiddette trap e catch crops si basano sullo stesso principio di far germinare i semi. Nel primo caso si utilizzano specie non ospiti che producono strigolattoni in grado di far germinare i semi, senza che però possano essere parassitizzate. Le seconde sono invece piante che vengono coltivate in modo da stimolare il più possibile la germinazione e lo sviluppo delle parassite, ma che vengono distrutte prima che queste ultime possano disseminare nuovo seme. Anche in questo caso si tratta però di misure di gestione a lungo termine.

Sostanze naturali

Considerando il ciclo di vita delle infestanti parassitarie, prevenire la germinazione dei semi, impedire lo sviluppo degli austori e deprimere quello dei tubercoli potrebbe essere un obiettivo ideale per una gestione efficace dei parassiti. Numerosi composti naturali sono stati studiati e si sono dimostrati efficaci nell'inibire la germinazione dei semi, ridurre l'allungamento del tubulo germinativo o ostacolare lo sviluppo del tubercolo, e potrebbero essere uno strumento attraente e rispettoso dell'ambiente. Le applicazioni pratiche sono però ancora limitate.

Impiego di nanotecnologie

La nanoformulazione dei prodotti agrochimici può essere una applicazione immediata della nanoscienza nel controllo delle piante parassite. Un rilascio controllato del prodotto agrochimico o di una sostanza naturale, regolato o attivato in determinate circostanze, rende questo approccio molto interessante per gli sviluppi futuri. Diversi nanodispositivi potrebbero essere impiegati, come nanoparticelle, nanocapsule, nanoargille o liposomi (Pérez-de-Luque and Rubiales 2009; Pérez-de-Luque and Hermosín 2013). Il composto attivo è legato su, o contenuto in un nanocarrier, che lo protegge contro la degradazione. Inoltre, alcuni *ligandi* specifici potrebbero essere aggiunti al nanocarrier, consentendo il raggiungimento di obiettivi specifici e/o consentendo il rilascio del composto attivo in determinate condizioni. Ad esempio, la maggior parte dei trattamenti erbicidi contro le piante parassite comporta l'applicazione di un erbicida sistemico attraverso l'ospite per raggiungere il parassita usando il sistema vascolare (Pérez-de-Luque et al. 2010). Un problema comune in questo caso è la fitotossicità contro la coltura agraria. Si potrebbero utilizzare dei nanocarrier che solo quando viene raggiunta la pianta parassita attraverso l'austorio, rilasciano il principio attivo consentendo una azione più specifica ed efficace contro la pianta parassita.

Le nanoformulazioni potrebbero anche migliorare le applicazioni al suolo degli erbicidi a base di sulfonilurea contro le piante parassite. In questo caso di solito sono necessarie diverse applicazioni per ottenere un controllo efficace del parassita (Joel et al. 2007). Tuttavia, se l'erbicida fosse

incapsulato in nanoargille, per esempio, si potrebbe ottenere un rilascio lento e costante durante la stagione colturale, consentendo un migliore controllo della infestante parassita.

Cultivar resistenti

Una delle soluzioni più desiderabili per la facilità di impiego è l'utilizzo della resistenza delle colture (Gressel 2013). Poiché le piante parassite sono veri patogeni che invadono e colonizzano i tessuti, la coevoluzione con gli ospiti ha portato allo sviluppo di interazioni basate sulla suscettibilità e resistenza in un modo simile ad altri fitopatogeni come i funghi. Tuttavia, lo sviluppo di colture resistenti non è un compito facile, e di solito la resistenza completa contro il parassita non è conseguibile, o viene facilmente superata dal parassita dopo alcuni anni.

Un altro approccio è lo sviluppo di cultivar resistenti/tolleranti in seguito ad una minore produzione di stimolanti della germinazione, e quindi in grado di stimolare poco o nulla la germinazione dei semi delle piante parassite, come ottenuto per riso e pomodoro. La manipolazione della biosintesi degli strigolattoni per ridurre il parassitismo non è priva di rischi, in quanto essi hanno altri ruoli nella fisiologia delle piante ospiti (Xie and Yoneyama 2010), come modificarne l'architettura e influire sulla crescita. Per superare questi aspetti negativi, un possibile approccio sarebbe quello di modulare il trasporto degli strigolattoni ed il loro rilascio nella rizosfera piuttosto che cercare di ridurre la biosintesi.

Gli erbicidi utilizzati per la gestione delle infestanti parassite non sono sufficientemente selettivi per le colture. Una possibilità di controllo si può ottenere nel caso di colture resistenti ad un erbicida efficace sulla parassita. Ad esempio sono stati ottenuti ottimi risultati con l'applicazione fogliare di erbicidi che inibiscono gli enzimi EPSPS (glifosate), ALS (imazapir) e THF-A (asulam) (Gressel 2009). Semi di mais resistenti all'imidazolinone confettati con imazapyr sono stati commercializzati per il controllo della Striga (Gressel 2009).

Agricoltura di precisione

Le future applicazioni di erbicidi chimici potrebbero seguire protocolli più rispettosi dell'ambiente. Una possibile strategia è l'agricoltura di precisione e in particolare la gestione sito-specifico delle infestanti (SSWM), basate sull'analisi della infestazione all'interno dei campi, sullo studio, mediante sistemi remoti e di analisi di immagine della distribuzione dei semi e sulla previsione del periodo di massimo sviluppo delle infestanti. Basandosi su tali osservazioni, è possibile avere una applicazione ottimale degli erbicidi in termini di luogo, tempo e quantità (Vurro et al. 2017).

Bibliografia

- Aly R (2007) Conventional and biotechnological approaches for control of parasitic weeds. *Vitr Cell Dev Biol - Plant* 43:304–317. doi: 10.1007/s11627-007-9054-5
- Cook CE, Whichard LP, Turner B, et al (1966) Germination of Witchweed (*Striga lutea* Lour.): Isolation and Properties of a Potent Stimulant. *Science* (80-) 154:1189 LP-1190
- Eizenberg H, Aly R, Cohen Y (2012) Technologies for Smart Chemical Control of Broomrape (*Orobanche* spp. and *Phelipanche* spp.). *Weed Sci* 60:316–323. doi: 10.1614/WS-D-11-00120.1
- Goldwasser Y, Rodenburg J (2013) Integrated Agronomic Management of Parasitic Weed Seed Banks. In: Joel DM, Gressel J, Musselman LJ (eds) *Parasitic Orobanchaceae: Parasitic Mechanisms and Control Strategies*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp 393–413
- Gressel J (2013) Biotechnologies for Directly Generating Crops Resistant to Parasites. In: Joel DM, Gressel J, Musselman LJ (eds) *Parasitic Orobanchaceae: Parasitic Mechanisms and Control Strategies*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp 433–458
- Gressel J (2009) Crops with target-site herbicide resistance for *Orobanche* and *Striga* control. *Pest Manag Sci* 65:560–5. doi: 10.1002/ps.1738
- Joel DM (2013) The Haustorium and the Life Cycles of Parasitic Orobanchaceae. In: Joel DM, Gressel J, Musselman LJ (eds) *Parasitic Orobanchaceae: Parasitic Mechanisms and Control Strategies*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp 21–23
- Joel DM, Hershenhorn J, Eizenberg H, et al (2007) Biology and Management of Weedy Root Parasites. In: Janick J (ed) *Horticultural Reviews*. John Wiley & Sons, Ltd, pp 267–350
- Klein O, Kroschel J (2002) Biological control of *Orobanche* spp. with *Phytomyza orobanchia*, a review. *BioControl* 47:245–277
- Losner-Goshen D, Portnoy VH, Mayer AM, Joel DM (1998) Pectolytic Activity by the Haustorium of the Parasitic Plant *Orobanche L.* (*Orobanchaceae*) in Host Roots. *Ann Bot* 81:319–326
- Parker C, Riches CR (1993) *Parasitic weeds of the world: biology and control*. CAB international, Wallingford
- Pérez-de-Luque A, Eizenberg H, Grenz JH, et al (2010) Broomrape management in faba bean. *F Crop Res* 115:319–328. doi: 10.1016/j.fcr.2009.02.013
- Pérez-de-Luque A, Hermosín CM (2013) Nanotechnology and its Use in Agriculture. In: Bagchi D, Bagchi M, Moriyama H, Shahidi F (eds) *Bio-Nanotechnology: A Revolution in Food, Biomedical and Health Sciences*. John Wiley & Sons, Ltd., pp 383–398
- Pérez-de-Luque A, Rubiales D (2009) Nanotechnology for parasitic plant control. *Pest Manag Sci* 65:540–5. doi: 10.1002/ps.1732
- Vurro M, Pérez-de-Luque A, Eizenberg H (2017) Parasitic weeds. In: *Weed Research: Expanding Horizons*. pp 313–353
- Vurro M, Yoneyama K (2012) Strigolactones-intriguing biologically active compounds: perspectives for deciphering their biological role and for proposing practical application. *Pest Manag Sci* 68:664–8. doi: 10.1002/ps.3257
- Xie X, Yoneyama K (2010) The strigolactone story. *Annu Rev Phytopathol* 48:93–117. doi: 10.1146/annurev-phyto-073009
- Yasuda N, Sugimoto Y, Kato M, Inanaga S (2003) (+)-Strigol, a witchweed seed germination stimulant, from *Menispermum dauricum* root culture. *Phytochemistry* 62:1115–1119
- Yoneyama K, Ruyter-Spira C, Bouwmeester H (2013) Induction of Germination. In: Joel DM, Gressel J, Musselman LJ (eds) *Parasitic Orobanchaceae: Parasitic Mechanisms and Control Strategies*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp 167–194

TECNICHE DI GESTIONE CONVENZIONALE DI *PHELIPANCHE RAMOSA*

MONTEMURRO P.¹, BOSELLI R.², TABAGLIO V.², TESTI V.³

1. Centro di saggio CRSFA “Basile Caramia”, Locorotondo, Bari

2. Dipartimento di Scienze delle Produzioni Vegetali Sostenibili - Università Cattolica del Sacro Cuore, Piacenza

3. Consorzio Fitosanitario Provinciale, Parma

E-mail: pasquale.montemurro@uniba.it

Riassunto

Phelipanche ramosa (L.) Pomel è una pianta annuale oloparassita il cui ciclo vitale dipende totalmente dalla pianta ospite parassitizzata. Infatti, essendo priva di clorofilla e di un apparato radicale proprio, deve assumere dall'ospite acqua, sali minerali e tutti gli elementi nutritivi necessari per la crescita e lo sviluppo.

In Italia meridionale *P. ramosa* era stata segnalata in espansione già dagli inizi del 2000, specialmente nell'agro di Foggia che rappresenta il più importante areale di coltivazione italiano del pomodoro. Negli ultimi anni questa infestante si è ulteriormente diffusa con una veloce progressione, arrivando a interessare una superficie stimata intorno a qualche migliaio di ettari. Al Nord la sua diffusione riguarda soprattutto la provincia di Parma e, più recentemente, quella di Piacenza.

La specie è molto invasiva e di difficile contenimento. Tra i metodi di controllo si annoverano sistemi agronomici di tipo preventivo, quali il ricorso a lunghe rotazioni e l'impiego di colture trappola. Tra i metodi di controllo di tipo chimico si segnala il ricorso alle solfoniluree (tra le quali solo rimsulfuron è autorizzata in Italia per l'impiego su pomodoro), e l'utilizzo di Orodem, un prodotto naturale distribuito in fertirrigazione.

Parole chiave

Phelipanche ramosa; Pomodoro da industria; Metodi preventivi; Rimsulfuron; Orodem.

Summary

Phelipanche ramosa (L.) Pomel is an annual oloparasite plant which life cycle depends totally on the host plant. In fact, it doesn't have chlorophyll and a proper root system, so it must take water and nutritive elements necessary for growth and development from the host.

In Southern Italy, *P. ramosa* have been expanding since the beginning of 2000, specially in the province of Foggia, the most important area for tomato cultivation in Italy. In recent years it has spread further with a rapid progression. In the North its diffusion concerns in particular the province of Parma and, more recently, the one of Piacenza.

The species is very invasive and its restraint is difficult. Control methods include preventive agronomic methods, such as the use of long rotations and the cultivation of catch crops. Among the chemical control methods, the use of sulfonylureas (only rimsulfuron is authorized in Italy for use on tomato,) and the use of Orodem, a natural product distributed via fertigation, are reported.

Keywords

Phelipanche ramosa; Processing tomato; Preventive methods; Rimsulfuron; Orodem.

Introduzione

Phelipanche ramosa (L.) Pomel, (basionimo *Orobanche ramosa* L.), una specie oloparassita aclorofillata, comunemente chiamata “sporchia del pomodoro” e “succiamela ramosa”, è attualmente presente in diversi areali italiani di coltivazione del pomodoro da industria e talvolta nelle colture suscettibili che lo seguono nell’avvicendamento. Specie molto invasiva, in caso di forti e precoci attacchi *P. ramosa* può causare la morte delle piante di pomodoro; generalmente è particolarmente dannosa in termini sia quantitativi che qualitativi, com’è risultato in un lavoro di Zonno *et al.* (2000) condotto in due località della provincia di Foggia, in cui sono stati registrati decrementi produttivi fino al 40% e riduzioni dell’indice rifrattometrico anche del 30%.

Diffusione

Le prime segnalazioni della sua crescente diffusione sono arrivate dalla Puglia, specialmente per quanto riguarda l’areale foggiano, uno dei più importanti per la coltivazione del pomodoro da industria. Già dagli inizi degli anni 2000 Montemurro (2000) e Zonno *et al.* (2000) hanno accertato la presenza su pomodoro non solo nel foggiano, ma anche in alcuni comuni delle province di Bari, Brindisi, e Taranto in Puglia, di Matera e Potenza in Basilicata, e di Chieti in Abruzzo. Alcune infestazioni sono state rilevate anche su altre orticole come insalata e peperone (Tabella 1). In questi ultimi anni, *P. ramosa* si è ulteriormente diffusa nelle coltivazioni di pomodoro da industria del foggiano con una veloce progressione, arrivando ad interessare una superficie stimata intorno ad alcune migliaia di ettari (Montemurro e Fracchiolla, 2015); sempre in provincia di Foggia è stata osservata anche su cavolfiore e su cavolo broccolo (Fracchiolla *et al.*, 2001). Da indagini eseguite tra il 2016 ed il 2017 (dati non pubblicati), sono stati individuati altri comuni pugliesi, campani e molisani in cui la parassita è stata rinvenuta sia nel pomodoro che nelle coltivazioni di sedano, carota, prezzemolo e camomilla.

Nell’Italia Centrale, una recente indagine (dati non pubblicati) ha individuato delle aree infestate nel Lazio, in agro di Tarquinia, Tuscania e Montalto di Castro, comuni della provincia di Viterbo (Tabella 2).

Nel Settentrione, l’area di maggior diffusione di *P. ramosa* era rappresentata dalla zona pedecollinare della provincia di Parma (Tabella 2), seppure con infestazioni di limitata intensità; recentemente però l’areale della parassita si è considerevolmente esteso, espandendosi anche a nord della via Emilia (bassa parmense) e sconfinando nella provincia di Piacenza (Testi *et al.*, 2015); queste due province rappresentano l’area con la maggiore superficie (circa 15.000 ha) dedicata alla coltivazione del pomodoro da industria nel distretto del Nord Italia (Paris e Tabaglio, 2017).

Nella presente nota si è inteso innanzitutto evidenziare l'attuale diffusione di *P. ramosa* nella coltivazione di pomodoro ed in altre colture suscettibili alla sua parassitizzazione, ed alcuni dei motivi della sua dinamica evolutiva. Sono quindi stati riportati i risultati di alcune ricerche miranti al controllo chimico della parassita. Infine sono indicate le tecniche utilizzabili a scopo preventivo, valide per tutte le colture parassitizzabili, miranti ad evitare l'ingresso della parassita in aree in cui essa non sia ancora presente o a contenerne la diffusione dove già esistente. Per quanto riguarda il pomodoro, inoltre, sono stati citati due prodotti disponibili in commercio che consentono un controllo diretto dell'Orobanche.

Dinamica evolutiva

Il bacino del Mediterraneo, considerato il centro di origine di *P. ramosa*, è anche l'area di maggior diffusione della specie (Parker e Riches, 1993). La grande espansione di questa parassita in Italia, come in altri paesi del bacino del Mediterraneo, è dovuta sia ad una dinamica evolutiva legata ad alcune sue particolarità bio-ecologiche, sia al fatto che solo da pochi anni in Italia sono disponibili prodotti in grado di contenerne efficacemente l'infestazione. Tali prodotti sono autorizzati solo per la coltura del pomodoro, mentre per le altre colture suscettibili non vi sono prodotti disponibili, per cui è possibile fare ricorso solo a metodi preventivi.

Principali aspetti bio-ecologici

Il potenziale di produzione dei semi di *P. ramosa* è altissimo (Parker e Riches, 1993), in quanto ogni pianta può formarne fino a 500.000 (Zimdahl, 1993), di dimensioni molto ridotte ($0,35 \times 0,25 \mu\text{m}$). I semi possono rimanere vitali nel terreno fino a 12 anni (Linke e Savena, 1989; Eizenberg *et al.*, 2013). Date le ridottissime dimensioni, la propagazione dei semi avviene molto facilmente ad opera del vento, ma è veicolata anche dalle acque irrigue, dallo spandimento di reflui contaminati e dalle macchine agricole usate per la lavorazione del terreno, per i trattamenti e per la raccolta meccanica; quest'ultima specialmente, eseguita tagliando le piante a livello del colletto, dove sono presenti anche i fusti della sporchia, ne aumenta grandemente la possibilità di diffusione (Goldwasser e Rodenburg, 2013; Yaacoby *et al.*, 2015). Infine, un ulteriore motivo di diffusione può essere costituito dal materiale vivaistico, qualora dei semi della parassita siano presenti nel substrato in cui sono allevate le piantine di pomodoro o di altre colture.

Tabella 1. Italia Meridionale: elenco delle colture e dei Comuni e in cui è stata accertata la presenza di *Phelipanche ramosa*.

Situazione tra il 2000 ed il 2001 (Zonno <i>et al.</i> , 2000)	Situazione tra il 2016 ed il 2017 (Dati non pubblicati)
POMODORO <i>Puglia</i> Altamura, Bisceglie, Canosa, Loconia, Minervino Murge (BA); Mesagne, Torre Santa Susanna (BR); Apricena, Ascoli Satriano, Borgo Cervero Carapelle, Cerignola, Lucera, Orta Nova, Torremaggiore (FG); Chiatona (TA) <i>Campania</i> Apice (BN); Casal di Principe, Santa Maria la Fossa, Villa di Briano, Villa Literno (CE); Battipaglia, Bellizzi, Frignano, Nocera Inferiore, Pontecagnano (SA) <i>Basilicata</i> Marconia, Policoro (MT); Lavello, Montemilone, Palazzo San Gervasio, San Nicola di Melfi (PZ) <i>Abruzzo</i> Fossacesia, Paglieta, Torino di Sangro (CH) TABACCO <i>Puglia</i> Andria (BA); Mesagne, Torre Santa Susanna (BR); Martano, Martignano, Monteroni (LE) INSALATA E PEPERONE <i>Puglia</i> Torre Santa Susanna (BR) CAVOLFIOR E CAVOLO BROCCOLO <i>Puglia</i> (da Fracchiolla <i>et al.</i>, 2001) Orta Nova (FG)	POMODORO <i>Puglia</i> Foggia, San Severo, Torremaggiore, Apricena, San Paolo di Civitate, Lesina, Sannicandro Garganico, Poggio Imperiale, Arpinova, Tavernola, Borgo Mezzanone, Manfredonia, San Giovanni Rotondo, Rignano Garganico, Borgo Incoronata, Stornara, Stornarella, Ortona, Castelluccio dei Sauri, Candela (FG) CAVOLO BROCCOLO Foggia, Arpinova, Tavernola, Borgo Mezzanone, Borgo Incoronata, Stornara, Stornarella, Ortona, Castelluccio dei Sauri (FG) FINOCCHIO San Severo, Apricena, San Paolo di Civitate, Lesina, Sannicandro Garganico, Poggio Imperiale (FG) SEDANO E INSALATE Apricena (FG) PEPERONE E MELANZANA Foggia MELONE Lucera (FG) PREZZEMOLO Conversano (BA) POMODORO E FINOCCHIO <i>Molise</i> Campomarino, San Martino in Pensilis, Portocannone (CB)

Ricerche sperimentali sul controllo agronomico e chimico

In letteratura sono presenti i risultati di numerosi lavori, condotti soprattutto all'estero, che hanno affrontato la problematica di questa parassita del pomodoro con approcci di tipo diverso, da soluzioni di tipo agronomico, chimico e biologico, denotando un elevato interesse sull'argomento, considerando i dannosi effetti che tale parassita determina, specialmente in alcuni Paesi del Mediterraneo.

Tabella 2. Italia Centro-settentrionale: elenco dei Comuni e delle colture nelle quali è stata accertata la presenza di *Phelipanche ramosa*.

Situazione tra il 2016 ed il 2017 (Zonno <i>et al.</i> , 2000)	Situazione tra il 2016 ed il 2017 (Dati non pubblicati)
POMODORO	Emilia-romagna
Lazio	Collecchio, Carignano, Corcagnano, S. Martino
Tarquinia, Tuscania, Montalto di Castro (VT)	Sinzano, Sala Baganza, Felino, Mamiano, Traversetolo, Vigatto, Gaione, Panocchia, Pilastro, Vicofertile, Madregolo, Lemignano, Malandriano, Parma, Samboseto, Busseto, Roncole Verdi, Ravadese, Sorbolo, Baganzola, Torrile, Fontevivo, Noceto, Ponte Taro, Fontanellato, Sissa, Soragna, Fidenza, Roccabianca, Zibello (PR); Cortemaggiore, Alseno, Cadeo, Carpaneto Piacentino, S. Giorgio Piacentino, Podenzano (PC)

Tra le sperimentazioni che hanno testato l'impiego degli erbicidi per il controllo chimico di *P. ramosa* nel pomodoro, il lavoro effettuato in serra da Quasem *et al.* (1998) ha evidenziato come chlorsulfuron è in grado di esprimere, a confronto con oltre una decina di sostanze attive, il massimo grado di controllo del parassita con la minore fitotossicità. In Italia, Montemurro *et al.*, (2005) hanno testato l'impiego di glyphosate a microdosi variabili da 18 a 54 g ha⁻¹ di s.a., applicate mediante un numero massimo di quattro interventi, eseguiti a partire da una decina di giorni dopo il trapianto e distanziandoli di dieci giorni circa l'uno dall'altro: i dati hanno permesso di evidenziare un'elevata riduzione del numero dei turioni della parassita ed un'ottima selettività nei confronti delle piante del pomodoro già con 3 o 4 interventi, indipendentemente dalla dose utilizzata. Il doppio trattamento con solfoniluree (rimsulfuron, già registrato su pomodoro, sulfosulfuron ed halosulfuron metile) ha garantito un contenimento dell'infestazione superiore al 70% rispetto al testimone non trattato in prove eseguite da Testi *et al.* (2015 e 2017). Recentemente buoni risultati sono stati ottenuti in prove

realizzate in agro di Foggia e di Parma, su pomodoro da industria, impiegando in fertirrigazione Dema ed Orodem, due formulati siglati contenenti frazioni di origine vegetale: tali risultati sono apparsi superiori a quelli mostrati dall'impiego di rimsulfuron (Testi et al., 2018).

Altri tentativi hanno riguardato la predisposizione di tecniche della cosiddetta “germinazione suicida”, la quale consiste nella distribuzione sul terreno di sostanze in grado di stimolare la germinazione dei semi della parassita in assenza dell'ospite e la conseguente riduzione della *seed bank* (Rubiales et al., 2009).

Sono inoltre riportati in letteratura alcuni tentativi, nessuno dei quali ben riuscito, su ricerche atte ad individuare varietà di pomodoro resistenti (Sobrino-Vesperinas, 1985) o a costituirle attraverso incroci (Pustovoit, 1976; Cubero, 1991) oppure mediante metodi transgenici (Batcvarova et al., 1998), selezionando varietà geneticamente modificate resistenti alla parassita. Sono inoltre emersi risultati soddisfacenti da ricerche riguardanti la solarizzazione e la fumigazione, ma non sono stati riportati, in quanto non proponibili per il pomodoro da industria, come per altre colture da pieno campo.

La gestione convenzionale

È basata essenzialmente su metodi di tipo preventivo per tutte le colture parassitizzabili, mentre solo per il pomodoro risulta possibile eseguire degli interventi che limitino direttamente l'instaurarsi dell'infestazione. È opportuno evidenziare che quando l'inoculo è già presente negli appezzamenti, l'affidamento a strategie di tipo agronomico, come l'avvicendamento colturale o l'alternanza di lavorazioni del terreno a profondità diversificate risulta poco efficace, in considerazione della lunga vitalità dei semi e dormienza dei semi.

La prevenzione deve essere praticata già in vivaio, dove deve essere prestata molta attenzione ai substrati in cui vengono allevate le piantine. Questi devono essere assolutamente esenti dai semi della sporchia: nell'incertezza è bene sterilizzare i substrati stessi con vapore al fine di evitare che i semi dell'orobanche si diffondano attraverso il materiale di propagazione. Per quanto riguarda gli agricoltori, gli obiettivi principali dell'applicazione di metodi preventivi consistono innanzitutto nell'impedire che i semi della parassita arrivino nei campi esenti dalla sua presenza e, nel caso di appezzamenti già invasi, nel cercare di limitare i livelli di infestazione e provare a ridurre la *seed bank*.

Appezzamenti non ancora infestati

Al fine di limitare la propagazione dell'Orobanche è opportuno:

- a) utilizzare reflui esenti da semi della sporchia, lavare molto bene i mezzi di lavoro (trattori, aratri, sarchiatrici, ecc.) ed in particolare le raccogliatrici meccaniche che hanno lavorato in campi infestati anche solo vicini a quelli già interessati dalla parassita;
- b) qualora non si irriga con metodi localizzati (a goccia) filtrare le acque, specialmente quelle provenienti da invasi, per eliminare eventuali semi;
- c) utilizzare letame esente dai semi della parassita (Goldwasser e Rodenburg, 2013).

Appezzamenti infestati per la prima volta o già interessati dall'infestazione

Tenendo presente quanto indicato per gli appezzamenti non ancora infestati, è consigliabile:

- a) nel caso di un'infestazione comparsa per la prima volta, eseguire a fine raccolta un'aratura profonda, a una profondità di almeno 40 cm, e con buon rovesciamento delle fette, tale da portare in profondità i semi di sporchia. Successivamente, nelle colture in successione si devono eseguire lavorazioni meno profonde, allo scopo di non riportare in superficie i semi della parassita;
- b) considerata la grandissima quantità di seme producibile da parte delle piante della sporchia, eliminare i turioni prima che abbiano prodotto i semi. Pertanto, fino a quando possibile, è bene distruggere i turioni mediante sarchiature meccaniche tra le file. Risultano utili, per quanto onerose, le scerbature manuali in vicinanza delle piante di pomodoro, portando i turioni fuori dai campi, in quanto i turioni rimossi possono essere in grado di portare comunque a buon fine la formazione dei semi e quindi la disseminazione;
- c) inserire negli avvicendamenti le *cacth crop*, ossia "colture trappola", cioè quelle specie di piante capaci di stimolare la germinazione dei semi di *P. ramosa*, ma senza lasciarsi poi parassitizzare: pisello, soia, fagiolo, erba medica, mais, sorgo e aglio sono tra queste e consentono di ridurre in una certa misura la carica di semi di sporchia presente nel terreno (Linke e Saxena, 1991).

Conclusioni

Allo stato attuale, è possibile ed addirittura indispensabile agire secondo i criteri, essenzialmente di tipo preventivo, precedentemente esposti, atti ad evitare l'ingresso della parassita in aree non ancora infestate ed a ridurre la *seed bank*.

Sarebbe utile che tali metodologie fossero inserite nei Disciplinari di Produzione Integrata delle Regioni interessate dalla problematica. Le stesse organizzazioni di produttori di pomodoro potrebbero farsi carico di “comunicare” un *vademecum* del tipo sopra riportato, o comunque una serie di “raccomandazioni” utili per evitare l'ulteriore diffusione della sporchia, che porti in definitiva ad una maggiore conoscenza e sensibilizzazione riguardo la problematica.

In definitiva, è essenziale che si inizi nell'immediato a fare qualcosa di razionale e strategico per affrontare razionalmente la problematica determinatasi a causa della *P. ramosa*, specialmente nelle coltivazioni di pomodoro dove è possibile ricorrere al rimsulfuron o all'Orodem. Qualora non si opererà in questi termini, aumenterà sicuramente l'infestazione nei terreni in cui tale parassita è già presente, insieme alla certissima espansione in altri areali, fatto che potrebbe verosimilmente nel giro di pochissimi anni rendere non più economica specialmente nelle altre sopra citate importanti specie orticole industriali.

Ringraziamenti

Si ringrazia il P.A. Salvatore Demaria della LEA Agricoltura per le preziose informazioni fornite sulla diffusione della sporchia.

Bibliografia

- Batchvarova R, Slavov S, Valkov S, Valkov V, Atanassova S, Atanassova A (1998). Control of *Orobanch* spp. by herbicides resistant crop; an example with transgenic tobacco. In: *Proceedings of EWRS Mediterranean Symposium*, Montpellier, 153-154.
- Eizenberg H, Hershenhorn J, Ephrath J, Kanampiu F (2013). Chemical control, 415-432. In: D. M. Joel, J. Gressel, and L. J. Musselman, (a cura di), *Parasitic Orobanchaceae: Parasitic Mechanisms and Control Strategies*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Fracchiolla M, Boari A (2000). Effetti dell'infestazione di *Orobanch* *ramosa* sulla produzione di pomodoro e cavolfiore. *Informatore Fitopatologico* 2: 52-54.
- Goldwasser, Y. e Rodenburg, J. (2013). Integrated agronomic management of parasitic weed seed banks, 393-413. In: D. M. Joel, J. Gressel, and L. J. Musselman, (a cura di), *Parasitic Orobanchaceae: Parasitic Mechanisms and Control Strategies*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Linke KH, Sauerborn J, Saxena M C (1989). *Orobanch* *Field Guide*. F & T Mullerbader, Germany.
- Linke KH, Saxena MC (1991). Toward an integrated control of *Orobanch* spp. in some legume crops, 248-256. In: Wegmann K, Musselman LJ (a cura di), *Proceedings of the International Workshop on Orobanch* Research. Obermarchtal, Germany.

- Montemurro P (2000). *Orobanche ramosa* in espansione al Sud. *Terra e Vita* 41 (27 Suppl.): 39-40.
- Little DL, Shaner DL (1991). Absorption and translocation of the imidazolinone herbicides, 53-69: The Imidazolinone Herbicides. In: Shaner, DL e O'Conner S.L. (a cura di), *The Imidazolinone Herbicides*. Boca Raton, FL, CRC Press.
- Montemurro P, Fracchiolla M, Lasorella C, Caramia D (2005). Preliminary results on the control of *Orobanche ramosa* L. with glyphosate in tomato. 13th European Weed Research Symposium (EWRS), 19-23 Giugno, Bari.
- Montemurro P, Fracchiolla M, Caramia D (2006). In vitro Experiments on the control of *Orobanche ramosa* L. with glyphosate in tomato, 52-53. Workshop on "Parasitic Plant Management in Sustainable Agriculture", 23-24 Novembre, Atene.
- Montemurro P, Fracchiolla M (2013). Caso studio sulle dinamiche evolutive della vegetazione infestante e sulla gestione integrata: il caso studio della *Phelipanche ramosa* (L.) Pomel nel pomodoro da industria nella Capitanata, 137-148. Atti XIX Convegno Biennale S.I.R.F.I., 17 Dicembre, Bologna.
- Montemurro P, Boari A, Fracchiolla M (2001). The Broomrape problem in Italy. Workshop on The State of the Art in *Orobanche* Control, 18-20 Ottobre, Bari. Abstract disponibile al link: <http://cost849.ba.cnr.it>.
- Parker C, Riches CR (1993). *Parasitic Weeds of the World: Biology and Control*. CAB International, Wallingford, UK, pp. 332.
- Paris P, Tabaglio V (2017). Rinnovare il pomodoro da industria, 28-59. In: Canali G e Tabaglio V (a cura di), *Pomodori*. Edizioni Scritture, Piacenza, pp. 192. ISBN 978-88-89864-71-5.
- Pustovoit VS (1976). Selection, seed culture and some agrotechnical problems of sunflower INSDOC, Delhi.
- Quasem JR (1998). Chemical control of branched broomrape (*Orobanche ramosa*) in glasshouse grown tomato. *Crop protection* 17(8): 625-630.
- Rubiales D, Fernandez-Aparicion M, Wegmann K, Joel DM (2009). Revisiting strategies for reducing the seedbank of *Orobanche* and *Phelipanche* spp. *Weed Research*: 49 (Suppl. 1): 23-33.
- Sahile G, Abebe G, Al-Tawaha AR (2005). Effect of soil solarization on *Orobanche* soil seed bank and tomato yield in Central Rift Valley of Ethiopia. *World Journal of Agricultural Sciences* 1: 143-147.
- Sobrino-Vesperinas E (1985). Search for resistance to *Orobanche ramosa* L. in rapeseed. *Cruciferae Newsletter*, 10: 120-121.
- Testi V, Chiusa B, Boselli R, Fiorini A, Marocco A, Tabaglio V (2015). *Orobanche* nel pomodoro: strategie di contenimento. *L'Informatore Agrario* 71(7): 60-63.
- Testi V, Chiusa B, Boselli R, Fiorini A, Marocco A, Tabaglio V (2016). *Orobanche*, buon contenimento con solfoniluree su pomodoro. *L'Informatore Agrario* 72(9): 64-66.
- Testi V, Delvago C, Colla R, Boselli R, Ardenti F, Tabaglio V, Montemurro P (2018). Nuove esperienze di contenimento dell'*Orobanche* (*Phelipanche ramosa*) nel pomodoro da industria. *ATTI Giornate Fitopatologiche*, 1: 573-578.
- Zonno M C, Montemurro P, Vurro M (2000). *Orobanche ramosa*, un'infestante parassita in espansione nell'Italia meridionale. *Informatore Fitopatologico*: 50(4): 13-21.

BIOLOGIA E GESTIONE DI *CYPERUS ESCULENTUS* NELLE DIVERSE COLTURE AGRARIE

MILAN M.¹, VIDOTTO F.¹, SCARABEL L.², FERRERO A.¹

1 DISAFA, Università di Torino

2 Istituto di Biologia Agroambientale e Forestale (IBAF) - CNR, Legnaro (PD)

E-mail: marco.milan@unito.it

Riassunto

C. esculentus è una specie infestante caratterizzata da una crescente diffusione negli areali agricoli italiani, in particolare in quelli padani. La notevole plasticità adattiva di questa ciperacea, insieme alla sua forte invasività, garantiscono a questa specie un elevato adattamento a diverse tipologie di suoli, così come a condizioni di siccità, di asfissia e di limitate risorse nutritive. In queste condizioni, la gestione di questa specie deve necessariamente basarsi sull'impiego combinato dei diversi strumenti di contenimento disponibili (agronomici, fisici, meccanici e chimici).

Il controllo chimico rappresenta la tecnica attualmente più utilizzata per la sua capacità di unire all'efficacia, la rapidità di azione. Tuttavia, le poche sostanze attive efficaci nei confronti di *C. esculentus* sono autorizzate per l'impiego su un numero esiguo di colture ed inoltre la maggior parte di esse appartiene al gruppo degli ALS-inibitori, caratterizzato da un elevato rischio di insorgenza di fenomeni di resistenza. Nella gestione di *C. esculentus* è quindi fondamentale mettere in atto tutte le pratiche che consentono di prevenire l'introduzione della malerba ed intervenire prontamente per eliminarla quando essa inizia ad insediarsi, ricorrendo preferibilmente ai prodotti in grado di devitalizzarla completamente, anche negli organi sotterranei di propagazione.

Parole chiave

Tuberi; Zigolo dolce; Specie perennante; Strategie di lotta; Resistenza.

Summary

C. esculentus is a weed species characterized by an increasing spread in Italian agricultural areas, especially in the Po Valley. The strong adaptive plasticity of this species results in a high adaptation to different soil types and pedoclimatic conditions. The management of this species should be based on the combined use of the various available tools (agronomic, physical, mechanical and chemical). Chemical control represents the most used technique for its ability to combine efficacy and rapidity of action. However, only few active substances, currently available on the market, are effective against *C. esculentus*. In addition, they are authorized for use only on a limited number of crops and most of them belong to the ALS-inhibitors group, which is characterized by a high risk of development of herbicide-resistance. Considering all this, to manage *C. esculentus* it is therefore essential to implement all the available practices to prevent the weed settlement, and promptly eliminate them when new infestation patches appear within the fields, preferably by using non-selective herbicide in order to devitalize all the vegetative system of the plant.

Keywords

Tubers; Yellow nutsedge; Invasive weeds; Perennial weed; Control strategies; Resistance.

Introduzione

In molte colture il raggiungimento di adeguati risultati produttivi è strettamente legato alla corretta gestione della flora infestante. La competizione esercitata dalle malerbe può infatti determinare una sensibile contrazione delle rese, con inevitabili effetti sfavorevoli sulla redditività aziendale (Oerke, 2006). In colture come il mais o la soia l'ampia disponibilità di erbicidi a largo spettro di azione, unitamente al ricorso a buone pratiche agronomiche consente generalmente di controllare efficacemente le infestazioni (Ferrero, Pozzi et al., 2016). La lotta meccanica, eseguita mediante interventi di sarchiatura, rincalzatura o strigliatura, può rappresentare in contesti quali quello dell'agricoltura biologica, l'unica anche se non sempre efficace, soluzione percorribile, mentre nell'agricoltura convenzionale, può costituire una valida integrazione al mezzo chimico.

Tra le criticità emergenti nel campo della lotta alle piante infestanti delle colture agrarie, è certamente da annoverare la rapida e crescente diffusione di nuove specie infestanti, molte delle quali caratterizzate da un elevato grado di invasività. Tra queste è da segnalare *Cyperus esculentus* L., ciperacea perenne in rapida diffusione anche nel nostro paese.

Cyperus esculentus o zigolo dolce è una specie a distribuzione subtropicale, ora diffusa anche nelle zone temperato-calde. In Italia, è presente in numerose regioni, lungo il Po, la costa Tirrenica e in zone di pianura dell'Italia del sud (Pignatti, 1982). *C. esculentus* è una specie invasiva lungo le rive del delta del Po dove colonizza terreni umidi, ambienti fluviali e dune di sabbia (Pellizzari e Verloove, 2017). La sua presenza è stata osservata anche nelle aree coltivate, rimanendo però confinata ai margini della coltura o lungo i canali irrigui. Solo recentemente, *C. esculentus* ha iniziato ad espandersi all'interno degli appezzamenti coltivati diventando, in alcuni casi, la specie prevalente della comunità di malerbe e destando pertanto grande preoccupazione.

La presenza di questa infestante in alcuni areali agricoli del Nord Italia ha ormai assunto una dimensione tale da determinare serie ripercussioni sulla produttività agricola, in particolare in colture fortemente penalizzate dalla competizione esercitata dalle infestanti, quali ad esempio le orticole. Secondo uno studio condotto da Keeley (1987), *C. esculentus* può provocare nelle colture agrarie perdite di produzione prossime anche al 90% (Figura 1). La diffusione di questa malerba nelle aree coltivate della Pianura Padana è stata anche favorita dalla limitata efficacia dei programmi di diserbo comunemente adottati dagli agricoltori per contenere lo sviluppo, in particolare in colture come il mais e la soia.

C. esculentus è una specie perenne, geofita, estiva con ciclo fotosintetico C₄. La maggior efficienza fotosintetica delle piante C₄ rispetto alle piante C₃ fornisce un vantaggio in condizioni di stress idrico, alte temperature ed elevate intensità luminose come accade ad es. nei terreni sabbiosi. La riproduzione di questa specie avviene per impollinazione incrociata (allogama). Alle nostre latitudini, si ritiene che

il ruolo dei semi nella diffusione di questa specie sia piuttosto limitato (Holm et al., 1977): le piante producono un numero variabile di semi e spesso questi sono poco fertili, generando delle plantule poco vigorose che non sono in grado di sopravvivere in pieno campo. Al contrario, la moltiplicazione vegetativa attraverso i tuberi ipogei riveste un'importanza notevole. Germogliando, ogni tubero emette nuovi rizomi che formano, alle loro estremità, nuovi tuberi e quindi nuovi germogli. Durante una stagione vegetativa, pertanto, centinaia di nuovi tuberi di dimensione compresa tra 0,5 e 2 cm possono essere prodotti ed infestare così un campo coltivato. Le condizioni ambientali influiscono sul momento d'inizio della formazione dei tuberi (Follak et al., 2016). In autunno, gli organi superficiali delle piante e i rizomi muoiono e i tuberi, appena formati, devono svernare per poter poi germinare a fine primavera, quando le temperature del suolo aumentano e superano i 12 °C e il terreno è sufficientemente umido. I tuberi possono persistere nel terreno per alcuni anni (si stima attorno ai 4 anni) e sono in grado di tollerare periodi di siccità ma sono suscettibili alle basse temperature durante la stagione invernale (Follak et al., 2016). Per la sua aggressività dovuta all'alta scalarità e densità di emergenza e per la persistenza dei suoi tuberi nel terreno è stata inserita nella lista delle specie invasive più pericolose dell'*European and Mediterranean Plant Protection Organization* (EPPO, 2018).



Figura 1. Infestazione di *Cyperus esculentus* in mais (a) e in soia (b). L'ingresso di questa malerba nei campi coltivati prende avvio generalmente dai margini degli stessi e si propaga progressivamente verso l'interno grazie alle lavorazioni meccaniche.

Strategie di lotta agronomica

Il controllo delle infestazioni di *C. esculentus* può essere realizzato facendo ricorso a diverse pratiche agronomiche, nell'ambito delle quali il diserbo chimico gioca un ruolo fondamentale sia nel breve che nel lungo termine. I migliori risultati nella gestione di questa malerba possono essere raggiunti mediante l'adozione di strategie integrate basate sull'applicazione combinata di misure preventive e strumenti diretti di contenimento. I principali aspetti legati alle colture che possono influenzare l'invasività del *C. esculentus* sono:

- Azione competitiva della coltura;
- Varietà;
- Rotazione colturale;
- Densità della coltura;
- Data di semina;
- Fertilizzazione;
- Periodo di assenza di infestazione;
- Modalità di insediamento della coltura (Trapianto/semina diretta).

C. esculentus è una specie tendenzialmente eliofila, e di conseguenza il suo sviluppo, espresso in termini di biomassa epigeica e ipogeica (tuberi e rizomi), può subire significative riduzioni in presenza di elevato ombreggiamento (Ghafar e Watson, 1983; Patterson, 1982). La velocità con la quale la biomassa epigeica delle colture si sviluppa ed intercetta la luce è indubbiamente influenzata dalle pratiche agronomiche adottate e dalle condizioni ambientali (Keeley e Thullen, 1978). Tuttavia colture in grado di sviluppare rapidamente una densa "canopy" nelle settimane successive alla semina, intercettando gran parte della PAR riducono sensibilmente lo sviluppo di *C. esculentus* (Keeley e Thullen, 1978). Il maggiore vigore competitivo di *C. esculentus* in presenza di colture caratterizzate da una ridotta "canopy" è indicato anche da Cherry (1973). In uno studio condotto negli Stati Uniti da Keeley e Thullen (1978) tra il 1974 e il 1975, le colture caratterizzate dai più elevati livelli di intercettazione luminosa e quindi quelle che hanno manifestato una più importante azione competitiva e soppressiva nei confronti del cipero sono risultate l'erba medica, l'orzo, il mais, la patata e il cartamo. In una coltura come il mais in presenza di una buona gestione colturale, il semplice ombreggiamento determinato dalla biomassa della coltura può assicurare un adeguato controllo dell'infestazione di *C. esculentus* (Johnson e Mullinix, 1997).

Anche in relazione al livello di infestazione iniziale, l'azione soppressiva di queste colture non si esplica certamente in una sola stagione colturale ma si deve protrarre per almeno 2-5 anni. L'erba medica, in particolare, è la coltura con il potenziale soppressivo più interessante (Keeley e Thullen, 1978; Keeley et al., 1979). A differenza delle altre colture citate, l'erba medica è una specie poliennale, capace di assicurare una buona copertura vegetale lungo tutto l'arco della stagione

culturale. La disponibilità luminosa aumenta significativamente solo nelle prime settimane successive agli sfalci. Nelle altre colture, invece, la copertura offerta dalla biomassa vegetale è determinante nelle fasi centrali del breve ciclo culturale (es. in mais e patata). In queste condizioni la sola azione soppressiva esercitata dalle colture può non essere sufficiente e si rende necessario un intervento di contenimento con un prodotto erbicida in post-emergenza (Keeley e Thullen, 1978).

Per alcune colture il periodo critico di competizione può estendersi per buona parte del ciclo culturale. È questo il caso delle liliacee, come ad esempio la cipolla, dove la ridotta biomassa sviluppata dalla coltura non rappresenta un limite allo sviluppo della ciperacea. L'effetto competitivo si traduce non solo in una riduzione della resa totale per ettaro di superficie, ma anche in una ridotta dimensione dei bulbi, aspetto che nel caso della cipolla o di altre liliacee costituisce un elemento fondamentale di valutazione merceologica (Keeling et al., 1990). Alcuni studi hanno altresì ben evidenziato la diversa durata della competizione tollerata nei confronti di *C. esculentus* in diverse colture. Secondo Patterson et al., (1980), nel caso della coltivazione del cotone non irriguo gli interventi di controllo di *C. esculentus* devono protrarsi per almeno 10 settimane dopo la semina.

Alcuni studi hanno valutato anche gli effetti allelopatici indotti da *C. esculentus* in alcune colture. Drost e Doll (1980) hanno studiato gli effetti di estratti di tuberi e foglie di *C. esculentus* sullo sviluppo del mais e della soia. A parità di concentrazione le maggiori riduzioni di sviluppo sono state osservate nella soia, mentre per quanto riguarda la tipologia di estratto, quello proveniente dai tuberi ha fatto rilevare una maggiore azione allelopatica rispetto a quello derivato dalle foglie. Anche la tipologia di substrato e la relativa prossimità degli estratti ai semi delle colture in germinazione sono risultati fattori in grado di favorire il potenziale allelopatico (Drost e Doll, 1980).

La scelta varietale, oltre che facilitare o rendere meno dispendiosa la difesa fitosanitaria, può in alcuni casi rappresentare una strategia di contrasto dell'infestazione di *C. esculentus*. Le varietà caratterizzate da una rapida emergenza e dalla capacità di formare e mantenere a lungo una fitta biomassa sono meno soggette all'azione competitiva da parte di *C. esculentus* e talvolta sono anche in grado di esercitare un'azione soppressiva (Keeley, 1987).

Come per le altre specie infestanti, anche la gestione della fertilizzazione può avere un ruolo importante nello sviluppo della malerba. Stati di carenza nutrizionale possono talvolta favorire lo sviluppo delle infestanti, che generalmente sono più abili della coltura a sfruttare le risorse nutritive. In contesti specifici, quali ad esempio i tappeti erbosi, un'elevata dotazione azotata favorisce lo sviluppo delle graminacee, che risultano quindi più competitive nei confronti del cipero (De Datta e Jereza, 1976; Tweedy et al., 1975).

Anche la tipologia di sistema culturale adottato può influenzare la diffusione e l'impatto competitivo di *C. esculentus*. Sistemi culturali caratterizzati dalla presenza di specie con un elevato potenziale

competitivo nei confronti delle malerbe come il mais, l'orzo o l'erba medica, possono sfavorire o comunque limitare fortemente le ricadute produttive legate alle infestazioni di *C. esculentus* (Keeley et al., 1979; Johnson e Mullinix, 1997). L'effetto del sistema colturale deve comunque essere valutato nel lungo periodo, e non certamente nell'arco di una sola stagione (Keeley et al., 1979).

Anche la densità di semina della coltura può esercitare una certa influenza in termini di pressione di infestazione da parte di *C. esculentus*. A questo riguardo le colture seminate a file strette riuscendo a chiudere prima le file presentano indubbiamente un vantaggio competitivo (Choudhary, 1981).

Per alcune colture anche la scelta del momento di semina può influenzare l'abilità competitiva della coltura nei confronti della malerba. In talune situazioni può essere opportuno ritardare la semina della coltura allo scopo di porla nelle condizioni climatiche più favorevoli ad un suo rapido insediamento. A questo proposito, in alcune colture la tecnica del trapianto può favorire un più rapido insediamento della coltura, consentendo parallelamente di pianificare un adeguato controllo della flora infestante nel periodo che precede la sua messa a dimora.

Un aspetto infine da non trascurare è legato agli effetti della competizione interspecifica. In presenza di un'infestazione multispecifica, l'azione competitiva di *C. esculentus* risulta meno importante, grazie alla competizione interspecifica per lo spazio e le risorse nutritive che si stabilisce tra le diverse malerbe (Bendixen e Stoube, 1977). L'azione competitiva di *C. esculentus* può anche essere sostenuta dalla pressione selettiva esercitata dai ripetuti interventi con erbicidi selettivi o poco efficaci nei confronti del cipero.

In molte aree del nord-America interessate dalla coltivazione di colture geneticamente modificate resistenti ai diserbanti, la diffusione di questa ciperacea è stata favorita dall'impiego ripetuto di erbicidi a largo spettro di azione, quali ad esempio il glifosate e il glufosinate (Culpepper, 2006). Le pratiche agronomiche sopra descritte possono indubbiamente contribuire a mantenere il livello di infestazione su livelli relativamente modesti, ma non risultano in genere risolutive.

Strategia di lotta chimica

Nell'agricoltura convenzionale il ricorso al mezzo chimico rappresenta la tecnica attualmente più utilizzata per la sua capacità di unire all'efficacia una rapidità di azione. L'impiego degli erbicidi risulta spesso particolarmente difficile per la limitata disponibilità di prodotti in grado di devitalizzare gli organi di moltiplicazione sotterranei, e al contempo selettivi per le colture a ciclo estivo.

A seconda del sistema colturale adottato, il controllo di *C. esculentus* può avvenire attraverso il ricorso a trattamenti eseguiti in presenza o in assenza della coltura, impiegando sostanze attive ad azione totale o selettiva nei confronti della coltura. In sistemi colturali tradizionali, l'impiego di

sostanze attive ad azione totale può essere pianificato all'interno di una più ampia strategia di controllo delle malerbe che prevede il ricorso ad interventi effettuati in pre-semina (falsa semina) o in post-raccolta della coltura. Con la tecnica della falsa semina si stimola l'emergenza delle infestanti prima della semina effettiva o del trapianto della coltura, provvedendo alla loro eliminazione con specifici interventi, chimici e non chimici (erpiculture, pirodiserbo) (Caldwell e Mohler, 2001). Nel caso del ricorso al mezzo chimico, la soluzione economicamente più efficace è quella basata sull'utilizzo della sostanza attiva glifosate. Anche nei periodi di intercoltura il controllo chimico delle infestazioni di *C. esculentus* presenta poche opzioni alternative all'uso del glifosate, in ragione dell'assenza di formulati attivi contro le ciperacee registrati per uso su falsa semina o in pre-semina. L'efficacia del glifosate nei confronti di *C. esculentus* è dimostrata da diversi studi (Clewes et al., 2006; Nelson e Renner, 2002), anche se in taluni casi il controllo può risultare non completo a causa delle emergenze scalari da parte della ciperacea e delle difficoltà di penetrazione e traslocazione dell'erbicida (Fabbri et al., 2016; Ferrero, Pozzi et al., 2016; Fischer e Harvey, 2002).

Le opzioni chimiche applicabili in pre-emergenza ed in post-emergenza della coltura sono numericamente superiori, ma limitate a poche colture. I principali erbicidi caratterizzati da una accertata attività nei confronti delle ciperacee appartengono alla famiglia delle sulfoniluree, benzotiazinoni, cloroacetamidi, piridinici, idrossibenzonitrili e imidazolinoni.

Il riso è la coltura che in assoluto può contare sul maggior numero di formulati efficaci nei confronti di *C. esculentus* e di altre ciperacee, data l'ampia diffusione di queste specie negli ambienti acquatici. La maggior parte dei formulati utilizzabili per la lotta alle ciperacee nel riso appartiene alla famiglia delle sulfoniluree (Fabbri et al., 2016; Günnigmann e Becker, 2016).

Nelle applicazioni di pre-emergenza, l'unica sostanza attiva capace di assicurare un certo controllo della malerba è l'S-metolaclo (Tabella 1). L'efficacia delle cloroacetamidi nei confronti delle ciperacee, comprese quelle non più sul mercato (alaclo, acetoclo, R-metolaclo), è nota da parecchi decenni (Boyd, 2015; Dixon et al., 1980; Grichar et al., 1996; Miller e Dittmar, 2014; Obrigawitch et al., 1980).

In post-emergenza delle colture di mais e soia è possibile ricorrere a formulati a base di bentazone, halosulfuron-metile, bensulfuron-metile. L'azione di questi prodotti nei confronti delle ciperacee può essere migliorata dall'aggiunta del bromoxinil.

Nella coltura del girasole è possibile utilizzare un formulato a base di imazamox, ma solo impiegando varietà Clearfield®. Molte di queste sostanze attive presentano una potenziale selettività nei confronti di molte altre colture principali e minori (es. halosulfuron nelle cucurbitacee, S-metolaclo e bentazone su cipolla) (Derr et al., 1996; Fischer e Harvey, 2002; Stoller et al., 1975), ma la mancata autorizzazione all'uso su queste colture ne preclude l'utilizzo nel nostro paese.

Tabella 1: Sostanze attive con azione erbicida nota nei confronti di *C. esculentus* utilizzabili in Italia.

Sostanza Attiva	Periodo di applicazione	Colture	Impiego
Glifosate	Falsa semina, pre-semina, post-raccolta	Tutte	Agricolo, extra-agricolo
Bentazone	Post-emergenza	Mais, riso, soia, frumento	Agricolo
Halosulfuron-metile	Post-emergenza	Riso, mais	Agricolo
Flazasulfuron	Post-emergenza	Aree non coltivate, vite, agrumi, olivo	Agricolo, extra-agricolo
Bensulfuron-metile	Post-emergenza	Riso	Agricolo
Azimsulfuron	Post-emergenza	Riso	Agricolo
Sulfosulfuron	Post-emergenza	Frumento	Agricolo
Triclopyr	Post-emergenza	Riso	Agricolo + aree incolte
Imazamox	Post-emergenza	Riso, girasole	Agricolo
Bromoxinil	Post-emergenza	Riso, mais, sorgo, frumento	Agricolo
S-metolaclor	Pre-emergenza	Mais, soia, barbabietola, girasole, fagioli (con o senza baccello), pomodori	Agricolo

Esperienze di lotta chimica a *C. esculentus* nel nord Italia

Come già evidenziato in precedenza, in Italia le infestazioni di *C. esculentus* hanno assunto carattere di criticità solo in tempi relativamente recenti. Questa situazione è stata favorita nella maggior parte delle colture, in particolare in mais e soia, dalla limitata disponibilità di prodotti autorizzati in grado di contenere la diffusione delle malerbe. In questo quadro si ritiene utile richiamare i risultati di alcune sperimentazioni condotte nell'ultimo quinquennio in due areali agricoli del nord Italia.

Strategie di lotta chimica a C. esculentus nella soia e nel mais

Sperimentazioni di Olmo (Lodi)

Le sperimentazioni sono state condotte nel biennio 2016-2017 presso un appezzamento dell'azienda agricola Valsecchi, sita nel comune di Olmo (LO), su un suolo di natura franco-limoso. Gli studi, realizzati nell'ambito di una collaborazione tra il Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari dell'Università di Torino ed il Centro di Saggio di Agricola 2000, Società di servizi e sperimentazione in agricoltura, hanno avuto l'obiettivo di individuare le migliori strategie di controllo chimico di *C. esculentus* in soia e mais, basate sull'impiego di erbicidi attualmente disponibili sul mercato italiano. Il confronto ha riguardato strategie di intervento che comprendevano interventi di pre-emergenza, post-emergenza, e varie combinazioni di pre- e post-. I formulati impiegati sono stati scelti tra quelli comunemente impiegati nell'areale padano e caratterizzati da una potenziale azione nei confronti della ciperacea.

I risultati ottenuti nella sperimentazione condotta sulla soia hanno permesso di evidenziare che sono già disponibili sul mercato dei prodotti erbicidi in grado di controllare efficacemente le infestazioni di *C. esculentus*. Le applicazioni di pre-emergenza contenenti l'erbicida S-metolaclofuron hanno dimostrato di rappresentare una valida opzione per il controllo della malerba, ma la loro efficacia è risultata fortemente influenzata dal livello di umidità del suolo al momento del trattamento e nei giorni immediatamente successivi. La strategia basata sulla combinazione di trattamenti di pre-emergenza, seguiti da applicazioni di post-emergenza contenenti l'erbicida bentazone, ha fornito, in entrambi gli anni, il miglior controllo dell'infestazione di *C. esculentus*. L'aggiunta di coadiuvanti alle miscele erbicide applicate in post-emergenza ha dimostrato di migliorare l'efficacia complessiva della miscela. Tra i coadiuvanti impiegati la migliore azione sinergica è stata ottenuta impiegando l'epitrametiltrisilossano, un coadiuvante organo-siliconico.

Nel caso del mais, la sperimentazione condotta nel corso delle due campagne agrarie ha permesso di individuare alcune linee operative, nell'ambito di strategie di pre-emergenza e di post emergenza, in grado di controllare efficacemente l'infestazione di *C. esculentus*. Come già evidenziato per la soia, anche in questa coltura l'azione degli interventi con prodotti di pre-emergenza può risultare risolutiva

solo in presenza di un andamento climatico favorevole all'attivazione degli stessi prodotti. A questo riguardo va segnalato il comportamento dell'S-metolaclo, sostanza attiva che nella campagna 2016 aveva manifestato, anche sinergicamente con altre sostanze attive, una buona azione nei confronti della ciperacea, ma che nel 2017, in considerazione dell'assenza di precipitazioni primaverili ha fatto rilevare risultati del tutto insoddisfacenti. L'efficacia dell'S-metolaclo nei confronti di *C. esculentus* è stata confermata anche da altri studi (Boyd, 2015; Grichar et al., 1996, 1996; Miller e Dittmar, 2014). In entrambe le campagne, gli interventi di pre-emergenza seguiti da applicazioni di post-emergenza non hanno garantito un soddisfacente controllo dell'infestazione di *C. esculentus*. I risultati ottenuti nel corso dei due anni di sperimentazione hanno permesso di evidenziare che la strategia di post-emergenza rappresenta probabilmente la scelta più ragionevole in termini di efficacia di controllo della malerba nel mais. A questo riguardo, i migliori risultati sono stati ottenuti con le miscele contenenti la sostanza attiva halosulfuron metile, la cui attività nei confronti del ciperò è ben nota (Günnigmann e Becker, 2016), ed in particolare dalla miscela costituita da halosulfuron-metile + tiencarbazon-metile + isossafutolo. In questo caso l'efficacia della sulfonilurea è stata ben coadiuvata dall'attività del tiencarbazon-metile, la cui azione nei trattamenti di post-emergenza è stata favorita, in entrambe le campagne sperimentali, dalle buone condizioni di umidità del terreno.

Esperienze preliminari di lotta chimica alle ciperacee

Sperimentazioni di Lagosanto, Val Giralda e Mesola (Ferrara)

Le prove, condotte nel 2015 presso aziende della provincia ferrarese su suoli incolti e sabbiosi, hanno avuto l'obiettivo di verificare l'efficacia erbicida di diversi formulati ad azione totale, di contatto o residuali, addizionati o meno con coadiuvanti nei confronti di infestazioni di *C. esculentus* e *C. glaber*.

Tra gli erbicidi ad azione totale presi in esame, il glifosato è risultata essere la sostanza attiva caratterizzata dalla maggiore attività erbicida nei confronti di *C. esculentus*. L'aggiunta di coadiuvanti in grado di migliorare la penetrazione e la traslocazione dell'erbicida nella pianta ha permesso di incrementare sensibilmente l'efficacia complessiva. Per quanto riguarda le applicazioni di post-emergenza, le sostanze attive che hanno fatto rilevare la migliore efficacia nel controllo di *C. esculentus* e *C. glaber* sono risultate l'halosulfuron-metile ed il sulfosulfuron. Per quanto riguarda le miscele estemporanee, risultati soddisfacenti sono stati osservati impiegando la miscela bentazon+linuron+metribuzin+olio minerale. Sostanze attive che in ambiente di risaia manifestano una certa attività nei confronti delle ciperacee, quali MCPA, triclopir e penoxsulam, nelle condizioni sperimentali della prova e quindi in presenza di suoli asciutti non hanno fornito risultati soddisfacenti. Un aspetto importante emerso nel corso delle prove è legato al potenziamento dell'efficacia erbicida

derivante dall'aggiunta di coadiuvanti alla miscela fitoiatrice. I migliori risultati sono stati osservati impiegando l'olio minerale e l'eptametiltrisilossano.

Il rischio di comparsa di popolazioni di ciperacee resistenti agli erbicidi

Secondo l'*International Survey of Herbicide Resistant Weeds*, nel mondo sono stati individuati 495 casi unici di resistenza (specie × sito di azione) che coinvolgono un totale di 255 specie. Le specie infestanti hanno sviluppato resistenza nei confronti di 23 dei 26 diversi meccanismi di azione oggi presenti e a 163 differenti erbicidi. La maggior parte delle specie infestanti resistenti appartiene alla famiglia delle poacee e riguarda le colture di frumento, mais e riso. Per quanto riguarda il sito di azione, il più elevato numero di casi resistenza riguarda gli erbicidi appartenenti al Gruppo B, quello degli ALS inibitori. Nella famiglia delle ciperacee negli ultimi anni sono stati segnalati diversi casi di resistenza in particolare in specie quali *C. difformis* e *C. iria*. La quasi totalità dei casi di resistenza segnalati su ciperacee nel mondo fa riferimento ad erbicidi appartenenti alla classe delle sulfoniluree, quindi con meccanismo di azione ALS-inibitore. Questo aspetto è ovviamente da tenere in giusta considerazione poiché la maggior parte delle sostanze attive attualmente disponibili per il controllo chimico di *C. esculentus* appartiene alla famiglia delle sulfoniluree o comunque ha un meccanismo di azione ALS-inibitore. Il rischio di comparsa di popolazioni di *C. esculentus* resistenti appare pertanto concreto. In *C. esculentus* allo stato attuale sono stati segnalati solo tre casi di resistenza, uno in Arkansas (USA) e due in Italia. Le popolazioni di ciperacee italiane sono state individuate in risaie della provincia di Pavia e Vercelli tra il 2015 ed il 2017 e sono state oggetto di uno specifico screening. Lo studio è stato condotto in serra, utilizzando le due popolazioni presunte resistenti (15-1 e 17-2) ed una popolazione suscettibile (17-3) come riferimento. Le piante sono state trattate allo stadio di 3-4 foglie con Permit® (halosulfuron-metile, 30 g s.a./ha) e Gulliver® (azimsulfuron, 22.5 g s.a./ha) alla dose di campo riportata in etichetta. Gli erbicidi sono stati impiegati con gli specifici bagnanti utilizzando uno specifico banco irroratore con una portata di 300 L/ha, ad una pressione di esercizio di 215 KPa ed una velocità della barra di 0.75 m/s. La popolazione suscettibile (17-3) è stata pienamente controllata dai 2 erbicidi inibitori dell'ALS testati (Figura 2). Nessuna pianta è sopravvissuta al trattamento con halosulfuron e azimsulfuron. Al contrario più dell'80% delle piante delle due popolazioni presunte resistenti sono invece sopravvissute al trattamento con i due erbicidi. Ambedue le popolazioni testate sono risultate altamente resistenti ad halosulfuron e altamente cross-resistenti ad azimsulfuron. Questi risultati confermano il rischio di insorgenza di resistenza in popolazioni di *C. esculentus* a seguito dell'impiego di erbicidi ALS-inibitori. La progressiva diffusione di questa malerba in areali non prettamente risicoli e il conseguente impiego di erbicidi ALS-inibitori per il suo controllo in altre colture come il mais, può favorire l'insorgenza di altri casi

di resistenza. Per tali ragioni appare fondamentale pianificare una strategia di lotta al *C. esculentus* non esclusivamente basata sul mezzo chimico, in quanto ad oggi ancora troppo dipendente sull'uso delle sulfoniluree.

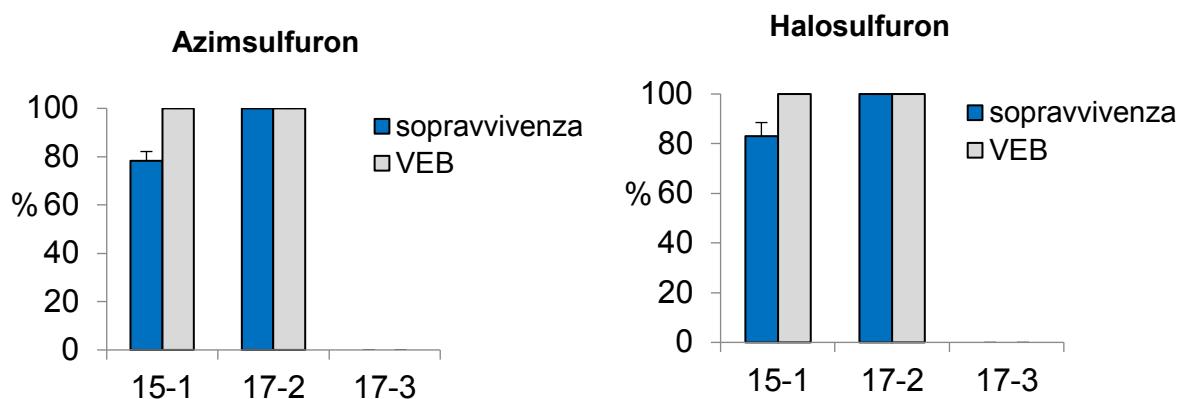


Figura 2. Sopravvivenza (%) e stima visiva della biomassa (VEB) delle popolazioni di *Cyperus esculentus* trattate con erbicidi inibitori dell'ALS dopo 28 giorni dal trattamento. L'errore standard è rappresentato dalle barre verticali.

Fumigazione del terreno

Le tecniche di fumigazione del terreno possono essere utilmente impiegate per controllare infestazioni causate da funghi, nematodi, insetti e piante infestanti. Per oltre 50 anni la sostanza maggiormente impiegata a livello mondiale per la fumigazione del terreno è stata il bromuro di metile, un prodotto che oltre a manifestare una potente azione nematocida e fungicida, ha dimostrato avere anche una buona efficacia erbicida. A seguito dell'applicazione del Protocollo di Montreal nel 1977, l'impiego del bromuro di metile è stato bandito, dapprima nei paesi sviluppati (2005), quindi in quelli in via di sviluppo (2015). Tra le specie infestanti controllate dal bromuro di metile era annoverato anche il *C. esculentus*. Il bando di questa sostanza ha portato all'individuazione di tecniche o prodotti alternativi capaci comunque di assicurare un buon controllo delle avversità. In Europa il metam-sodio e l'1,3 dicloropropene (1,3 D) sono le sostanze attive attualmente impiegate per la fumigazione del terreno. Mentre l'efficacia del metam-sodio nei confronti di *C. esculentus* è verificata da diversi studi (Johnson e Mullinix, 2007; Santos, 2009; Santos e Gilreath, 2007), l'azione dell'1,3 dicloropropene è stata spesso osservata in applicazioni congiunte con la cloropicrina (Chase et al., 2006; Hochmuth, 2002; Motis et al., 2002; Santos, 2009), sostanza attiva che tuttavia non è più autorizzata nel territorio dell'Unione Europea. L'azione erbicida dell'1,3 dicloropropene non in combinazione con altre sostanze è favorevolmente influenzata dalle tecniche colturali successive all'applicazione del prodotto, quali ad esempio la copertura del terreno con film plastici.

Strategie di lotta fisica

Solarizzazione

La solarizzazione è una tecnica sostenibile di disinfestazione del terreno adottata in molte aree del mondo come alternativa alle tradizionali tecniche di fumigazione con prodotti chimici (Stapleton e DeVay, 1986). Questa tecnica si basa sull'azione devitalizzante del calore che si sviluppa al di sotto di un film plastico steso sulla superficie del suolo. La solarizzazione può manifestare un'azione devitalizzante anche nei confronti delle malerbe (Horowitz et al., 1983; Jacobsohn et al., 1980; McSorley e Gill, 2010; Rubin e Benjamin, 1983, 1984). Tale azione è tanto maggiore quanto più elevato è il livello di umidità del suolo e quanto più a lungo il suolo rimane coperto dal film plastico. I migliori risultati si ottengono generalmente con film plastici trasparenti (Horowitz et al., 1983). L'adozione su larga scala di questa tecnica è tuttavia condizionata dalla localizzazione geografica, in quanto non a tutte le latitudini possono essere raggiunte nel terreno temperature tali da determinare un'azione devitalizzante nei confronti di patogeni o erbe infestanti. L'efficacia devitalizzante della solarizzazione nei confronti delle malerbe è fortemente influenzata dalle temperature raggiunte dal terreno alle diverse profondità, ma anche dalla tipologia di organo da devitalizzare. Maggiore è la profondità alla quale si trovano i semi ed i propaguli, più elevato è il rischio che sfuggano all'azione devitalizzante della temperatura. La devitalizzazione dei semi viene raggiunta in genere più velocemente rispetto ad altri organi di conservazione delle specie infestanti quali rizomi o bulbi. Tuberi di *C. rotundus* sono in grado di resistere nel terreno anche a temperature di 60°C, mantenendo livelli di germogliazione elevati (Rubin e Benjamin, 1984). Secondo Horowitz et al. (1983), la solarizzazione ha effetti devitalizzanti sui tuberi di *C. esculentus* solo entro i primi 10 cm di profondità del suolo; i tuberi che si trovano al di sotto di tale profondità sono invece stimolati a svilupparsi. I rizomi che emergono al di sotto di film trasparenti si sviluppano rapidamente in fusti, i quali restando intrappolati sotto il film sono soggetti a ustioni solari e conseguenti disseccamenti. Per questa ragione Rubin e Benjamin (1983) suggeriscono una durata della solarizzazione di almeno 8-10 settimane. Johnson et al., (2007) hanno evidenziato una significativa riduzione della densità di tuberi di *C. esculentus* presenti nel suolo a seguito di un intervento di solarizzazione realizzato nel periodo estivo (da maggio a settembre). I film trasparenti sono anche meno suscettibili alla penetrazione da parte dei rizomi, in quanto la radiazione luminosa e il calore presente sotto il film stimolano la differenziazione degli stessi e la formazione di fusti e foglie. L'oscurità determinata dai film opachi non induce una fotodifferenziazione dei rizomi che quindi possono premere contro il film fino a forarlo (Chase et al., 1998).

Pacciamatura

La pacciamatura è una tecnica che prevede la copertura del terreno con materiali organici (paglia, corteccia, lapilli) o con film plastici biodegradabili e non biodegradabili al fine di contenere lo sviluppo delle infestanti e ridurre l'evaporazione dell'acqua dal suolo (Saario e Voipio, 1997). Secondo Webster (2005), la pacciamatura del terreno con film plastici pacciamanti neri o opachi può contenere lo sviluppo di *C. esculentus*. Altri autori hanno tuttavia evidenziato che la tipologia di film può influenzare la capacità di perforazione del film da parte dei fusti del cipero. I fusti che sviluppano al di sotto del film trasparente hanno minori possibilità di perforare il film pacciamante rispetto a quelli opachi (Chase et al., 1998; Johnson e Mullinix, 2008). L'azione soppressiva della pacciamatura con film plastici oltre che essere influenzata dalla natura trasparente o opaca del film è anche da porre in relazione al tempo intercorso tra la stesura del film pacciamante ed il trapianto. Se la posa del film avviene il giorno del trapianto o entro la prima settimana, l'efficacia soppressiva raggiunge livelli del 90% (Johnson e Mullinix, 2008). La pacciamatura con film plastici biodegradabili o fotodegradabili può rappresentare un'opzione da valutare nel caso di una gestione in biologico. È necessario tuttavia verificare la resistenza del film alla perforazione da parte dei fusti emergenti. Occorre inoltre considerare che i film biodegradabili vanno incontro ad un progressivo deterioramento che può limitare l'azione fisica di contenimento delle malerbe a partire da un certo periodo della stagione colturale. La pacciamatura con materiali organici o inerti trova una scarsa applicabilità in considerazione della facilità con la quale i fusti sono in grado di attraversare lo strato organico e/o inerte pacciamante.

Controllo di *C. esculentus* nei frutteti

La presenza di *C. esculentus* nei frutteti sta crescendo parallelamente alla rapida diffusione di questa specie negli areali agricoli italiani. I problemi legati alle infestazioni di questa malerba nei frutteti derivano soprattutto dal suo difficile controllo sulla fila. La non completa suscettibilità al glifosate di *C. esculentus* favorisce infatti il diffondersi dell'infestazione. Inoltre la pressione selettiva esercitata dagli stessi trattamenti con glifosate pongono il *C. esculentus* in una condizione di dominanza ecologica, essendo assente o comunque estremamente limitata la competizione interspecifica. Nell'interfila, la presenza del cipero provoca minori preoccupazioni, in particolare in presenza di un inerbimento polifita e quindi in un quadro di rapporti più equilibrati tra le diverse specie erbacee. Una sostanza attiva il cui uso è autorizzato in frutteto è l'MCPA. La sua efficacia è tuttavia modesta limitandosi a provocare disseccamenti della vegetazione senza però effettivamente devitalizzare le piante colpite (Ferrero, Massobrio et al., 2016). Tra le sulfoniluree è da citare il flazasulfuron, sostanza attiva che manifesta un'azione nei confronti di alcune ciperacee, quali *C. rotundus* e *C.*

brevifolia (Nieto e Simonetta, 2006), e che quindi potrebbe esercitare un'analoga azione anche nei confronti di *C. esculentus*. L'eventuale azione erbicida nei confronti di *C. esculentus* resta tuttavia da verificare in campo.

Gestione di *C. esculentus* nei sistemi colturali biologici

Nell'agricoltura biologica il contenimento delle piante infestanti costituisce uno degli aspetti più critici dell'intera gestione colturale. La scarsa disponibilità di prodotti ad azione erbicida impiegabili su larga scala rende infatti difficoltoso il controllo delle piante infestanti, il quale si basa quasi esclusivamente su interventi di natura agronomica, meccanica e fisica. A questo riguardo, la gestione delle infestazioni di *C. esculentus* deve necessariamente fare ricorso alle rotazioni colturali, all'impiego delle colture di copertura e ad alcune lavorazioni meccaniche ad azione devitalizzante sui tuberi. L'efficacia delle rotazioni colturali è legata in particolare alla presenza di colture capaci di assicurare un'elevata copertura vegetale in grado di sopprimere lo sviluppo del ciperio. Analogamente, anche nei periodi di intercoltura potrebbe essere utile l'inserimento di cover-crop ad azione soppressiva. In presenza di infestanti perennanti, il ricorso alle lavorazioni meccaniche favorisce, in genere, la diffusione dei propaguli all'interno del campo coltivato e pertanto è spesso sconsigliato. Nel caso di *C. esculentus*, alcuni studi hanno però fatto rilevare che l'esecuzione ripetuta di interventi meccanici capaci di portare in superficie i propaguli esponendoli all'azione dissecante del sole può contribuire ad abbassare significativamente i livelli di infestazione (Glaze, 1987; Johnson et al., 2007; Keeley et al., 1983).

Conclusioni

C. esculentus è una specie infestante caratterizzata da una crescente diffusione negli areali agricoli italiani, in particolare in quelli padani. Il successo nello sviluppo di questa malerba è in gran parte da attribuire alle specifiche caratteristiche biologiche che ne favoriscono l'invasività e alla limitata disponibilità di prodotti chimici in grado di contenerne lo sviluppo. In queste condizioni, la gestione di questa specie deve necessariamente basarsi sull'impiego combinato dei diversi strumenti di contenimento disponibili (agronomici, fisici, meccanici e chimici). Le poche sostanze attive efficaci nei confronti di *C. esculentus* sono infatti autorizzate per l'impiego su un numero esiguo di colture ed inoltre la maggior parte di esse appartiene al gruppo degli ALS-inibitori, caratterizzato da un elevato rischio di insorgenza di fenomeni di resistenza. Nella gestione di *C. esculentus* è comunque fondamentale mettere in atto tutte le pratiche che consentono di prevenire l'introduzione della

malerba ed intervenire prontamente per eliminarla quando essa inizia ad insediarsi, ricorrendo preferibilmente ai prodotti in grado di devitalizzarla completamente, anche negli organi sotterranei di propagazione.

Bibliografia

- Bendixen L.D., Stoube E.W. (1977). Yellow and purple nutsedge: Two weed species of worldwide significance. *Weeds Today*, pagg. 9–15.
- Boyd N.S. (2015). Evaluation of Preemergence Herbicides for Purple Nutsedge (*Cyperus rotundus*) Control in Tomato. *Weed Technology*, 29: 480–487. doi:10.1614/WT-D-14-00133.1
- Caldwell B., Mohler C.L. (2001). Stale Seedbed Practices for Vegetable Production, 36: 703–705.
- Chase C.A., Stall W.M., Simonne E.H., Hochmuth R.C., Dukes M.D., Weiss A.W. (2006). Nutsedge control with drip-applied 1,3-dichloropropene plus chloropicrin in a sandy soil. *HortTechnology*, 16: 641–648.
- Chase Carlene A., Sinclair T.R., Donn G. Shilling, James P. Gilreath, Salvatore J. Locascio. (1998). Light Effects on Rhizome Morphogenesis in Nutsedges (*Cyperus* spp.): Implications for Control by Soil Solarization. *Weed Science*, 46: 575–580.
- Cherry M. (1973). Problems and progress in controlling nutgrass. *SPAN Agricultural Review*, 16: 77–79.
- Choudhary A.H. (1981). Effects of Population and Inter-Row Spacing on Yields of Maize and Control of Weeds with Herbicides in the Irrigated Savanna. *Experimental Agriculture*, 17: 389–397. doi:10.1017/S0014479700011844
- Clewis S.B., Wilcut J.W., Porterfield D. (2006). Weed Management with S-Metolachlor and Glyphosate Mixtures in Glyphosate-Resistant Strip- and Conventional-Tillage Cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Weed Technology*, 20: 232–241. doi:10.1614/WT-05-030R.1
- Culpepper A.S. (2006). Glyphosate-Induced Weed Shifts. *Weed Technology*, 20: 277–281. doi:10.1614/WT-04-155R.1
- De Datta S.K., Jereza H.C. (1976). The use of cropping systems and land and water management to shift weed species. *Philipp. J. Crop Sci*, 1: 173–178.
- Derr J.F., Chandran R.S., Ward W.D. (1996). Preemergence and Postemergence Yellow Nutsedge (*Cyperus esculentus*) Control with MON 12000 in Nursery Crops. *Weed Technology*, 10: 95–99. doi:10.1017/S0890037X00045772
- Dixon G.A., Stoller E.W., McGlamery M.D. (1980). Acetanilide Herbicides for Yellow Nutsedge (*Cyperus esculentus*) Control in Corn (*Zea mays*). *Weed Science*, 28: 593–598. doi:10.1017/S0043174500061294
- Drost D.C., Doll J.D. (1980). The Allelopathic Effect of Yellow Nutsedge (*Cyperus esculentus*) on Corn (*Zea mays*) and Soybeans (*Glycine max*). *Weed Science*, 28: 229–233. doi:10.1017/S004317450005517X
- EPPO (2018) EPPO Lists of Invasive Alien Plants. Disponibile: <http://www.eppo.int> (ultimo accesso 25 Settembre 2018).
- Fabbri M., Vecchiattini M., Campagna G., Galli F., Zago A. (2016). Esperienze preliminari per il controllo chimico delle ciperacee (Vol. 1, pagg. 601–610). Presentato alle Giornate Fitopatologiche,

Chianciano Terme, 8-11 marzo 2016: CLUEB (Cooperativa libraria universitaria editrice), Bologna, Italy.

Ferrero A., Massobrio V., Vittone G., Bontà M. (2016). *Cyperus esculentus* nei frutteti piemontesi. *L'informatore agrario*, 61–62.

Ferrero A., Pozzi T., Fogliatto S., Vidotto F., Milan M. (2016). Efficacia di diverse strategie di gestione delle infestanti nel mais (Vol. 1, pagg. 571–580). Presentato alle Giornate Fitopatologiche, Chianciano Terme, 8-11 marzo 2016: CLUEB (Cooperativa libraria universitaria editrice), Bologna, Italy.

Fischer D.W., Harvey R.G. (2002). Yellow Nutsedge (*Cyperus esculentus*) and Annual Weed Control in Glyphosate-Resistant Field Corn (*Zea mays*). *Weed Technology*, 16: 482–487. doi:10.1614/0890-037X(2002)016[0482:YNCEAA]2.0.CO;2

Follak S., Belz R., Bohren C., De Castro O., Del Guacchio E., Pascual-Seva N., ... Essl F. (2016). Biological flora of Central Europe: *Cyperus esculentus* L. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 23: 33–51. doi:10.1016/j.ppees.2016.09.003

Ghafar Z., Watson A.K. (1983). Effect of Corn (*Zea mays*) Population on the Growth of Yellow Nutsedge (*Cyperus esculentus*). *Weed Science*, 31: 588–592. doi:10.1017/S0043174500070016

Glaze N.C. (1987). Cultural and Mechanical Manipulation of *Cyperus* Spp. *Weed Technology*, 1: 82–83. doi:10.1017/S0890037X00029183

Grichar W.J., Colburn A.E., Baumann P.A. (1996). Yellow Nutsedge (*Cyperus esculentus*) Control in Peanut (*Arachis hypogaea*) as Influenced by Method of Metolachlor Application. *Weed Technology*, 10: 278–281. doi:10.1017/S0890037X00039956

Günnigmann A., Becker D. (2016). Permit – A new herbicide for control of *Cyperus esculentus* in maize. *Julius-Kühn-Archiv*, 452: 347–354. doi:https://doi.org/10.5073/jka.2016.452.046

Hochmuth R.C. (2002). Evaluating nutsedge control (*Cyperus esculentus* Spp.) with various formulations and rates of 1,3-dichloropropene chemigated using drip tpe under two polyethylene mulches (Vol. 115, pagg. 195–196). Presentato al Proceedings of the annual meeting of the Florida State Horticultural Society.

Holm L.R.G., Plucknett D.L., Pancho J.V., Herberger J.P. (1977). *The world's worst weeds. Distribution and biology*. Honolulu, Hawaii: University Press of Hawaii.

Horowitz M., Regev Y., Herzlinger G. (1983). Solarization for Weed Control. *Weed Science*, 31: 170–179. doi:10.1017/S0043174500068788

Jacobsohn R., Greenberger A., Katan J., Levi M., Alon H. (1980). Control of Egyptian Broomrape (*Orobanche aegyptiaca*) and Other Weeds by Means of Solar Heating of the Soil by Polyethylene Mulching. *Weed Science*, 28: 312–316. doi:10.1017/S0043174500055351

Johnson W.C., Davis R.F., Mullinix B.G. (2007). An integrated system of summer solarization and fallow tillage for *Cyperus esculentus* and nematode management in the southeastern coastal plain. *Crop Protection*, 26: 1660–1666. doi:10.1016/j.cropro.2007.02.005

Johnson W.C., Mullinix B.G. (2007). Yellow nutsedge (*Cyperus esculentus*) control with metham-sodium in transplanted cantaloupe (*Cucumis melo*). *Crop Protection*, 26: 867–871. doi:10.1016/j.cropro.2006.08.010

Johnson W.C., Mullinix B.G. (2008). Cultural control of yellow nutsedge (*Cyperus esculentus*) in transplanted cantaloupe (*Cucumis melo*) by varying application timing and type of thin-film mulches. *Crop Protection*, 27: 735–739. doi:10.1016/j.cropro.2007.10.008

- Johnson W.I.C., Mullinix B.G.J. (1997). Population Dynamics of Yellow Nutsedge (*Cyperus esculentus*) in Cropping Systems in the Southeastern Coastal Plain. *Weed Science*, 45: 166–171.
- Keeley P. E., Thullen R.J., Miller J.H., Carter C.H. (1983). Comparison of Six Cropping Systems for Yellow Nutsedge (*Cyperus esculentus*) Control. *Weed Science*, 31: 63–67. doi:10.1017/S0043174500068557
- Keeley Paul E. (1987). Interference and Interaction of Purple and Yellow Nutsedges (*Cyperus rotundus* and *C. esculentus*) with Crops. *Weed Technology*, 1: 74–81. doi:10.1017/S0890037X00029171
- Keeley P.E., Thullen R.J. (1978). Light Requirements of Yellow Nutsedge (*Cyperus esculentus*) and Light Interception by Crops. *Weed Science*, 26: 10–16. doi:10.1017/S0043174500032604
- Keeley P.E., Thullen R.J., Miller J.H., Carter C.H. (1979). Comparison of Four Cropping Systems for Yellow Nutsedge (*Cyperus esculentus*) Control. *Weed Science*, 27: 463–467. doi:10.1017/S0043174500044398
- Keeling J.W., Bender D.A., Abernathy J.R. (1990). Yellow Nutsedge (*Cyperus esculentus*) Management in Transplanted Onions (*Allium cepa*). *Weed Technology*, 4: 68–70. doi:10.1017/S0890037X00025008
- McSorley R., Gill H.K. (2010). Effects of Solarization against Weeds and Root-knot Nematodes Limited by Weather (Vol. 123, pagg. 298–301). Presentato al Proceedings of the annual meeting of the Florida State Horticultural Society.
- Miller M.R., Dittmar P.J. (2014). Effect of PRE and POST-Directed Herbicides for Season-Long Nutsedge (*Cyperus* spp.) Control in Bell Pepper. *Weed Technology*, 28: 518–526. doi:10.1614/WT-D-13-00181.1
- Motis T.N., Locascio S.L., Gilreath J.P. (2002). Efficacy of 1,3-dichloropropene + chloropicrin and metam-Na on yellow nutsedge tubers planted at varying growth stages (Vol. 115, pagg. 189–192). Presentato al Proceedings of the annual meeting of the Florida State Horticultural Society.
- Nelson K.A., Renner K.A. (2002). Yellow Nutsedge (*Cyperus esculentus*) Control and Tuber Production with Glyphosate and ALS-Inhibiting Herbicides. *Weed Technology*, 16: 512–519. doi:10.1614/0890-037X(2002)016[0512:YNCECA]2.0.CO;2
- Nieto J., Simonetta F. (2006). Use of low doses of flazasulfuron to control weeds on grapevine, citrus and olive (Vol. 1, pagg. 421–426). Riccione, 27-29 marzo 2006.
- Obrigawitch T., Abernathy J.R., Gipson J.R. (1980). Response of Yellow (*Cyperus esculentus*) and Purple (*Cyperus rotundus*) Nutsedge to Metolachlor. *Weed Science*, 28: 708–715. doi:10.1017/S0043174500061579
- Oerke E.- C. (2006). Crop losses to pests. *The Journal of Agricultural Science*, 144: 31–43. doi:10.1017/S0021859605005708
- Patterson D.T. (1982). Shading Responses of Purple and Yellow Nutsedges (*Cyperus rotundus* and *C. esculentus*). *Weed Science*, 30: 25–30. doi:10.1017/S0043174500026102
- Pignatti S (1982). Flora d'Italia. Cyperaceae, 692-695, Volume III. Edagricole Calderini, Bologna.
- Pellizzari M., Verloove F. (2017). The genus *Cyperus* in the eastern Po Plain (Italy): historical and recent data. *Webbia*, 72: 127–137. doi:10.1080/00837792.2017.1285524
- Rubin B., Benjamin A. (1983). Solar Heating of the Soil: Effect on Weed Control and on Soil-Incorporated Herbicides. *Weed Science*, 31: 819–825. doi:10.1017/S0043174500070806
- Rubin B., Benjamin A. (1984). Solar Heating of the Soil: Involvement of Environmental Factors in the Weed Control Process. *Weed Science*, 32: 138–142. doi:10.1017/S0043174500058653

- Saario M., Voipio I. (1997). Effects of mulching and herbicide on weediness and yield in cultivated lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.). *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science*, 47: 52–57. doi:10.1080/09064719709362439
- Santos Bielinski M. (2009). Drip-applied metam potassium and herbicides as methyl bromide alternatives for *Cyperus* control in tomato. *Crop Protection*, 28: 68–71. doi:10.1016/j.cropro.2008.08.013
- Santos B.M., Gilreath J.P. (2007). Effects of water delivery volume, rates and concentrations of metam potassium on purple nutsedge emergence in mulched beds. *HortTechnology*, 17: 191–194.
- Stapleton J.J., DeVay J.E. (1986). Soil solarization: a non-chemical approach for management of plant pathogens and pests. *Crop Protection*, 5: 190–198. doi:10.1016/0261-2194(86)90101-8
- Stoller E.W., Wax L.M., Matthiesen R.L. (1975). Response of Yellow Nutsedge and Soybeans to Bentazon, Glyphosate, and Perfluidone. *Weed Science*, 23: 215–221. doi:10.1017/S0043174500052899
- Tweedy A., Turgen J., Balck D.V. (1975). Control of yellow nutsedge in turf (Vol. 30, pagg. 131–132). Presentato al North Central Weed Control Conference.
- Webster T.M. (2005). Patch expansion of purple nutsedge (*Cyperus rotundus*) and yellow nutsedge (*Cyperus esculentus*) with and without polyethylene mulch. *Weed Science*, 53: 839–845. doi:10.1614/WS-05-045R.1

STRUMENTI NON CHIMICI DI GESTIONE DELLA VEGETAZIONE INFESTANTE NELLE COLTURE ORTICOLE

PANNACCI E., ONOFRI A., TEI F.

*Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali, Università degli Studi di Perugia
E-mail: euro.pannacci@unipg.it*

Riassunto

Nei sistemi agricoli una corretta gestione delle piante infestanti dovrebbe prevedere un approccio di tipo integrato tra tutti i diversi mezzi di lotta ammissibili (agronomici, colturali, fisici, meccanici e/o chimici). Le colture orticole sono caratterizzate da una bassa capacità competitiva che si traduce in effetti marcati della competizione esercitata dalle malerbe sulle rese produttive, permettendo anche a specie infestanti poco aggressive in altre piante coltivate di risultare dannose. Inoltre, negli ultimi anni, la disponibilità di erbicidi registrati sulle colture orticole si è ridotta drasticamente a causa sia di aspetti contingenti al comparto, sia per le recenti restrizioni normative. In un tale contesto, il ricorso all'integrazione tra i diversi mezzi non chimici di controllo assume un ruolo fondamentale per la gestione delle malerbe. Il controllo della flora infestante presenta aspetti applicativi molto variabili sia per motivi tecnici sia economici in funzione della coltura, del sistema di coltivazione e dell'epoca di impianto, della destinazione del prodotto, delle conoscenze e delle disponibilità tecniche degli operatori e/o delle aziende. Una sintesi sui metodi non chimici per la gestione delle malerbe nelle colture orticole si ritiene, pertanto, utile ad indirizzare la ricerca e le soluzioni applicative.

Parole chiave

Colture orticole; Controllo meccanico; Controllo fisico; Gestione delle malerbe.

Summary

Non-chemical weed management in vegetable crops.

In vegetable crops the low competitiveness against weeds and the limited availability of herbicides impose to adopt an integrated use of non-chemical weed control methods. In this context, weed control with non-chemical methods can differ a lot due to the different peculiarities of vegetable crops (species, farming systems, growing systems, planting time, destination, etc). A review on the integrated weed management in vegetable crops using non-chemical methods could be useful to help the research and improve their practical use.

Key words

Vegetable crops; Mechanical control; Physical control; Weed management.

Premessa

Nei sistemi agricoli una corretta gestione delle piante infestanti dovrebbe prevedere un approccio di tipo integrato tra tutti i diversi mezzi di lotta ammissibili (agronomici, culturali, fisici, meccanici e/o chimici) (Zanin e Berti, 1989; Bàrberi, 2002; Buhler, 2002; Tei e Pannacci, 2005); ciò allo scopo di attuare con successo un controllo delle malerbe basato su un ricorso limitato e consapevole al mezzo chimico (Berti et al., 2001). Un sistema integrato di gestione delle malerbe (*Integrated Weed Management System*, IWMS) si compone di due fasi: 1) la gestione della popolazione di malerbe e 2) il controllo vero e proprio (Berti et al., 2001). La gestione delle popolazioni di malerbe comprende a sua volta interventi sulla coltura e interventi sulle popolazioni di malerbe. Gli interventi sulla coltura sono rappresentati dalle scelte di tecnica colturale (scelta varietale, modalità e epoca d'impianto, disposizione spaziale, modalità di irrigazione e concimazione, colture di copertura, ecc.) che devono favorire quanto più possibile la coltura rispetto alle malerbe nel processo competitivo. Gli interventi sulla popolazione delle malerbe sono invece finalizzati a mantenere una flora equilibrata (ricorrendo soprattutto alla rotazione delle colture) e a ridurre lo stock di semi e gemme nel terreno (riducendo gli apporti di semi per diffusione accidentale o disseminazione naturale, lavorando adeguatamente il terreno, ricorrendo alla falsa semina, ecc.).

Il controllo vero e proprio prevede l'integrazione dei diversi metodi diretti di lotta (fisici, meccanici, biologici, chimici) cercando di applicare una bassa pressione di selezione (al fine di limitare i fenomeni di comparsa di una flora di sostituzione), adottando soglie economiche d'intervento sia in termini di densità che di durata della competizione e, nel caso in cui il diserbo chimico sia ammesso (agricoltura convenzionale e a basso input), cercando di razionalizzarne l'impiego (ottimizzazione delle dosi degli erbicidi, rotazione dei meccanismi d'azione, impiego delle miscele) limitandone l'impatto ambientale (scelta di erbicidi con profilo ecotossicologico favorevole, preferire ove possibile applicazioni localizzate e di post-emergenza) (Sattin e Tei, 2001; Tei e Pannacci 2005).

La maggior parte delle colture orticole è caratterizzata da una bassa densità d'investimento, da file ben spaziate, da dimensioni relativamente ridotte delle piante e da lenta crescita iniziale spesso inferiore a quelle delle più comuni specie infestanti (Sattin e Tei, 2001; Tei e Pannacci 2017a). Questi aspetti determinano una bassa capacità competitiva delle specie orticole per gran parte del ciclo colturale, effetti marcati della competizione esercitata dalle malerbe sulle rese produttive che permettono anche a specie infestanti poco aggressive in altre piante coltivate (es. *Portulaca oleracea*, *Stellaria media*, *Veronica* spp., *Capsella bursa-pastoris*, *Poa annua*) di risultare dannose (Tei e Pannacci 2017a).

L'orticoltura italiana, inoltre, è caratterizzata da: 1) elevato numero di specie coltivate; 2) limitata estensione delle superfici colturali; 3) ridotta dimensione aziendale e diverse tipologie di conduzione

(imprenditoriale, familiare, ecc.) 4) diverse tipologie della forma organizzativa (industriale, familiare, urbana, sub-urbana) con aggiornamento tecnologico, meccanizzazione delle fasi colturali e capacità di marketing e commercializzazione estremamente variabili (Tei e Pannacci, 2005).

In un tale contesto, il controllo della flora infestante, come molti altri interventi della tecnica colturale, presenta aspetti applicativi molto variabili sia per motivi tecnici sia economici in funzione della coltura, del sistema di coltivazione (piena aria o coltura protetta) e dell'epoca di impianto, della destinazione del prodotto (mercato fresco, industria di conservazione e di trasformazione, industria sementiera), delle conoscenze e delle disponibilità tecniche degli operatori e/o delle aziende (Tei e Pannacci, 2017a). Inoltre, negli ultimi anni, la disponibilità di erbicidi registrati sulle colture orticole si è ridotta drasticamente a causa sia di aspetti contingenti al comparto, sia per le recenti restrizioni normative. Ne deriva la necessità di integrare e valorizzare tutte le tecniche di controllo non chimico, che tra l'altro risultano le uniche applicabili nei sistemi di produzione biologica.

Una sintesi sui metodi non chimici per la gestione delle malerbe nelle colture orticole si ritiene, pertanto, utile ad indirizzare la ricerca e le soluzioni applicative. Inoltre, viene fornita una panoramica sulla flora infestante le colture orticole con alcune indicazioni sulle specie "emergenti".

La flora infestante

Molte colture orticole sono caratterizzate da diverse opzioni di tecnica colturale riguardanti la modalità (semina diretta o trapianto) e l'epoca d'impianto, la durata del ciclo colturale, il sistema di coltivazione (in piena aria o in coltura protetta), il tipo di avvicendamento adottato, il livello di intensificazione colturale, le caratteristiche fisiche e chimiche del terreno sede della coltivazione, ecc. La composizione specifica della flora infestante può, pertanto, risultare fortemente variabile anche nell'ambito di una stessa coltura orticola in funzione delle scelte di tecnica colturale.

Schematicamente la flora infestante può essere suddivisa in due grandi gruppi (Tei, 2001; Tei e Pannacci, 2005; Tei e Pannacci, 2017a):

- 1) Specie ad emergenza autunnale, invernale o inizio-primaverile che infestano colture di piena aria a ciclo autunno-vernino e quelle a semina o trapianto in inizio primavera. Fra le specie più importanti possiamo citare, a solo titolo di esempio, alcune graminacee microterme (*Alopecurus myosuroides*, *Avena* spp., *Lolium multiflorum*, *Poa* spp.), diverse composite (*Anthemis arvensis*, *Matricaria chamomilla*, *Galinsoga parviflora*, *Cirsium arvense*, *Senecio vulgaris*, *Sonchus* spp.), crocifere (*Capsella bursa-pastoris*, *Diplotaxis erucoides*, *Raphanus raphanistrum*, *Rapistrum rugosum*, *Sinapis arvensis*), ombrellifere (*Ammi majus*, *Bifora radians*, *Daucus carota*, *Scandix pecten-veneris*), papaveracee (*Papaver rhoeas*, *Fumaria officinalis*), poligonacee (*Fallopia*

convolvulus, *Polygonum aviculare*, *Rumex* spp.), ranunculacee (*Adonis* spp., *Ranunculus* spp.), *Galium aparine*, *Veronica* spp., *Stellaria media*.

- 2) Specie ad emergenza più tipicamente primaverile-estiva che infestano le colture a semina o trapianto nella tarda primavera o in estate. Le specie più frequenti ed abbondanti sono: *Echinochloa crus-galli*, *Digitaria sanguinalis*, *Setaria* spp., *Sorghum halepense*, *Cyperus* spp., *Amaranthus* spp., *Chenopodium album*, *Xanthium italicum*, *Convolvulus arvensis*, *Calystegia sepium*, *Euphorbia* spp., *Mercurialis annua*, *Lamium* spp., *Galeopsis tetrahit*, *Stachys annua*, *Abutilon theophrasti*, *Fallopia convolvulus*, *Polygonum aviculare*, *Polygonum lapathifolium*, *Polygonum persicaria*, *Portulaca oleracea*, *Solanum nigrum*, *Datura stramonium*.

Per alcune colture, o in determinate situazioni climatiche ed agronomiche, i due gruppi possono sovrapporsi oppure succedersi, per cui nelle orticole a ciclo autunno-primaverile o a impianto primaverile precoce, all'inizio del ciclo colturale prevalgono le specie meno termofile, mentre con l'avanzare della stagione, od in coltura protetta, diventano più frequenti, numerose e competitive le specie con più elevate esigenze termiche. Alcune specie, inoltre, risultano "indifferenti" in quanto possono germinare ed emergere in tutti i periodi dell'anno (es. molte *Cruciferae* e *Compositae*, *Poa annua*).

La ristretta gamma di erbicidi disponibili fa sì che i pochi prodotti efficaci e selettivi vengano usati ripetutamente causando la rapida selezione di una flora infestante di compensazione composta soprattutto da specie filogeneticamente, morfologicamente e fisiologicamente simili alla pianta coltivata (es. *S. nigrum* nel pomodoro, *Compositae* nelle insalate, *Cruciferae* nei cavoli) (Lucchin et al., 2001; Tei e Pannacci, 2005; Campagna et al., 2012).

Accanto alle specie infestanti annuali e perenni, in alcune colture orticole (pomodoro da industria, fava, pisello, carota, patata, melone) e in alcuni areali di coltivazione, si evidenzia un'intensa dinamica espansiva di piante parassite appartenenti a diverse specie dei generi *Orobanche* e *Cuscuta* (Zonno et al., 2000; Tei et al., 2002b, 2003; Tei e Pannacci, 2005; Campagna e Rapparini, 2011; Testi et al., 2015) che pongono problemi di controllo di difficile soluzione.

Dal punto di vista applicativo, è particolarmente importante individuare, in ogni coltura e in un determinato contesto agro-ambientale, non solo le "specie chiave" (cioè le specie molto frequenti, abbondanti e verso le quali si incentrano i programmi di controllo), ma anche quelle specie più "sporadiche" che manifestano però, a causa delle loro caratteristiche biologiche ed ecologiche e dei fattori agronomici e pedo-climatici favorevoli, una crescente diffusione e pericolosità. A tale proposito, si possono segnalare le seguenti infestanti "emergenti" a livello nazionale ed internazionale, nelle principali colture orticole: *Cyperus* spp., *A. arvensis*, *Xanthium* spp., *F. officinalis*, *C. sepium*, *D. stramonium* e *A. theophrasti* nel pomodoro da industria; *C. arvensis*, *C.*

arvensis, *Euphorbia* spp., *Equisetum arvense* nella cipolla, *Rumex* spp. nella carota; *Calendula arvensis* e *Oxalis pes-caprae* nelle lattughe; *S. halepense*, *Rumex* spp. e *C. sepium* nei cavoli e cavolfiore (Tei e Pannacci, 2017a, 2017b).

La comunità di malerbe, in ultima analisi, rappresenta una componente dinamica degli agroecosistemi che va attentamente studiata nella sua composizione attuale e nella sua evoluzione futura, anche sempre più per effetto dei cambiamenti climatici in atto, al fine di elaborare sistemi di gestione integrata efficaci ed efficienti sia nel breve sia nel lungo periodo (Lucchin et al., 2001; Vidotto et al., 2013).

Mezzi culturali di controllo

Azioni preventive

Le azioni preventive hanno come scopo principale quello di evitare la diffusione delle malerbe già presenti e l'ingresso di specie "esotiche" seguendo alcune semplici regole di profilassi: impiegare sementi dotate di elevata purezza; pulire gli attrezzi e le macchine agricole quando hanno lavorato terreni infestati da specie rizomatose e/o stolonifere; filtrare adeguatamente le acque irrigue al fine di eliminare i semi in esse trasportati; adottare razionali sistemazioni idraulico-agrarie dei terreni al fine di evitare i ristagni idrici, la diffusione di alcune specie infestanti perennanti (es. *Cirsium arvense*, *Equisetum* spp.) e la crescita stentata delle colture; eliminare dai campi coltivati le piante di quelle specie ritenute di difficile e/o costoso controllo prima della loro disseminazione. Fondamentale risulta, inoltre, la scelta, ove possibile, degli appezzamenti con l'obiettivo di evitare quelli caratterizzati da elevati livelli di infestazione per la coltivazione di specie poco competitive e da seme, quali ad esempio carota, cipolla, aglio e porro o quelli con elevata presenza di infestanti perenni nel caso di colture perenni come ad esempio asparago o colture officinali (Lichtenhahn et al., 2005).

Nelle coltivazioni in serra, occorre evitare l'introduzione di semi e/o organi di propagazione vegetativa delle malerbe mediante l'utilizzo di substrati sterili e materiale vivaistico che ne sia privo. Fondamentale risulta il controllo delle malerbe nelle aree esterne alle serre, da eseguire anche manualmente, così da evitarne la disseminazione e l'introduzione dei loro semi all'interno. Nelle coltivazioni fuori suolo in serra, può risultare utile pavimentare il terreno impiegando teli pacciamanti idonei, allo scopo di impedire l'accrescimento e la disseminazione delle erbe infestanti, nonché il loro continuo controllo (Neal, 2015).

Rotazione delle colture, colture di copertura, consociazioni

La rotazione delle colture determina un'ampia variabilità, nel tempo e nello spazio, dei “disturbi” verso le popolazioni di malerbe evitando così la selezione di specie infestanti adattate a specifiche situazioni colturali (Murphy e Lemerle, 2006; Graziani et al., 2012; Hosseini et al., 2014). In altre parole, la rotazione delle colture permette di mantenere comunità di malerbe dove non sono presenti fenomeni di sostituzione e di resistenza, dove c'è equilibrio tra i vari gruppi biologici ed ecofisiologici, dove non predominano specie vicine, dal punto di vista sistematico, alla pianta coltivata e, in definitiva, di favorire comunità di malerbe meno competitive e più facile da gestire (Benoit et al., 2003; Eyre et al., 2011; Bonciarelli et al., 2016). I principi base sono, classicamente, i seguenti:

- alternare colture con differente tipo di vegetazione: ortaggi da foglia (lattuga, spinacio, cavoli), da radice (carote, bietola rossa, cicoria, etc.) o da tubero (patata), da bulbo (cipolla, aglio), da frutto (solanacee, cucurbitacee), da seme (diverse specie);
- inserire quando possibile i cereali (cereali vernini, mais, sorgo);
- alternare colture con cicli colturali differenti;
- evitare l'omosuccessione;
- alternare colture con bassa (es. cipolla, aglio, porro, ravanella, insalate) e alta capacità competitiva (es. patata, cucurbitacee, etc.);
- alternare colture nelle quali il controllo delle malerbe è più facile ed economico con quelle che hanno invece una gestione più critica.

Se i principi agronomici di base e la loro importanza nella gestione integrata delle malerbe sono inequivocabili, nella realtà operativa (soprattutto nelle colture protette), rotazioni (o avvicendamenti) razionali sono, purtroppo, spesso trascurate per la priorità assegnata a esigenze di carattere economico e di mercato. Omosuccessione e/o avvicendamenti molto stretti, abbinati all'uso ripetuto di pochi erbicidi, sono la causa della formazione di competitive e pertinaci flore di sostituzione in alcuni areali italiani (si pensi alle problematiche create dalle infestanti composite nelle aree venete del radicchio, dalle ombrellifere nelle zone laziali e abruzzesi di produzione della carota, etc.).

Diversi autori (Müller-Schärer e Potter, 1991; Ngouajio et al., 2003) hanno studiato la possibilità di inserire nella rotazione, delle colture di copertura (*cover crops*), in genere graminacee, leguminose e/o crocifere, le quali, oltre a migliorare la gestione delle malerbe, possono mantenere o incrementare la fertilità del terreno e ridurre i rischi di erosione del terreno. Le *cover crops* possono essere anche impiegate come sovesci (Boydston e Hang, 1995; Tosti et al., 2012), come pacciamatura verde (*dead mulching*) lasciando i residui in posto (Kruidhof et al., 2011; Tittarelli et al., 2014) o come pacciamatura viva (*living mulching*) in consociazione temporanea con la coltura da reddito (Brainard

e Bellinder, 2004; Tosti e Guiducci, 2010; Brainard et al., 2012). La risposta tecnica delle colture di copertura è comunque fortemente influenzata dalla loro gestione (scelta della specie, epoca di semina, epoca di interrimento o di sfalcio, composizione della flora infestante, disponibilità di risorse idriche e nutritive, temporanea e limitata competizione con la coltura da reddito) e dalla loro interazione con le operazioni di IWM e con l'ambiente (Hartwig e Ammon, 2002; Den Hollander et al., 2007; Weeraratne et al., 2017). A tal proposito, una ricerca eseguita confrontando tra loro diverse *cover crops* (*Lolium multiflorum* L., *Avena sativa* L., *Secale cereale* L., *Triticum aestivum* L., *Trifolium meneghinianum* Clem., *T. alexandrinum* L., *Vicia sativa* L., *Vicia villosa* Roth.) interrate prima della coltivazione del peperone, ha dimostrato come *V. villosa* abbia fornito i migliori risultati, riducendo l'emergenza delle malerbe del 73% e del 70%, rispettivamente a 28 e 56 giorni dopo il suo interrimento e consentendo le più alte rese di peperone (Isik et al., 2009). Campiglia et al., (2010) hanno confermato come *V. villosa* possa essere positivamente impiegata come *cover crop* e *dead mulch* anche su pomodoro in biologico, consentendo rese elevate e un buon controllo delle malerbe. Le *cover crops*, inoltre, possono determinare interazioni di tipo allelopatico con le colture orticole e le malerbe (John et al., 2010).

La consociazione vera e propria tra due colture orticole da reddito, grazie a nuove soluzioni tecniche per la raccolta, potrebbe suscitare un certo interesse nell'ambito di sistemi organici e a basso input, come dimostrato da Baumann et al. (2000) in uno studio con porro e sedano.

Infine, in caso di infestazione di piante parassite, nella rotazione possono essere inserite “piante trappola” che stimolano la germinazione dei semi dell'infestante senza essere parassitizzate, permettendone così un controllo adeguato: è questa la tattica proposta con la semina di pisello, erba medica, soia, aglio, sorgo o mais nel controllo di infestazioni di *Orobancha* spp. (Rubiales et al., 2009; Covarelli et al., 2010).

Lavorazione del terreno e falsa semina

La scelta del tipo e della profondità delle lavorazioni preparatorie influenza la dinamica dello stock di semi nel terreno e delle emergenze delle malerbe in relazione a dormienza, longevità, dimensione dei semi e a capacità di emergenza delle plantule da strati più o meno profondi del terreno (Ferrero e Vidotto, 1998; Baldoni et al., 2000). Schematicamente e sinteticamente si può affermare che le lavorazioni minime tendono ad accumulare i semi di malerbe negli strati più superficiali del terreno e perciò a favorire la germinazione e l'emergenza delle specie con semi piccoli, poco dormienti e longevi. Particolare attenzione va perciò posta nel loro controllo con le lavorazioni complementari e con i successivi metodi diretti di controllo al fine di evitare l'aumento delle infestazioni per disseminazione delle piante sopravvissute.

L'aratura e il successivo rimescolamento del terreno con le lavorazioni complementari (estirpature ed erpicature) determinano una distribuzione piuttosto omogenea dei semi lungo il profilo lavorato. Ciò, ha effetti positivi sul controllo delle malerbe caratterizzate da semi poco longevi e dormienti, che interrati in profondità possono devitalizzarsi, mentre sposta solo nel tempo i problemi creati da quelle malerbe con semi che entrano in dormienza secondaria e che hanno elevata longevità (Baldoni e Benvenuti, 2001; Graziani et al., 2007; Chauhan e Johnson, 2009).

L'adozione delle lavorazioni minime e delle non lavorazioni in agricoltura conservativa ha conosciuto negli ultimi anni un notevole incremento. Per una gestione efficace delle malerbe in agricoltura conservativa è fondamentale ridurre la banca semi all'inizio della fase di transizione, limitando poi la disseminazione (Chauhan et al., 2012; Otto et al., 2017). Tuttavia, l'agricoltura conservativa è un sistema colturale dove certe malerbe, che ben si adattano ad esso e poco sensibili agli erbicidi, possono rapidamente diffondersi e/o manifestare insorgenza di resistenza agli erbicidi, come sta avvenendo ad esempio per *Conyza canadensis* in Italia (Otto et al., 2017; Gire, 2018; Pannacci et al., 2018a).

Un terreno ben preparato si rivela sempre premessa indispensabile per un miglior impianto (semina e/o trapianto) e più rapido insediamento della coltura, per una miglior applicazione ed efficacia dei successivi interventi di controllo meccanico e per una corretta azione degli erbicidi residuali eventualmente applicati.

La preparazione anticipata (di 3-4 settimane rispetto alla semina o al trapianto della coltura) del letto di impianto della coltura (falsa semina) coadiuvata, se necessario, anche da un intervento irriguo, è una tecnica che tende a stimolare l'emergenza anticipata (rispetto alla semina o al trapianto della coltura) di un certo numero di malerbe dai primi strati di terreno (4-6 cm) (Melander et al., 2005; Rasmussen et al., 2011; Pannacci et al., 2017a). Le malerbe emerse possono poi essere eliminate mediante una leggerissima lavorazione meccanica (erpatura con erpice a maglia o erpice strigliatore), con il pirodiserbo o con l'applicazione di un erbicida ad azione totale (glifosate), riducendo di conseguenza l'infestazione nella coltura. Nell'applicazione di tale tecnica mediante l'ausilio di mezzi meccanici è fondamentale che le erpicature interessino il terreno molto superficialmente (1-2 cm) e che l'impianto della coltura avvenga con il minimo disturbo del terreno, al fine di evitare di riportare in superficie nuovi semi, presenti negli strati più profondi, ed esporli a favorevoli condizioni per la germinazione: ciò, infatti, darebbe origine all'emergenza di malerbe contemporanea alla coltura, vanificando in parte il vantaggio della falsa semina (Pannacci et al., 2017a). Tutto ciò, comporta, inoltre, la necessità, in caso di emergenze scalari, di successivi interventi meccanici di erpicatura, al fine di poter intervenire efficacemente su malerbe ai primi stadi di accrescimento (Pannacci et al., 2017a). La falsa semina si è dimostrata fondamentale nella gestione

delle malerbe in sistemi integrati e biologici su carota (Tei et al., 2002b; Peruzzi et al., 2005), cipolla (Tei et al., 1999), cavoli (Tei et al., 2005), spinacio (Tei et al. 2002a; Peruzzi et al., 2006), lattughe (Tei et al., 2007) e peperone (Pannacci et al., 2015).

Scelta della cultivar

Le *cultivars*, oltre che per la capacità produttiva, la resistenza alle avversità parassitarie e le caratteristiche qualitative, dovrebbero essere selezionate e scelte anche per quelle caratteristiche morfologiche e fisiologiche (es. sviluppo dell'apparato radicale, rapida crescita iniziale, apparato fogliare ampio e ombreggiante, azione allelopatica, ecc.) che determinano una buona competitività nei confronti delle malerbe. L'impiego di *cultivars* caratterizzate da elevata capacità competitiva dovrebbe essere considerato un aspetto importante nell'ambito di un sistema integrato di gestione delle malerbe nelle colture orticole in sistemi colturali a basso input e/o biologici (Lammerts et al., 2011). Tuttavia, è solo da pochi anni che questi aspetti sono stati presi in considerazione sia dai miglioratori vegetali sia dalle ricerche agronomiche e malerbologiche (Ngouajio et al., 2001; Paolini et al., 2006; Radicetti et al., 2012).

Impianto della coltura

È fondamentale impiegare semi con elevato vigore e seminare all'epoca e profondità adeguate, su terreni ben preparati, così da avere emergenze regolari ed uniformi e perciò una coltura che si insedia rapidamente ed esercita una migliore competizione verso le malerbe.

Nelle colture in cui è possibile, è preferibile il trapianto alla semina diretta in quanto si crea un vantaggio competitivo iniziale a favore della coltura, il periodo critico della competizione si accorcia e risulta più agevole l'adozione dei mezzi di controllo meccanici. L'aumento della densità d'impianto e l'adozione di file più strette per aumentare la competitività della coltura (Norris et al., 2001; Uludag et al., 2003) possono offrire delle opportunità applicative interessanti, così come l'impiego di file binate (es. in peperone, pomodoro, cavolfiore, ecc.). In alcune colture, però, il costo delle piantine da trapianto (es. pomodoro, peperone, ecc.), l'effetto negativo di una maggiore densità sulle dimensioni e sulle specifiche qualitative del prodotto commerciale (es. cavolfiori, lattughe, ecc.) e la necessità di avere file ben spaziate per l'utilizzo dei mezzi meccanici di controllo delle malerbe (es. in cipolla, carota, finocchio, ecc.) limitano questo aspetto della gestione integrata (Bastiaans et al., 2008; Tei e Pannacci, 2017a). Al contrario, in colture normalmente seminate fitte, dove i mezzi meccanici non risultano applicabili (con l'esclusione dell'erpice strigliatore), potrebbe essere utile rivedere le modalità d'impianto, adottando file più larghe al fine di poter impiegare in maniera più agevole i

mezzi meccanici di controllo tra le file (es. sarchiatrici tradizionali, sarchiatrici di precisione, ecc.) (Pannacci et al., 2017b).

Irrigazione e concimazione

Il ruolo dell'irrigazione e della concimazione nell'ambito di programmi di gestione integrata delle malerbe non è di facile comprensione, definizione e applicazione. Infatti, la disponibilità di acqua e di elementi nutritivi è un fattore che può avvantaggiare sia le malerbe sia la coltura, in relazione alle loro caratteristiche eco-fisiologiche, determinando un'influenza sui rapporti competitivi non facilmente prevedibile (Ugen et al., 2002; Santos et al., 2004a). In generale si intuisce l'importanza applicativa anche per l'IWMS della fertilizzazione localizzata, la quale, tende a favorire la crescita iniziale della coltura (es. fertilizzazione starter) e/o a limitare l'apporto di elementi fertilizzanti e di acqua (es. fertilizzazione a bande, fertirrigazione, irrigazione localizzata) alla sola pianta coltivata (Santos et al., 2004b).

Negli agroecosistemi irrigui, le variazioni spaziali e temporali dell'umidità del terreno possono offrire opportunità per il controllo delle malerbe. La semina profonda di colture a seme grande su terreno asciutto in superficie e più umido in profondità, può fornire un vantaggio iniziale alle colture rispetto alle malerbe (Nichols et al., 2015). Una strategia simile può essere adottata in ambienti aridi con orticole seminate o trapiantate e gestite mediante subirrigazione localizzata; in questo modo, il terreno, in prevalenza asciutto negli strati superficiali, limita l'emergenza, l'accrescimento, la competizione e la produzione di semi delle malerbe (Efthimiadou et al., 2009). Inoltre, l'applicazione di una leggera irrigazione subito dopo la preparazione anticipata del letto di semina, può favorire notevolmente l'emergenza delle malerbe e la loro successiva eliminazione prima della semina o del trapianto delle orticole, incrementando in tal modo l'effetto positivo della falsa semina nell'eliminazione iniziale della competizione malerbe/coltura. Ciò tanto più in colture ad impianto primaverile-estivo per la minor probabilità di piogge utili durante la falsa semina.

Mezzi meccanici di controllo

Sotto la spinta delle esigenze dell'agricoltura biologica, nell'ultimo quindicennio sono stati raggiunti considerevoli miglioramenti nel controllo delle malerbe con mezzi meccanici nelle colture a file spaziate (Raffaelli e Peruzzi, 1998; Bond e Grundy, 2001; Van der Weide et al., 2008; Pannacci e Tei, 2014; Pannacci et al., 2018b).

I mezzi meccanici rappresentano un valido ed attuale strumento di controllo delle piante infestanti, in quanto consentono una buona efficacia, rapidità d'azione e nessuna residualità, nonché assenza di inquinamento delle produzioni agricole (Ferrero e Casini, 2001a; Pannacci, 2005): non a caso, il

controllo meccanico costituisce lo strumento fondamentale di lotta diretta alle malerbe nei sistemi colturali a basso input e biologici (Pannacci et al., 2017a). Tuttavia, anche nei sistemi agricoli convenzionali, il ricorso al controllo meccanico, integrato con gli altri mezzi di controllo, può costituire un'importante elemento di gestione delle malerbe, consentendo di ridurre l'impiego del diserbo chimico, controllare eventuali specie resistenti agli erbicidi riducendone l'incidenza, e in definitiva, contribuire a ridurre la pressione di selezione e quindi il tasso di evoluzione delle comunità di malerbe, al fine di limitare i fenomeni di comparsa di flore di sostituzione (Berti et al., 2001).

Non va, tuttavia, dimenticato che il controllo meccanico presenta alcuni inconvenienti: maggior impiego di tempo e risorse che possono interferire con le altre pratiche colturali; forte dipendenza dalle condizioni pedoclimatiche che possono influenzare sia la tempestività degli interventi che la loro efficacia (che comunque risulta sempre difficile sulla fila della coltura); necessità di una buona preparazione del personale tecnico per la regolazione e l'impiego corretto dei mezzi meccanici; costi, in alcuni casi piuttosto elevati, per l'acquisto e la manutenzione dei mezzi meccanici (Pannacci, 2005; Van der Schans et al., 2006; Pannacci e Tei, 2015).

I mezzi meccanici possono essere suddivisi, in funzione della diversa localizzazione dell'azione di controllo, in due gruppi principali:

1. Mezzi meccanici a prevalente azione di controllo nell'interfila della coltura
2. Mezzi meccanici a prevalente azione di controllo nella fila della coltura

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

Nelle colture orticole a file distanziate, il controllo meccanico delle malerbe può essere realizzato in modo selettivo con attrezzature in grado di lavorare nell'interfila. Normalmente l'azione di controllo è piuttosto energica e la devitalizzazione delle malerbe avviene per estirpazione, taglio, trinciatura o lacerazione e ricoprimento (Tabella 1).

Sarchiatrici

Le sarchiatrici tradizionali, in funzione degli organi operativi che utilizzano per il controllo delle infestanti, possono essere distinte in: sarchiatrici ad organi fissi e sarchiatrici ad organi rotanti.

Le sarchiatrici ad organi fissi presentano utensili lavoranti di varia forma (lame orizzontali, vangheggie, zappette a doppio tagliente, ecc.) montati su elementi rigidi o flessibili e necessitano di essere trainate dalla trattrice per poter svolgere la propria azione di controllo. In genere, gli elementi rigidi sono da preferire in terreni argillosi e tenaci che tendono a formare crosta superficiale, in quanto riescono meglio a penetrare nel terreno devitalizzando le infestanti; in terreni di medio impasto o sabbiosi ricchi di scheletro sono da preferire gli elementi flessibili (Frondoni e Bàrberi, 2000;

Pannacci e Tei, 2015). Il controllo si realizza soprattutto mediante azione di taglio, estirpamento e ricoprimento delle infestanti; ciò dipende naturalmente dal tipo di organo lavorante utilizzato e dalla specie e stadio di sviluppo dell'infestante.

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

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

L'efficacia della sarchiatura nel controllo delle piante infestanti è molto legata a fattori sito-specifici, quali caratteristiche del terreno (tessitura, umidità), condizioni climatiche prima e dopo gli interventi, oltre naturalmente agli aspetti relativi alle caratteristiche tecniche degli organi lavoranti (dimensione, forma, profondità d'intervento). Le piogge che intervengono al momento o poco dopo la sarchiatura, ad esempio, possono ridurre fino al 30-40% l'efficacia dell'intervento (Ferrero e Casini, 2001a; Lichtenhahn et al., 2005; Pannacci et al., 2017a). Le sarchiatrici, tuttavia, grazie alla buona profondità di lavorazione ed all'azione energetica degli elementi lavoranti, sono in grado di controllare le malerbe fino ad avanzati stadi di accrescimento; da evitare, però, l'impiego di sarchiatrici ad organi rotanti taglienti (es. multifrese) in presenza di malerbe perenni, al fine di evitare la frammentazione e la diffusione degli organi di propagazione vegetativa (Pannacci et al., 2017a).

Il limite principale della sarchiatura, tuttavia, consiste nella ridotta capacità di contenere l'infestazione presente nella fila (Ascard e Bellinder, 1996; Ascard e Fogelberg, 2002). La sarchiatura può essere abbinata, in colture che lo consentono, alla rincalzatura che aumenta il controllo delle malerbe (quelle non oltre le 4-6 foglie vere) lungo la fila come dimostrato su mais, girasole e soia (Balsari et al., 1993; Pannacci e Covarelli, 2003, 2004; Pannacci e Tei, 2014). Colture orticole come porro, cavoli, carota, cipolla, sedano e spinacio possono adattarsi bene alla rincalzatura (Lichtenhahn et al., 2005; Pannacci et al., 2008).

“Sarchiatrici di precisione” realizzate presso l’Università di Pisa con diverse combinazioni di elementi sarchianti (zampe d’oca, utensili ad “L”, dischi e denti elastici), allo scopo di aumentarne le possibilità d’intervento su interfile più strette (fino a 20-25 cm) e più vicino alle file delle colture, hanno fornito ottimi risultati, rispetto a sarchiatrici tradizionali, su colture orticole come carota, radicchio, finocchio, cipolla e spinacio in biologico (Peruzzi et al., 2005; Peruzzi et al., 2017).

La sarchiatura dell’interfila può trovare, inoltre, un’ottima integrazione con il diserbo chimico della fila; grazie a questa tecnica è possibile ridurre fino al 65% l’impiego di prodotto chimico (Balsari et al., 1989; Covarelli, 1989; Pannacci e Tei, 2014).

Spazzolatrici

Le spazzolatrici rotative sono macchine per il controllo meccanico delle piante infestanti la cui azione sulle malerbe è di lacerazione ed estirpazione ad opera di spazzole in polipropilene mosse dalla presa di potenza della trattrice e ruotanti attorno ad un asse orizzontale o verticale (Figura 1) (Ferrero e Vidotto, 1998; Ascard et al., 2014). Le prime determinano il controllo delle infestanti sull’interfila, le seconde prevalentemente vicino alla fila della coltura. Nei modelli ad asse orizzontale la posizione delle spazzole sull’albero orizzontale può essere variata a seconda delle dimensioni dell’interfila e la coltura viene protetta con apposite schermature (Raffaelli e Peruzzi, 1998) (Figura 1a). Il terreno viene interessato solo superficialmente durante l’intervento riducendo il rischio di stimolare l’emergenza di nuove malerbe. Le spazzolatrici trovano applicazione soprattutto nelle colture orticole (Tei et al., 2003; Tei e Pannacci, 2005; Tei e Pannacci 2017a) e su malerbe ai primi stadi di sviluppo (Fogelberg e Dock Gustavsson, 1999). Gli aspetti negativi sono la scarsa efficacia nei confronti delle infestanti in stadi fenologici avanzati, la scarsa capacità operativa (0,3-0,5 ha h⁻¹) oltre ad una rapida usura delle spazzole ed una forte dipendenza dell’intervento dalle condizioni di umidità del terreno.

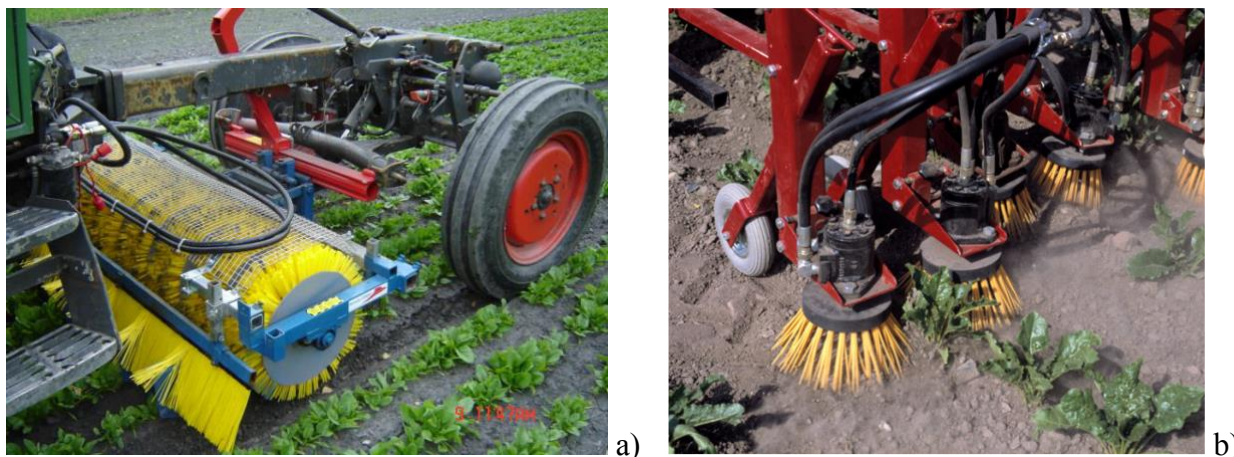


Figura 1. Spazzolatrici: a) ad asse orizzontale (fonte: www.fobro-mobil.ch); b) ad asse verticale (da Ascard et al., 2014)

Sarchia-separatrice (split-hoe)

Apparsa alla fine degli anni '90 sul mercato, la sarchia-separatrice, è stata progettata e brevettata in Germania (Asperg Gartnerebedarf, Germany) per il controllo delle infestanti nell'interfila di colture erbacee, in particolare orticole. Questa macchina riunisce in sé i vantaggi della sarchiatrice, della fresatrice interfilare e della spazzolatrice senza ereditarne gli svantaggi. Infatti, mentre ognuna di queste tre attrezzature ha alcuni limiti d'impiego legati al tipo di infestante, alla tessitura ed umidità del terreno, la sarchia-separatrice risulta meno dipendente dai fattori indicati e quindi in grado di operare con un margine di applicazione più ampio rispetto alle altre tre, presentando, inoltre, un'azione meccanica energica e non selettiva tra infestanti giovani o più sviluppate e annuali o perenni (Bàrberi e Frondoni, 1999, Pannacci e Tei, 2014; Pannacci et al., 2017a).

Questa macchina determina il controllo delle infestanti su colture con interfile di 40-50 cm fino a 20-25 cm, lasciando una sottile striscia (circa 8-10 cm) di terreno non lavorato a cavallo della fila, in corrispondenza di particolari carter a protezione della coltura (Figura 2a). L'azione di controllo delle infestanti è svolta da zappette rigide larghe e piane con vomeri orizzontali simmetrici e da robusti fili di acciaio flessibili montati su flange rotanti a mo' di spazzola (Figura 2b). Le zappette tagliano e sollevano le infestanti assieme alla terra, mentre i fili di acciaio le estirpano e separano dal terreno, facendole ricadere sulla superficie, con le radici prive di terra, in modo tale che possano disseccare più facilmente e rapidamente (Figura 3). Per quanto riguarda la sperimentazione, buoni livelli di efficacia sono stati ottenuti su barbabietola da zucchero in prove condotte in Emilia Romagna (Bartolozzi, 2001).



Figura 2. a) Sarchia-separatrice su spinacio (interfile di 25 cm): sono visibili i carter a protezione della coltura; b) fili di acciaio flessibili montati su flange rotanti a mo' di spazzola (da Tei et al, 2002a)



Figura 3. (a) Malerbe dicotiledoni e (b) monocotiledoni sulla superficie del terreno, con le radici prive di terra, dopo un trattamento con sarchia-separatrice su soia (interfile di 50 cm) (da Pannacci e Tei, 2015).

Nel centro Italia, in prove sperimentali su girasole infestato da *Amaranthus retroflexus* L., *Solanum nigrum* L., *Chenopodium album* L. ed *Echinochloa crus-galli* L., la sarchia-separatrice ha fornito valori di efficacia variabili dal 65% al 90% rispetto al controllo non trattato (Pannacci e Covarelli, 2005). Negli stessi ambienti con infestazioni simili, risultati analoghi sono stati ottenuti anche su mais, soia e favino (Pannacci e Tei, 2014; Pannacci et al., 2018b). Gli stessi autori, inoltre, hanno evidenziato come su cipolla da seme trapiantata ad interfile di 50 cm e spinacio seminato ad interfile di 25 cm, il controllo meccanico con sarchia-separatrice abbia consentito una riduzione del numero delle malerbe, rispetto al controllo non trattato, pari al 70% e 80%, rispettivamente (Tei et al, 2002a; Pannacci et al., 2008; Pannacci e Tei, 2015). Ciò consente di poter affermare che la sarchia-separatrice potrebbe trovare favorevole applicazione per il controllo meccanico delle malerbe in colture orticole seminate o trapiantate ad interfile strette anche fino a 20-25 cm (ad es. lattughe, radicchi, cavoli, carota, cipolla, finocchio, cece, lenticchia, fagiolo, ecc.), in interventi precoci anche ripetuti nel

tempo, con la limitazione legata al portamento ed allo stadio di sviluppo delle colture, per la necessità che queste debbano passare al di sotto dei carter di protezione senza essere danneggiate (Figura 2a).

Mezzi meccanici a prevalente azione di controllo nella fila della coltura

Nel controllo meccanico delle piante infestanti le colture agrarie, diverse sperimentazioni hanno mostrato come il problema maggiore sia rappresentato dal controllo delle infestanti nella fila delle colture (Ascard e Bellinder, 1996; Melander e Rasmussen, 2001; Ascard e Fogelberg, 2002; Pannacci e Tei, 2014; Melander et al, 2015; Pannacci et al., 2017a; Peruzzi et al., 2017). Ciò ha portato allo sviluppo, soprattutto negli ultimi anni, di mezzi meccanici in grado di migliorare il controllo delle infestanti nella fila, garantendo al contempo una buona selettività per le colture, così che impiegati in abbinamento ai mezzi meccanici per il controllo nell'interfila possano consentire un aumento dell'efficacia totale degli interventi (Tabella 2).

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

Tra i mezzi meccanici sviluppati piuttosto recentemente per il controllo delle infestanti nella fila, interessante risulta essere il diserbatore rotante a dita o “finger-weeder” (Kress Umweltschonende Landtechnik, Germany, <https://www.kress-landtechnik.eu/en/produkte/fingerhacke.php>; Steketee, The Netherlands, <https://www.steketee.com/en/mechanical-weedcontrol/fingerweeder/>; Schmotzer, Germany, <https://schmotzer.de/en/cultivators/335094/single-parallelgram-epp.html>) (Figura 4). Questa macchina dispone di elementi sarchianti a “zampa d’oca” rigidi e a doppio tagliente, operanti nell'interfila, ad esse è affiancata una coppia di piattelli folli (disponibili in tipologie diverse per diametro e lunghezza e flessibilità dei denti gommati) leggermente inclinati rispetto all’orizzontale, che lavorano uno di fronte all’altro sulla fila e dotati radialmente di dita gommate la cui funzione è quella di penetrare lungo la fila della coltura, smuovendo superficialmente il terreno, allo scopo di sradicare le malerbe (Figura 4) (Pannacci e Tei, 2015). La profondità di lavoro varia generalmente da 1 a 3 cm. Questa macchina, per la precisione che richiede durante l’intervento, viene utilizzata con larghezze di lavoro e velocità di avanzamento che sono limitate dalle possibilità di guida e che perciò non superano le 6 file ed i 4-5 km h⁻¹ (Raffaelli e Peruzzi, 1998).

Esperienze sperimentali condotte su colture orticole hanno mostrato un’efficacia nel controllo delle malerbe non sempre soddisfacente, soprattutto su infestanti oltre le 2-4 foglie vere e in terreni compatti, ed una selettività non sempre garantita verso le colture, soprattutto su colture seminate e nei primi stadi di accrescimento, quando più delicate e non ancora ben radicate (Ascard e Bellinder, 1996; Kurstjens e Bleeker, 2000; Ascard et al., 2014). In particolare, il trattamento con finger-weeder su cipolla seminata allo stadio di cotiledone (4-5 cm) - prima foglia (1-2 cm), in presenza di un’elevata

infestazione di *P. oleracea* (182 piante m⁻²) e *A. retroflexus* (27 piante m⁻²) ha consentito un controllo delle malerbe del 50% e una scarsa selettività per la cipolla, con un danno del 25% in termini di riduzione della densità della coltura (Pannacci et al., 2007; Pannacci et al., 2008). Negli stessi ambienti, con un'infestazione simile su spinacio seminato ad interfile di 25 cm, un trattamento con finger-weeder eseguito con la coltura allo stadio di 4-6 foglie vere e le malerbe allo stadio di 2-4 foglie vere, ha mostrato un'efficacia pari al 68% senza arrecare danno allo spinacio (Tei et al., 2002a). Esperienze su pomodoro trapiantato in biologico hanno evidenziato per finger-weeder una buona efficacia nel controllo di malerbe dicotiledoni nella fila ed una buona selettività verso la coltura (Guiducci, comunicazione personale). In sperimentazioni su barbabietola da zucchero la finger-weeder ha mostrato, oltre ad una modesta efficacia, una scarsa selettività che ne sconsiglia l'impiego prima delle 4-6 foglie della coltura (Tugnoli, 2002). Su mais, girasole e soia in presenza di elevate infestazioni di *A. retroflexus*, *Portulaca oleracea*, *C. album* ed *E. crus-galli*, l'impiego della finger-weeder pur garantendo una buona selettività, ha mostrato un'efficacia erbicida sempre inferiore al 65%, a causa della sua azione poco energica che ne riduce l'efficacia verso le malerbe oltre le 2-4 foglie vere, specialmente se graminacee, e in terreni tenaci (Pannacci e Tei, 2014). In situazioni di scarse infestazioni con prevalenza di specie dicotiledoni e su terreni tendenzialmente sciolti, la finger-weeder può trovare una valida applicazione, sia da sola per il controllo sulla fila, sia in abbinamento alla sarchia-separatrice per migliorare l'efficacia complessiva del trattamento meccanico, su una buona gamma di colture orticole (Tabella 2) (Pannacci e Covarelli, 2005; Pannacci et al., 2008; Pannacci e Tei, 2014; Pannacci e Tei, 2015; Pannacci et al., 2017a).



Figura 4. a) Finger-weeder: sono visibili gli elementi sarchianti a “zampa d’oca” e i piattelli con le dita gommate (da Pannacci e Tei, 2015); b) finger-weeder durante un trattamento su lattuga (fonte: Kress Umweltschonende Landtechnik).

Diserbatore elastico (torsion-weeder)

Questo attrezzo, molto semplice, è costituito da denti elastici di acciaio (diametro di circa 9 mm). Questi formano una spirale in corrispondenza dell'attacco al telaio (per conferirgli elasticità) e presentano una prima parte rettilinea verticale di circa 30-40 cm che raggiunge il terreno, a livello del quale hanno una torsione verso la fila della coltura con una seconda parte orizzontale, più corta della precedente, che arriva ad operare in prossimità della pianta coltivata (Figura 5) (Raffaelli e Peruzzi, 1998; Pannacci e Tei, 2015). Normalmente, tale utensile viene inserito in attrezzature più complesse come le “sarchiatrici di precisione” che ne consentono un miglior adattamento al terreno e con altri utensili (lame orizzontali, zappette a doppio tagliente) che ne completano il controllo tra le file (Peruzzi et al., 2005). Il *torsion-weeder* trova applicazione soprattutto su colture orticole, dove ha mostrato buoni risultati di efficacia uniti ad una buona selettività (Tabella 2). Su cipolla trapiantata, un intervento con erpice strigliatore seguito da tre interventi con *torsion-weeder* hanno ridotto dell'85% il numero delle malerbe sulla fila e del 73% il tempo richiesto per la sarchatura manuale, senza causare perdite di produzione; ciò, rispetto alla normale strategia di gestione basata su un intervento con erpice strigliatore seguito da una sarchiatura interfilare (Ascard e Fogelberg, 2008). Su porro il *torsion-weeder* ha fornito un controllo delle infestanti pari all'80% (Kurstjens e Bleeker, 2000).



Figura 5. Diserbatore elastico o “torsion-weeder” (da Ascard et al., 2014).

Esperienze condotte su mais e barbabietola da zucchero hanno mostrato una buona efficacia soprattutto su infestanti nei primi stadi di sviluppo e la possibilità di essere abbinato favorevolmente alle sarchiatrici di precisione; la selettività è spesso condizionata dallo stadio della coltura e da una corretta regolazione dell'attrezzo (Kurstjens e Bleeker, 2000; Raffaelli et al., 2005; Peruzzi et al., 2006; Peruzzi et al., 2017). Infatti, pur essendo un attrezzo efficace ed economico è spesso poco

utilizzato per la necessità di una regolazione attenta e continua, unitamente ad una guida di precisione (Ascard et al., 2014).

Erpice strigliatore

L'erpice strigliatore è un attrezzo costituito da due o più telai modulari su cui sono inseriti denti elastici di diametro variabile da 6 a 8 mm conformati a "J" e disposti su più file in modo da operare anche su porzioni di terreno molto vicine tra loro, fino ad una distanza minima di 2,5 cm (Figura 6). La profondità di lavoro dei denti può essere regolata variando sia la quota di appoggio di appositi "ruotini" posti anteriormente, sia l'inclinazione dei denti, cioè l'angolo che questi formano con la perpendicolare alla superficie del terreno. Per questi ed altri motivi, l'erpice strigliatore può essere considerato un mezzo meccanico dotato di una buona flessibilità d'impiego nel controllo meccanico delle infestanti. Infatti, oltre all'impiego sui cereali autunno-vernini, dove rappresenta l'unico mezzo di controllo diretto nel caso di agricoltura biologica, negli ultimi anni diverse sperimentazioni hanno mostrato la possibilità di utilizzare favorevolmente l'erpice strigliatore anche su colture a file spaziate come mais, girasole, soia, fagiolino, carota, cipolla, ecc. (Tabella 2; Figura 6a) (Ascard e Bellinder, 1996; Raffaelli et al., 2002a, 2002b; Pannacci e Tei, 2014; Pannacci et al., 2017a, 2017b; Peruzzi et al., 2017). Al fine di limitare al minimo i danni nei confronti delle colture, l'erpice strigliatore dovrebbe essere impiegato non prima che queste abbiano ben radicato, in genere dopo lo stadio di 4 foglie (Lichtenhahn et al., 2005; Pannacci e Tei, 2014). A tal proposito, sono da preferire le colture a semina più profonda come pisello, lenticchia, fagiolo, cece e le colture orticole trapiantate, in quanto caratterizzate da un precoce e miglior ancoraggio radicale al terreno e quindi una maggior tolleranza all'azione dell'erpice strigliatore. Inoltre, l'erpice strigliatore risulta efficace prevalentemente su malerbe dicotiledoni ai primi stadi di sviluppo (cotiledoni-prime foglie vere). Le malerbe graminacee risultano meno sensibili all'azione di sradicamento e ricoprimento esercitata dall'erpice strigliatore (Pannacci et al., 2017b). Oltre all'impiego in presenza della coltura, l'erpice strigliatore può essere utilizzato anche in assenza della coltura per l'eliminazione delle infestanti prima della semina, quando venga realizzata la preparazione anticipata del letto di semina, o in trattamenti in pre-emergenza della coltura, nel caso di colture a lenta emergenza o quando la falsa semina non sia stata eseguita (van der Schans et al., 2006; Pannacci et al., 2017a; Peruzzi et al., 2017).

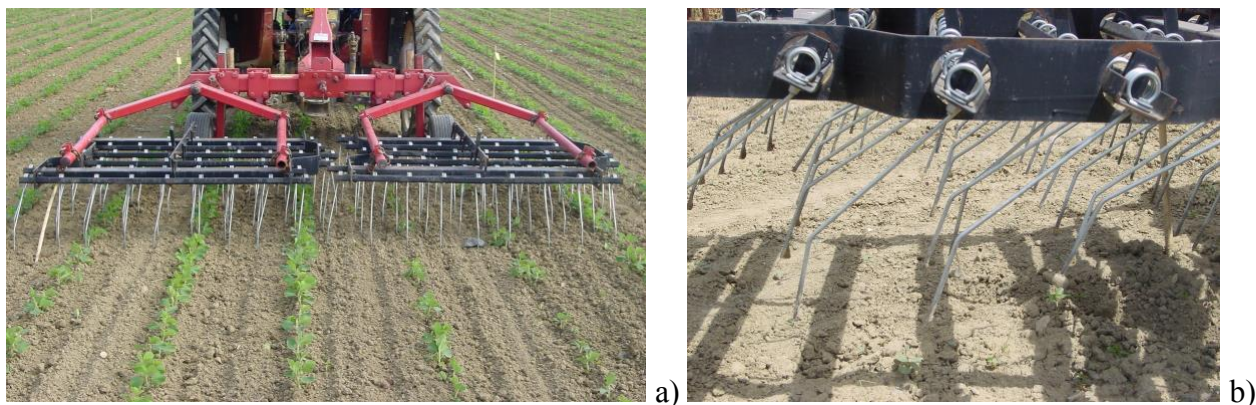


Figura 6. a) Erpice strigliatore durante un trattamento su soia; b) particolare dei denti elastici.

In prove sperimentali su cipolla da seme, il trattamento con erpice strigliatore eseguito con la coltura allo stadio di prima foglia lunga 1-2 cm, in presenza di un'elevata infestazione di *P. oleracea* (182 piante m⁻²) e *A. retroflexus* (27 piante m⁻²) allo stadio di 2 foglie vere, ha consentito un controllo delle malerbe di appena il 25% con un danno di circa il 50% in termini di riduzione della densità della coltura (Pannacci et al., 2007; Pannacci et al., 2008; Pannacci e Tei, 2015). Prove sperimentali realizzate nel centro Italia, su infestazioni di *A. retroflexus*, *P. oleracea*, *C. album*, *P. persicaria*, *D. sanguinalis* ed *E. crus-galli*, hanno mostrato come l'erpice strigliatore non riesca a fornire livelli di controllo superiori al 50%, per la ridotta efficacia nei confronti di malerbe oltre le 2 foglie vere e in particolare nei confronti di *P. persicaria*, *D. sanguinalis* ed *E. crus-galli* (Pannacci e Tei, 2014). Gli stessi autori hanno dimostrato come su queste malerbe un doppio intervento contemporaneo con erpice strigliatore non ha incrementato in maniera significativa il controllo rispetto al singolo intervento (Pannacci e Tei, 2014). Altre sperimentazioni hanno fornito importanti informazioni sull'influenza della diversa regolazione dei denti sia in termini di efficacia sulle infestanti sia di selettività verso la coltura (Raffaelli et al., 2005).

In generale l'efficacia dei mezzi meccanici di controllo delle malerbe è fortemente influenzata dal tipo di terreno e dal suo stato idrico, dalle specie infestanti presenti e dalla loro resistenza all'estirpazione (*uprooting*) (Fogelberg e Dock Gustavsson, 1998) e dallo stadio di crescita di coltura e malerbe (Fogelberg e Dock Gustavsson, 1999); il loro impiego, quindi, deve essere adeguatamente sperimentato nelle diverse condizioni pedo-climatiche e colturali (Rasmussen, 1996). Tuttavia, le possibilità applicative dei mezzi di controllo meccanico sembrano suscitare un interesse crescente in seguito alla richiesta sempre maggiore di prodotti ottenuti senza (agricoltura biologica) o con ridotto impiego di sostanze di sintesi (agricoltura integrata e a basso input).

Una sintesi delle principali caratteristiche dei mezzi meccanici fin qui illustrati viene fornita nelle Tabelle 1 e 2.

Agricoltura di precisione per il controllo meccanico delle malerbe

Negli ultimi anni, sotto la spinta dell'agricoltura di precisione, ricercatori ed industria hanno sviluppato moderni mezzi meccanici equipaggiandoli con “sistemi intelligenti” (sensori, telecamere, software, ecc.) per l'automazione dei mezzi di controllo delle malerbe (Slaughter et al., 2008; Ascard et al., 2014). Lo scopo è quello di rendere l'intervento meccanico veloce e al contempo preciso ed efficace e ciò soprattutto nella fila delle colture. Attualmente, l'impiego di queste tecnologie ha già prodotto alcune macchine con sistemi automatizzati per il controllo meccanico delle malerbe nella fila di colture orticole trapiantate. Le macchine attualmente disponibili sul mercato europeo sono: Robovator (F. Poulsen Engineering APS., DK, www.visionweeding.com); Robocrop (Garford Farm Machinery Ltd, UK, www.garford.com); Steketee IC (Machinefabriek Steketee BV, NL, www.steketee.com); Remoweed (Ferrari Costruzioni Meccaniche s.r.l., IT, www.ferrari.costruzioni.com) (Ascard et al., 2014; Melander et al., 2015; Pannacci et al., 2017a). Queste macchine sono particolarmente adatte ad operare su colture orticole trapiantate a file spaziate e con piante sulla fila piuttosto distanziate, quindi in definitiva con densità d'impianto relativamente basse (lattughe, pomodoro, cavoli, finocchio, cipolla) (Pannacci e Tei, 2015). Le loro capacità operative dipendono dalla velocità di avanzamento e dalla larghezza e dal numero di file interessate contemporaneamente dal trattamento. Poche sono le risultanze sperimentali, al momento disponibili, sulla loro efficacia nel controllo delle malerbe. A tal proposito, uno studio con Robocrop ha mostrato come su cavolo trapiantato si siano ottenuti livelli di efficacia variabili dal 62% all'87% nella zona di 240 mm di raggio intorno alle piante (Tillett et al., 2008). Fennimore et al. (2014) su sedano, lattuga e radicchio trapiantate hanno ottenuto migliori risultati con Robocrop rispetto ad una sarchiatrice tradizionale nel ridurre le malerbe nella fila e di conseguenza la necessità di scerbature manuali. In Danimarca, Robocrop ha mostrato di poter ridurre la necessità della scerbatura manuale fin del 100% su cavoli e fin dell'80% su sedano (Ascard et al., 2014). Infine, Melander et al. (2015) su cipolla e cavolo trapiantate non hanno osservato differenze significative nella riduzione delle malerbe nella fila tra Robovator e mezzi meccanici tradizionali (erpice strigliatore, finger-weeder e torsion-weeder).

Tabella 1. Mezzi meccanici per il controllo delle malerbe nell'interfila e loro principali caratteristiche (da Pannacci e Tei, 2015).

Mezzi per il controllo delle malerbe nell'interfila	Sarchiatrici ad organi fissi	Sarchiatrici ad organi rotanti folli	Fresatrici interfilari	Spazzolatrice ad asse orizzontale	Sarchia-separatrice
Azione di controllo	Estirpazione, taglio e ricoprimento con il terreno	Estirpazione e ricoprimento con il terreno	Estirpazione, lacerazione e ricoprimento con il terreno	Estirpazione e malerbe lasciate sul terreno	Taglio, estirpazione e malerbe lasciate sul terreno a radice nuda
Profondità di lavoro	30-50 mm	40-50 mm	40-60 mm	10-30 mm	10-40 mm
Tipologie di terreno	Sia terreni argillosi (organi rigidi) sia sabbiosi ricchi di scheletro (organi flessibili)	Meglio in terreni sciolti o di medio impasto	Sia terreni argillosi sia sabbiosi, senza sassi	Meglio in terreni sciolti o di medio impasto non compatti e ben livellati	Sia terreni argillosi sia sabbiosi, senza sassi
Distanza tra le file	Da 0.20-0.25 m a 0.50 m	Da 0.40 m a 0.50-0.75 m	Da 0.30 m a 0.40-0.50 m	Da 0.20-0.25 m a 0.40 m	Da 0.20-0.25 m a 0.40 m
Stadio ottimale delle malerbe	Fino a 4-6 foglie vere	Dai cotiledoni fino a 4 foglie vere Scarsa efficacia verso malerbe graminacee e perenni	Dai cotiledoni-2 foglie vere, fino a malerbe anche molto sviluppate	Dai cotiledoni fino a 4 foglie vere Anche malerbe molto vicino alla fila	Dai cotiledoni fino a 6-8 foglie vere Anche malerbe molto vicino alla fila
Stadio ottimale delle colture	A partire dai cotiledoni (con protezioni); altrimenti a partire dalle 4 foglie vere fino a quando non si inizia ad arrecare danno alla coltura	Idem	A partire da 2 foglie vere fino a quando non si inizia ad arrecare danno alla coltura	A partire dai cotiledoni fino a quando non si inizia ad arrecare danno alla coltura	A partire dai cotiledoni fino a quando non si inizia ad arrecare danno alla coltura
Colture adatte	Tutte le colture a file distanziate	Idem	Idem	Idem	Idem
Capacità di lavoro in ha h ⁻¹ (per una data larghezza)	0.5 (1.5 m)	1.5 (3 m)	0.3 (1.5 m)	0.4 (1.5 m)	0.4 (1.5 m)
Informazioni aggiuntive	Preferire interventi superficiali, il più possibile vicino alla fila	E' richiesta un'attenta regolazione	Evitare in caso di malerbe perenni Si raccomanda solo in caso di malerbe molto sviluppate	Causa polverizzazione del terreno	Favorisce la rapida devitalizzazione delle malerbe

Scerbature manuali

Nei sistemi colturali biologici, nonostante l'accurata gestione delle popolazioni di malerbe, l'applicazione della falsa semina, del pirodiserbo in pre-semina e/o pre-emergenza e di ripetuti interventi meccanici nell'interfila e/o vicino alla fila delle colture, è spesso necessario intervenire manualmente per completare l'azione di controllo delle malerbe (Chatizwa, 1997; Tei e Pannacci 2017a). La scerbatura manuale è molto laboriosa e costosa e può essere agevolata mediante l'impiego, da parte degli operatori, di attrezzi specifici e/o piattaforme per la scerbatura in posizione prona (*bed-weeder*) (Ascard et al., 2014). L'impiego di manodopera per la scerbatura manuale delle colture orticole è elevatissimo: fino a 300 h ha⁻¹ in cipolla e 500 h ha⁻¹ in carota (Tei et al., 1999, 2002b); 175 h ha⁻¹ in cipolla seminata, 24 h ha⁻¹ in lattuga trapiantata e 162 h ha⁻¹ in finocchio seminato (Van der Weide et al., 2008); 120-300 h ha⁻¹ in sedano, 100-200 h ha⁻¹ in spinacio e 60-100 h ha⁻¹ in fagiolino (con i valori più bassi riferiti alla coltivazione in piano campo ed i più alti alla coltivazione in serra) (Lichtenhahn et al., 2005).

Tabella 2. Mezzi meccanici per il controllo delle malerbe nella fila e loro principali caratteristiche (da Pannacci e Tei, 2015).

Mezzi per il controllo delle malerbe nella fila	Finger-weeder	Torsion-weeder	Erpice strigliatore
Azione di controllo	Estirpazione e ricoprimento con il terreno.	Estirpazione e ricoprimento con il terreno.	Estirpazione e ricoprimento con il terreno.
Profondità di lavoro	10-30 mm	10-30 mm	10-30 mm
Tipologie di terreno	Meglio in terreni sciolti o di medio impasto non compatti.	Meglio in terreni sciolti o di medio impasto non compatti.	Meglio in terreni sciolti o di medio impasto non compatti
Distanza tra le file	Da 0.25-0.30 m a 0.40-0.50 m	Da 0.20-0.25 m a 0.75 m	
Stadio ottimale delle malerbe	Dai cotiledoni a 2-4 foglie vere.	Dai cotiledoni a 2 foglie vere.	Dai cotiledoni a 2-4 foglie vere.
Stadio ottimale delle colture	Quando ben radicate (a partire da 4 foglie).	Quando ben radicate (a partire da 4 foglie).	Quando ben radicate (a partire da 4 foglie).
Culture adatte	Fagiolino, cavoli, pomodoro, porro, spinacio, lattughe, carota, finocchio.	Fagiolino, cavoli, pomodoro, porro, sedano, lattughe, finocchio.	Fagiolino, carota, cipolla, pisello, lenticchia, cece, cereali minori.
Capacità di lavoro in ha h ⁻¹ (per una data larghezza)	0.5 (1,5 m)	0.5 (1,5 m)	2.5 (6 m)
Informazioni aggiuntive	Elevata usura degli elementi in gomma. In combinazione con sarchia-separatrice e sarchiatrici.	In aggiunta a sarchiatrici di precisione.	

Mezzi fisici di controllo

I mezzi fisici che in generale trovano un'applicazione nel controllo delle malerbe nelle colture orticole, sono la pacciamatura, la solarizzazione, il pirodiserbo e l'uso del calore umido (vapore) (Ferrero e Vidotto, 1998; Melander et al., 2005; Melander e Jørgensen, 2005; Peruzzi et al., 2009). Altri trattamenti termici con apparecchiature a microonde, a raggi laser, a raggi gamma, elettriche ed il criodiserbo sebbene siano già ad uno stato avanzato di sperimentazione, devono ancora risolvere problemi di carattere funzionale ed economico prima della loro utilizzazione nella realtà operativa (Pannacci e Tei, 2015; Peruzzi et al., 2017).

Pacciamatura

L'efficacia della pacciamatura con materiali organici (foglie, paglia, segatura, cortecce triturate, aghi di pino, ecc.) e film plastici neri, grigi o fumé nel contenimento delle malerbe e nel miglioramento di alcune caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche del terreno è stata ampiamente studiata ed è universalmente nota (Grassbaugh et al., 2004; Minuto et al., 2005; Wang et al., 2009). La pacciamatura organica trova impiego prevalente nei sistemi colturali biologici anche se l'efficacia dipende molto dall'altezza dello strato pacciamante (Teasdale e Mohler, 2000) e l'economicità dall'origine aziendale del materiale (Runham e Town, 1995).

La pacciamatura con film neri in polietilene a bassa densità (LDPE) è largamente diffusa in molte colture orticole (es. fragola, pomodoro, melanzana, melone, cocomero, ecc.) in quanto molto efficace nel controllo delle infestanti pur determinando, rispetto ai film trasparenti, un minor riscaldamento del terreno (Ferrero e Vidotto, 1998; Tei e Pannacci 2017a).

Negli ultimi anni sono stati riproposti, con accoglimento superiore rispetto al passato (grazie anche ai costi più sostenibili), alcuni film fotoselettivi (es. bianco-nero, marrone, rosso-marrone, argento-marrone, argento-nero, giallo-marrone) che combinano le proprietà termiche precocizzanti dei film plastici trasparenti e le proprietà di controllo delle malerbe di quelli neri, con alcuni effetti specifici come l'effetto repulsivo nei confronti degli afidi (Brown e Brown, 1992; Coolong, 2012).

Un sempre maggiore interesse stanno riscuotendo i film con materiali termoplastici a base di amido di mais che sono biodegradabili e assicurano un'azione pacciamante di 2-4 mesi, sufficiente a coprire il periodo critico della competizione di gran parte delle colture orticole. Tuttavia, la loro efficacia nel controllo delle malerbe e la loro velocità di degradazione risultano influenzate principalmente dalla formulazione e dallo spessore, così come da luce, temperatura e umidità (Moreno e Moreno, 2008; Waterer, 2010). Risultati positivi sono stati ottenuti su diverse colture orticole (lattuga, pomodoro, basilico), dove, oltre a fornire un buon effetto diserbante e precocizzante, possono essere incorporati nel terreno a fine ciclo degradandosi rapidamente (Tei e Pannacci 2017a).

Tra i materiali non plastici un certo interesse rivestono i fogli di composti cellulosici (*paper mulches*), incorporabili nel terreno a fine ciclo, che hanno dimostrato un efficiente controllo delle malerbe in cocomero (Sanchez et al., 2008), fagiolino e pomodoro (Radics e Bognár, 2004) e in pomodoro da industria per il controllo di *Cyperus rotundus* (Cirujeda et al., 2012). Presentano, tuttavia, un'azione precocizzante inferiore rispetto ai film plastici (Paolini, 2000), oltre ad una più rapida degradazione soprattutto in ambienti non protetti (Coolong, 2010).

La pacciamatura in generale risulta essere efficace verso le malerbe annuali mentre non controlla quelle perenni (es. *Cyperus* spp., *Elymus repens*, *Digitaria sanguinalis*, *Cynodon dactylon* e *Sorghum halepense*) che sono a volte in grado di perforare i film plastici (Bond e Grundy, 2001; Ferrero e Casini, 2001b).

Solarizzazione

Questa tecnica di “geosterilizzazione” consiste nel riscaldamento del terreno umido determinato dall’irraggiamento solare e dalla pacciamatura con film plastico trasparente (in genere in PE con spessore di 0,05 mm). La copertura deve essere mantenuta per alcune settimane (da 4-8 fino a oltre 12) in climi caldi e soleggiati. La tecnica è stata ideata con l’intento di controllare malattie fungine trasmesse dal terreno e nematodi ma ha dimostrato una buona efficacia anche verso le piante infestanti (Elmore, 1989; Gill et al., 2009). Infatti, la solarizzazione permette di mantenere sufficientemente alta (>40°C) la temperatura del terreno per periodi abbastanza lunghi da devitalizzare i semi e/o le plantule delle malerbe (Vizantinopoulos e Katranis, 1993; Chase et al., 1999). L’esposizione a temperature subletali, tuttavia, può determinare l’interruzione della dormienza dei semi in alcune specie, causando un aumento delle emergenze e ciò soprattutto nelle zone di terreno immediatamente periferiche a quelle sottoposte al trattamento (Vidotto et al., 2011a). La sensibilità alla solarizzazione varia con la specie: molte specie annuali sono sensibili, ad eccezione di *Avena fatua* e *Portulaca oleracea* mediamente sensibili e *Conyza canadensis* moderatamente resistente; le specie perenni (*Convolvulus arvensis*, *Cyperus* spp., *Cynodon dactylon*, *Sorghum halepense* e *Equisetum* spp.) sono moderatamente sensibili e resistenti (Ferrero e Vidotto, 1998; Cohen e Rubin, 2007).

La sperimentazione nel nostro paese ha dimostrato la validità di questa tecnica sia in pieno campo sia in serra su colture orticole quali, lattuga, ravanella, rucola, cavolfiore, finocchio e pomodoro (Campiglia et al., 1998, 2000; Temperini et al., 1998; Vidotto et al., 2002; Candido et al., 2011).

Pirodiserbo

Il pirodiserbo con apparecchiature a fiamma libera è senza dubbio il sistema più diffuso e utilizzato tra quelli che prevedono l’impiego del calore per il controllo delle malerbe (Ferrero e Casini, 2001b;

Ascard et al., 2007). L'efficacia del pirodiserbo è legata allo stadio di sviluppo delle malerbe e alla loro morfologia: le piante giovani sono più sensibili di quelle più sviluppate, mentre le specie dicotiledoni sono più sensibili delle graminacee in quanto i meristemi non sono protetti dalle guaine come nelle graminacee, ma anzi sono portati nella parte alta della pianta e quindi esposti all'azione del calore (Ascard, 1995; Pannacci e Tei, 2015). Le apparecchiature a fiamma libera alimentate a GPL possono essere impiegate in epoche diverse: in pre-semina o pre-trapianto delle colture per l'eliminazione delle malerbe in abbinamento alla falsa semina (Balsari et al., 1994); in pre-emergenza sfruttando il diverso posizionamento dei semi delle malerbe e della coltura lungo il profilo del terreno e la loro diversa epoca di emergenza, come avviene in colture a germinazione lenta come carota, cipolla, prezzemolo, sedano, porro e spinacio (Ascard, 1990; Melander e Rasmussen, 2001; Peruzzi et al., 2005; 2006; Peruzzi et al., 2017); in post-emergenza con o senza l'impiego di schermi protettivi a seconda della tolleranza della coltura alle alte temperature (es. in cipolla, aglio, cavolo cappuccio, carciofo, spinacio, mais dolce) (Ascard, 1990; Tei et al., 2002a; Raffaelli et al., 2004; Peruzzi, 2011; Sivesind et al., 2012; Tei e Pannacci 2017a).

Impiego del vapore

Il vapore può essere utilizzato per devitalizzare semi e organi di propagazione vegetativa delle malerbe riducendone così l'emergenza. La sperimentazione ha dimostrato come l'applicazione di vapore al suolo consenta una riduzione delle emergenze del 90% utilizzando temperature di almeno 60°C, mentre livelli di temperatura più elevati (70°C circa) protratte per alcuni secondi (6-9) consentono di migliorare il controllo delle specie più tolleranti al calore (Melander e Jørgensen, 2005). Altri autori hanno evidenziato come livelli di devitalizzazione del 99% sono stati ottenuti, con esposizioni da 2 a 5 secondi, impiegando temperature di circa 80°C nel caso di *Echinochloa crus-galli*, di circa 76°C nel caso di *Setaria viridis* e di 75°C nel caso di *Solanum nigrum* (Vidotto et al., 2011b; Vidotto et al., 2013). Macchine per l'applicazione del vapore a distribuzione discontinua o continua sono state sviluppate negli ultimi anni con l'intento di aumentarne l'efficienza, riducendone i tempi e i costi di esercizio (Peruzzi et al., 2000; Bàrberi et al., 2009; Vidotto et al., 2009; Vidotto et al., 2011b). La possibilità di trattare in maniera localizzata solo le bande di terreno (*band steaming*) in corrispondenza delle quali poi seminare o trapiantare le colture, potrebbe contribuire a ridurre ulteriormente i costi di questo mezzo di controllo (Melander et al., 2004; Ascard et al., 2007; Raffaelli et al., 2016; Peruzzi et al., 2017).

Mezzi biologici di controllo

Nel settore orticolo dei sistemi agricoli europei caratterizzati da polverizzazione della maglia fondiaria, da ampia variabilità di coltivazioni e da infestazioni pluri-specifiche di malerbe, i mezzi di

lotta biologica alle piante infestanti non sembrano al momento essere applicabili su larga scala e con successo (Müller-Schärer et al., 2000; Charudattan, 2001; Blossey, 2007; Tei e Pannacci 2017a). Tra i diversi metodi di lotta biologica, quella “inondativa” è quella che si potrebbe meglio adattare alle colture annuali e più in generale alle condizioni colturali e geografiche presenti in Europa (Ferrero e Casini 2001c). La ricerca, inoltre, già da tempo sta producendo notevoli sforzi per affinare le conoscenze e le possibilità applicative, utilizzando anche strategie per combinare mezzi di lotta colturali, fisici e biologici nell’ambito della gestione integrata (Hatcher e Melander, 2003). L’impiego dei “bioerbicidi” per il controllo delle malerbe attraverso l'uso di sostanze naturali, estratti e agenti biologici naturali come funghi e batteri sta diventando sempre più uno strumento potenzialmente efficace, nel quale investire in ricerca per aumentare le possibilità di controllare le malerbe anche nelle colture orticole in pieno campo e in serra, coltivate in sistemi integrati e biologici (Cai and Gu, 2016). Tuttavia, l'efficacia di un bioerbicida è il principale fattore limitante per la sua applicazione e può essere influenzata da fattori ambientali quali temperatura e umidità, dal metodo di applicazione, dallo spettro del bioerbicida e dal tipo di formulazione; oltre all'efficacia, i costi e le preoccupazioni sulle potenziali minacce per la salute umana rappresentano limitazioni all'uso dei bioerbicidi (Cai e Gu, 2016). Recenti “reviews” sui “bioerbicidi” esistenti sul mercato e sulle loro prospettive di integrazione nei sistemi colturali per la gestione integrata delle malerbe, sono state fornite da diversi autori (Cai e Gu, 2016; Cordeau et al., 2016; Hershenhorn et al., 2016). In particolare, il fungo *Alternaria destruens* L. Simmons, ceppo 059, è il principio attivo di Smoulder®, un bioerbicida in grado di controllare diverse specie del genere *Cuscuta* che infestano diverse colture come erba medica, carota, mirtillo, peperone dolce, pomodoro, melanzana, fiordaliso e piante ornamentali legnose (Cordeau et al., 2016). Su pomodoro in serra e in pieno campo, l'applicazione del fungo *Myrothecium verrucaria* come bioerbicida non ha influenzato la crescita del pomodoro, controllando il 90%-95% di specie del genere *Portulaca* e l'85%-95% di specie del genere *Euphorbia*, con rese paragonabili a quelle ottenute con l'applicazione di erbicidi (Boyette et al., 2007).

L'allelopatia (Putnam e Duke, 1978), al di là della sua importanza ecologica per i fenomeni di interferenza che ha sulla crescita delle comunità vegetali in ambienti naturali o antropizzati, è oggi comunemente considerata come una componente importante della lotta biologica, potenzialmente sfruttabile a fini applicativi per il controllo delle malerbe (Weston, 1996; Inderjit e Keating, 1999). In questo filone si inseriscono anche le sostanze naturali e loro derivati che costituiscono o potrebbero costituire la base di erbicidi naturali di grande interesse commerciale (Duke et al., 2000). Un prodotto commerciale a base di estratto di noce nero (NatureCur®, Redox Chemicals, LLC, Burley, ID, USA) ha completamente inibito la crescita di *Conyza canadensis* e *C. bonariensis* ad una concentrazione del 33,3%, mostrando un potenziale come bioerbicida in applicazioni di pre e post-emergenza

(Shrestha, 2009). L'estratto acquoso della biomassa aerea di *Artemisia vulgaris* L. ha notevolmente ridotto la germinazione dei semi di *Lolium multiflorum* quando applicato come bioerbicida in pre-emergenza, in esperimenti in serra e in pieno campo (Pannacci et al., 2015). Lo stesso estratto acquoso ha inibito la germinazione dei semi di *Amaranthus retroflexus* L., senza effetti di inibizione sulla germinazione dei semi di colture come frumento tenero, mais, colza, pomodoro, cipolla, carota e lattuga (Pannacci et al., 2015; Pannacci, 2016).

Conclusioni

La gestione delle malerbe nelle colture orticole con mezzi non chimici passa attraverso il miglioramento e l'applicazione di due principali aspetti e momenti tecnici: 1) la prevenzione, che implica qualunque aspetto gestionale che favorisca la coltura, sfavorendo le malerbe; 2) il controllo, che coinvolge il miglioramento e l'avanzamento tecnologico dei diversi mezzi di lotta e la loro corretta applicazione.

In conclusione, considerando la diversità e la complessità delle problematiche di gestione delle malerbe riscontrabili nelle colture orticole, può risultare utile riassumere in maniera schematica le strategie di controllo non chimico attuabili in alcune colture “modello” (seminate e trapiantate) (Figure 7 e 8).

Cavoli (strategia simile per cavolfiore, cavolo broccolo, cavolo cappuccio, ecc..)														
Stadio	Trapianto										Raccolta			
	-3	-2	-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10-16	Settimane dopo il trapianto st: erpice strigliatore pr: pirodiserbo sr: sarchiatrici sp: spazzolatrice fw: finger-weeder
Infestazione normale		st/pr ¹			sr/sp ² + fw			sr ³						
Infestazione elevata	st ¹	st/pr ¹		sr/sp ² + fw	sr/sp ² + fw			sr ³						
Periodo di maggior sensibilità alle malerbe														
¹ falsa semina ² sarchiatrice a organi fissi o spazzolatrice ³ sarchiatrice a organi rotanti o fissi + rincalzatura														

Cipolla (trapiantata)														
Stadio	Trapianto										Raccolta			
	-3	-2	-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11-12-16
Infestazione normale		st/pr ¹			sr/sp/ss ³ + fw			sr ⁴				sr ⁴ + sm		
Infestazione elevata	st ¹	st/pr ¹		sr/sp/ss ³ + fw + st ²	sr/sp/ss ³ + fw + st ²			sm		sr ⁴		sr ⁴ + sm		
Periodo di maggior sensibilità alle malerbe														
¹ falsa semina ² con coltura ben radicata ³ a seconda della larghezza delle interfile e dello sviluppo della coltura ⁴ sarchiatrice a organi fissi + rincalzatura														

Figura 7. Strategie di controllo delle malerbe con mezzi non chimici per due colture trapiantate (cavoli e cipolla) (da Pannacci e Tei, 2015).

Carota (su colmo, su porche o prose con interfile di almeno 20 cm)															
Stadio	Semina										Em.				
	-3	-2	-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12-18
Infestazione normale		st/pr ¹			pr ²		sr/sp/ss ³ + fw + sm		sr/sp/ss ³ + fw		sr/sp/ss ³ + fw				
Infestazione elevata	st ¹	st/pr ¹			pr ²		sr/sp/ss ³ + fw + sm		sr/sp/ss ³ + fw		sr/sp/ss ³ + fw		sm		
Periodo di maggior sensibilità alle malerbe															
Raccolta															
Settimane dopo la semina															
st: erpice strigliatore															
pr: pirodiserbo															
sr: sarchiatrici															
sp: spazzolatrice															
ss: sarchia-separatrice															
sm: scebatura manuale															
fw: finger-weeder															
¹ falsa semina															
² sul colmo o sulla prosa															
³ a seconda della larghezza delle interfile e dello sviluppo della coltura															

Spinacio (interfile di almeno 20-25 cm)															
Stadio	Semina										Em.				
	-3	-2	-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Infestazione normale		st/pr ¹			st/pr ²		sr/sp/ss ³ + fw		sr/sp/ss ³ + fw		sr/sp/ss ³ + fw		sm		
Infestazione elevata	st ¹	st/pr ¹			st/pr ²		sr/sp/ss ³ + fw		sr/sp/ss ³ + sm		sr/sp/ss ³ + fw		sm		
Periodo di maggior sensibilità alle malerbe															
Raccolta															
Settimane dopo la semina															
st: erpice strigliatore															
pr: pirodiserbo															
sr: sarchiatrici															
sp: spazzolatrice															
ss: sarchia-separatrice															
sm: scebatura manuale															
fw: finger-weeder															
¹ falsa semina															
² erpice strigliatore o pirodiserbo nel caso di condizioni del terreno o meteorologiche sfavorevoli all'intervento meccanico															
³ con interfile di 20-25 cm spazzolatrice o sarchia-separatrice; con interfile di 40 cm anche sarchiatrici a organi fissi o rotanti															

Figura 8. Strategie di controllo delle malerbe con mezzi non chimici per due colture seminate (carota e spinacio) (da Pannacci e Tei, 2015).

Bibliografia

- Ascard J (1990). Thermal weed control with flaming in onions. In: *Proceedings 3rd International Conference IFOAM, Non-Chemical Weed Control*, Dijon, France, pp 347-348.
- Ascard J (1995). Effects of flame weeding on weed species at different developmental stages. *Weed Research* 35: 397-411.
- Ascard J, Bellinder RM (1996). Mechanical in-row cultivation in row crop. In: *Proceeding Second International Weed Control Congress*, Copenhagen, Denmark, pp 1121-1126.
- Ascard J, Fogelberg F (2002). Mechanical intra-row weed control in organic onion production. In: *Proceedings 5th EWRS Workshop on Physical Weed Control*, Pisa, Italy, p 125.
- Ascard J, Fogelberg F (2008). Mechanical in-row weed control in transplanted and direct-sown bulb onions. *Biological Agriculture & Horticulture* 25: 235-251.
- Ascard J, Hansson D, Svensson SE, 2014. Physical and Cultural weed control in Scandinavia. In: *Presentations 10th EWRS Workshop on Physical and Cultural Weed Control*, Alnarp, Sweden. Available on-line at: http://www.ewrs.org/pwc/Alnarp_presentations.asp
- Ascard J, Hatcher PE, Melander B, Upadhyaya MK (2007). Thermal weed control. In: *Non-Chemical Weed Management: principles, concepts and technology* (eds MK Upadhyaya & RE Blackshaw), CABI, Wallingford, Oxon, UK, pp 155–175.
- Baldoni G, Benvenuti S (2001). Germinazione ed emergenza. In: *Malerbologia* (Catizone P. e Zanin G., coord.) Pàtron Editore, Bologna, Italy, pp113-121.
- Baldoni G, Catizone P, Viggiani P (2000). Relationship between seed bank and actual weed flora as influenced by soil tillage and chemical control. *Italian Journal of Agronomy* 4: 11- 22.
- Balsari P, Airoidi G, Ferrero A (1993). Evaluation of the mechanical weed control in maize and soybean. In: *Proceedings 8th EWRS Symposium “Quantitative approaches in weed and herbicides research and their practical application”* Braunschweig, pp 341-348.
- Balsari P, Airoidi G, Ferrero A, Maggiore T (1989). Lotta integrata alle malerbe del mais. *L'Informatore Agrario* 45: 61-73.
- Balsari P, Berruto R, Ferrero A (1994). Flame weed control in lettuce crops. *Acta Horticulturae* 372: 213-222.
- Bàrberi P (2002). Weed management in organic agriculture: are we addressing the right issues? *Weed Research* 42: 177-193.
- Bàrberi P, Frondoni U (1999). Innovazioni dalla ricerca sul controllo delle flora infestante. *L'Informatore Agrario*, 42, 123-127.
- Bàrberi P, Moonen AC, Peruzzi A, Fontanelli M, Raffaelli M (2009). Weed suppression by soil steaming in combination with activating compounds. *Weed Research* 49: 55-66.
- Bartolozzi F (2001). Il diserbo integrato nella bietola funziona. *Terra e Vita*, 29, 74-76.
- Bastiaans L, Paolini R, Baumann DT (2008). Focus on ecological weed management: what is hindering adoption? *Weed Research* 48: 481-491.
- Baumann DT, Kropff MJ, Bastiaans L (2000). Intercropping leeks to suppress weeds. *Weed Research* 40: 359-374.
- Benoit DL, Leroux G, Banville S (2003). Influence of carrot/onion/barley cropping sequence on the weed seed bank and field flora in an organic soil in Quebec, Canada. *Aspects of Applied Biology* 69: 69 – 75.

- Berti A, Zanin G, Onofri A, Sattin M (2001). Sistema integrato di gestione delle malerbe (IWMS). In: *Malerbologia* (Catizone P. e Zanin G., coord.) Pàtron Editore, Bologna, Italy, pp. 659-711.
- Blossey B (2007). Biological control of weeds using arthropods. In: Upadhyaya, M.K., & Re Blackshaw, R.E. (Eds.) *Non-Chemical Weed Management – Principles, Concepts and Technology*, CABI Press, Oxfordshire, UK, pp.77-91.
- Bonciarelli U., Onofri A, Benincasa P, Farneselli M, Guiducci M, Pannacci E, Tosti G, Tei F (2016). Long-term evaluation of productivity, stability and sustainability forcropping systems in Mediterranean rainfed conditions. *European Journal of Agronomy* 77: 146-155.
- Bond W, Grundy AC (2001). Non-chemical weed management in organic farming systems. *Weed Research* 41: 383-405.
- Boydston R, Hang A (1995). Rapeseed (*Brassica napus*) green manure crop suppresses weeds in potato (*Solanum tuberosum*). *Weed Technology* 9: 669-675.
- Boyette CD, Hoagland RE, Abbas HK (2007). Evaluation of the bioherbicide *Myrothecium verrucaria* for weed control in tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Biocontrol Sci. Technol.* 17: 171-178.
- Brainard DC, Bakker J, Myers N, Noyes DC (2012). Rye living-mulch effects on soil moisture and weeds in asparagus. *HortScience* 47:58-63.
- Brainard DC, Bellinder RR (2004). Weed suppression in a broccoli-winter rye intercropping system. *Weed Science* 52: 281-290.
- Brown SL, Brown JE (1992). Effect of plastic mulch color and insecticides on thrips populations and damage to tomato. *HortTechnology*, 2: 208-211.
- Buhler DD (2002). Challenges and opportunities for integrated weed management. *Weed Science* 50: 273-280.
- Cai X, Gu M (2016). Bioherbicides in organic horticulture. *Horticulturae*, 2(3): pp. 10. Doi:10.3390/horticulturae2020003.
- Campagna G, Geminiani E, Rapparini G (2012). Diserbo delle orticole quando e come intervenire. *L'Informatore Agrario* 22: 59-64.
- Campagna G, Rapparini G (2011). Difesa preventiva per il controllo delle cuscute. *L'Informatore Agrario* 45: 62-65.
- Campiglia E, Temperini O, Mancinelli R, Marucci A, Saccardo F (1998). Soil solarization in the Mediterranean environment: effect on weed control and yield of cos lettuce (*Lactuca sativa* L., var. longifolia Lam.). *Italus Hortus* 5, (3): 36-42.
- Campiglia E, Temperini O, Mancinelli R, Saccardo F (2000). Effects of soil solarization on the weed control of vegetable crops and on cauliflower and fennel production in the open air. *Acta Horticulturae* 533: 249-255.
- Candido V, D'Addabbo T, Miccolis V & Castronuovo D (2011) Weed control and yield response of soil solarization with different plastic films in lettuce. *Scientia Horticulturae* 130: 491–497.
- Charudattan R (2001). Biological control of weeds by means of plant pathogens: significance for integrated weed management in modern agro-ecology. *BioControl* 46: 229–260.
- Chase CA, Sinclair TR, Chellemi DO, Olson SM, Gilreath JP, Locascio SJ (1999). Heat-retentive films for increasing soil temperatures during solarization in a humid, cloudy environment. *HortScience* 34: 1085-1089.

- Chatizwa I (1997). Mechanical weed control: the case of hand weeders. In: *Proceedings 1997 Brighton Crop Protection Conference – Weeds*, Brighton, UK, pp 203-208.
- Chauhan BS, Johnson DE (2009). Influence of tillage systems on weed seedling emergence pattern in rainfed rice. *Soil Tillage Research* 106:15-21.
- Chauhan BS, Singh RG, Mahajan G (2012). Ecology and management of weeds under conservation agriculture: a review. *Crop Protection* 38: 57–65.
- Cirujeda A, Anzalone A, Aibar J, Moreno MM, Zaragoza C (2012). Purple nutsedge (*Cyperus rotundus* L.) control with paper mulch in processing tomato. *Crop Protection* 39: 66–71.
- Cohen O, Rubin B (2007) Soil solarization and weed management. In: *Non-Chemical Weed Management: principles, concepts and technology* (eds MK Upadhyaya & RE Blackshaw), 177–200. CABI, Wallingford, Oxon, UK.
- Coolong T (2010). Performance of paper mulches using a mechanical plastic layer and water wheel transplanter for the production of summer squash. *HortTechnology* 20: 319–324.
- Coolong T (2012) Mulches for weed management in vegetable production. In: *Weed Control* (ed. AJ PRICE), 57–74. InTech, Rijeka, Croatia.
- Cordeau S, Marion Triolet M, Wayman S, Steinberg C, Guillemain J-P (2016). Bioherbicides: Dead in the water? A review of the existing products for integrated weed management. *Crop Protection* 87: 44-49.
- Covarelli G (1989). Possibilità e limiti del controllo agronomico delle erbe infestanti. In: *Atti del Convegno SILM “Il diserbo delle colture agrarie: attualità e prospettive”*. Torino, Italy, pp 85-118.
- Covarelli L, Pannacci E, Beccari G, D’Errico FP, Tosi L (2010). Two-year investigations on the integrated control of weeds and root parasites in Virginia bright tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) in central Italy. *Crop Protection* 29: 783-788.
- Den Hollander NG, Bastiaans L, Kropff MJ (2007). Clover as a cover crop for weed suppression in an intercropping design II. Competitive ability of several clover species. *European Journal of Agronomy* 26: 104–112.
- Duke SO, Dayan FE, Romagni JG, Rimando AM (2000). Natural products as sources of herbicides: current status and future trends. *Weed Research* 40: 99-111.
- Efthimiadou AP, Karkanis AC, Bilalis DJ, Efthimiadis P (2009). Review: The phenomenon of crop-weed competition; a problem or a key for sustainable weed management? *Journal of Food, Agriculture & Environment* 7(2): 861-868.
- Elmore CL (1989). Weed control by solarization. In: *Soil Solarization* (Katan J e DeVay JE, Eds.) Boca Raton, Florida, USA, CRC Press, pp 61-72.
- Eyre MD, Critchley CNR, Leifert C, Wilcockson SJ (2011). Crop sequence, crop protection and fertility management effects on weed cover in an organic/conventional farm management trial. *European Journal of Agronomy* 34: 153-162.
- Fennimore SA, Smith RF, Tourte L, LeStrange M, Rachuy JS (2014). Evaluation and economics of a rotating cultivator in Bok Choy, Celery, lettuce, and Radicchio. *Weed Technology* 28: 176-188.
- Ferrero A, Casini P (2001a). Mezzi meccanici. In: *Malerbologia* (Catizone P. e Zanin G., coordinatori), Pàtron Editore, Bologna, Italy, pp 251- 262.
- Ferrero A, Casini P (2001b). Mezzi fisici. In: *Malerbologia* (Catizone P. e Zanin G., coordinatori), Pàtron Editore, Bologna, Italy, pp 263-278.

- Ferrero A, Casini P (2001c). Mezzi biologici. In: *Malerbologia* (Catizone P. e Zanin G., coordinatori), Pàtron Editore, Bologna, Italy, pp 279-285.
- Ferrero A, Vidotto F (1998). Mezzi alternativi al diserbo chimico. In: *Atti XI Convegno Biennale S.I.R.F.I. "Il controllo della flora infestante nelle colture orticole"*, 12-13 novembre 1998, Bari, Italy, pp 63-110.
- Fogelberg F, Dock Gustavsson AM (1998). Resistance against uprooting in carrots (*Daucus carota*) and annual weeds: a basis for selective mechanical weed control. *Weed Research* 38: 183-190.
- Fogelberg F, Dock Gustavsson AM (1999). Mechanical damage to annual weeds and carrots by in-row brush weeding. *Weed Research* 39: 469-479.
- Frondoni U, Bàrberi P (2000). Attrezzature per le colture erbacee. *Il Contoterzista, supplemento Macchine Ecologiche* 5: 19-25.
- Gill HK, McSorley R, Treadwell DD (2009). Comparative performance of different plastic films for soil solarization and weed suppression. *HortTechnology* 19: 769-774.
- GIRE® - Gruppo Italiano di lavoro sulla Resistenza agli Erbicidi (2018). Banca dati sulla resistenza agli erbicidi in Italia. Disponibile in rete: www.resistenzaerbicidi.it (visitato il: 2018-09-20 11:47:03)
- Grassbaugh EM, Regnier EE, Bennett MA (2004). Comparison of organic and inorganic mulches for heirloom tomato production. *Acta Horticulturae* 638: 171-176.
- Graziani F, Onofri A, Pannacci E, Tei F, Guiducci M (2012). Size and composition of weed seedbank in long-term organic and conventional low-input cropping systems. *European Journal of Agronomy* 39: 52-61.
- Graziani F, Pannacci E, Covarelli G (2007). Effetti di una prolungata omosuccessione di frumento tenero e di due diverse tecniche di lavorazione del terreno sulla banca dei semi delle piante infestanti. Su: *XXXVII Convegno SIA, "Il Contributo della Ricerca Agronomica all'Innovazione dei Sistemi Colturali Mediterranei"* S.L. Casentino, R. Tuttobene Ed., 13-14 Settembre, Catania, Italy, pp 285-286.
- Hartwig NL, Ammon HU (2002). Cover crops and living mulches. *Weed Science* 50: 688-699.
- Hatcher PE, Melander B (2003). Combining physical, cultural and biological methods: prospects for integrated non-chemical weed management strategies. *Weed Research* 43: 303-322.
- Hershenhorn J, Casella F, Vurro M (2016). Weed biocontrol with fungi: past, present and future. *Biocontrol Sci. Technol.* 26, 10: 1313-1328.
- Hosseini P, Karimi H, Babaei S, Mashhadi HR, Oveisi M (2014). Weed seed bank as affected by crop rotation and disturbance. *Crop Protection* 64: 1-6.
- Inderjit, Keating KI (1999). Allelopathy: principles, procedures, and promises for biological control. *Advances in Agronomy* 67: 141-231.
- Isik D, Kaya E, Ngouajio M, Mennan H (2009). Weed suppression in organic pepper (*Capsicum annuum* L.) with winter cover crops. *Crop Protection* 28: 356-363.
- John J, Shirmila J, Sarada S, Anu S (2010). Role of allelopathy in vegetable crops production. *Allelopathy Journal* 25: 275-312.
- Kruidhof HM, Gallandt ER, Haramotot ER, Bastiaans L (2011). Selective weed suppression by cover crop residues: effects of seed mass and timing of species' sensitivity. *Weed Research* 51: 177-186.
- Kurstjens D, Bleeker P (2000). Optimising torsion weeders and finger weeders. In: *Proceedings 4th EWRS Workshop on Physical Weed Control*, Elspeet, The Netherlands, pp 30-32.

- Lammerts Van Bueren ET, Jones SS, Tamm L, Murphy KM, Myers JR, Leifert C, Messmer MM (2011). The need to breed crop varieties suitable for organic farming, using wheat, tomato and broccoli as examples: a review. *NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences* 58: 193–205.
- Lichtenhahn M, Koller M, Dierauer H, Baumann D (2005). Weed control in organic vegetable cultivation. *Research Institute of Organic Agriculture (FiBL)*, Frick, Switzerland, pp. 12. Available at http://www.organiccentre.ca/Docs/FiBL_WeedCtrl_Vegetables.pdf (last accessed 07 October 2015).
- Lucchin M, Zanin G, Catizone P (2001). Malerbe componente dinamica degli agroecosistemi. In: *Malerbologia* (Catizone P. e Zanin G., coordinatori) Pàtron Editore, Bologna, pp. 148-170.
- Melander B, Elsgaard L, Jørgensen MH (2004). Band-steaming reduces laborious hand-weeding in vegetables. *Newsletter from Danish Research Centre for Organic Farming*, September 2004, N. 3. Available at <http://www.darcof.dk/enews/sep04/steam.html>
- Melander B, Lattanzi B, Pannacci E (2015). Intelligent versus non-intelligent mechanical intra-row weed control in transplanted onion and cabbage. *Crop Protection* 72: 1-8.
- Melander B, Rasmussen G (2001). Effect of cultural methods and physical weed control on intrarow weed numbers, manual weeding and marketable yield in direct-sown leek and bulb onion. *Weed Research*, 41: 491-508.
- Melander B, Rasmussen IA, Bàrberi P (2005). Integrating physical and cultural methods of weed control - examples from European research. *Weed Science* 53: 369-381.
- Melander E, Jørgensen MH (2005). Soil steaming to reduce intrarow weed seedling emergence. *Weed Research* 45: 202-211.
- Minuto G, Minuto A, Frumento A, Guerrini S, Garibaldi A (2005). Pacciamatura biodegradabile per il contenimento delle infestanti di alcune colture orticole. In: *Atti Incontri Fitoiatrici 2005. Difesa delle colture ortofloricole*, 24-25 febbraio, Torino, Italy, pp 66.
- Moreno MM, Moreno A (2008) Effect of different biodegradable and polyethylene mulches properties and production in a tomato crop. *Scientia Horticulturae* 116: 256–263.
- Müller-Schärer H, Potter CA (1991). Cover plants in field grown vegetables: prospects and limitations. In *Proceedings Brighton Crop Conference – Weeds*, Brighton, UK, pp 599-604.
- Müller-Schärer H, Scheepens PC, Greaves MP (2000). Biological control of weeds in European crops: recent achievements and future work. *Weed Research* 40: 83-98.
- Murphy CE, Lemerle D (2006). Continuous cropping systems and weed selection. *Euphytica* 148: 61–73.
- Neal, J. 2015. Greenhouse Weed Control - Horticulture Information Leaflet. NC Cooperative Extension Resources, NC State University. Available on line at: <https://content.ces.ncsu.edu/greenhouse-weed-control>
- Ngouajio M, McGiffen ME, Hembree KJ (2001). Tolerance of tomato cultivars to velvetleaf interference. *Weed Science* 49: 91-98.
- Ngouajio M, McGiffen ME, Hutchinson CM (2003). Effect of cover crop and management system on weed populations in lettuce. *Crop Protection* 22: 57-64.
- Nichols V, Verhulst N, Cox R, Govaerts B (2015). Weed dynamics and conservation agriculture principles: A review. *Field Crops Research* 183: 56–68.
- Norris RF, Elmore CL, Rejmanek M, Akey WC (2001). Spatial arrangement, density, and competition between barnyardgrass and tomato: I. Crop growth and yield. *Weed Science* 49: 61-68.

- Otto S, Masin R, Zanin G (2017). La gestione delle malerbe in agricoltura conservativa. *L'informatore Agrario* 2: 65-69.
- Pannacci E (2005). Possibilità di controllo meccanico delle piante infestanti nel mais. In Atti XV Convegno S.I.R.F.I. "Stato attuale della coltura del mais con particolare riferimento al controllo della flora infestante", 21-22 novembre 2005, Bergamo, Italy, pp 89-110.
- Pannacci E (2016). Allelopathic potential of mugwort (*Artemisia vulgaris* L.) to control *Amaranthus retroflexus* L. in maize and green bean crops. *Proceedings 7th International Weed Science Congress: "Weed Science and Management to Feed the Planet"*, Prague, Czech Republic, June 19-25, 2016.
- Pannacci E, Aibar J, Cirujeda A, Dobrzański A, Pardo G, Portugal J, Tei F (2015). Weeds and weed management in peppers. *Proceedings 17th International Symposium of European Weed Research Society "Weed Management in Changing Environments"*, Montpellier, France, 23-26 July 2015, 225.
- Pannacci E, Covarelli G (2003). Valutazione dell'efficacia di mezzi meccanici tradizionali e innovativi nel controllo delle piante infestanti il girasole. In: *Atti XXXV Convegno della Società Italiana di Agronomia*, Portici, pp 235-236.
- Pannacci E, Covarelli G (2004). Il controllo meccanico delle piante infestanti il mais. In: *Atti XIV Convegno S.I.R.F.I. "Le attuali problematiche delle erbe infestanti: il ruolo del contoterzismo"*, 30 gennaio 2004, Cremona, Italy, pp 181-192.
- Pannacci E, Covarelli G (2005). Mechanical weed control in sunflower. In: *Proceedings 13th EWRS Symposium*, 19-23 June 2005, Bari, Italy, by CD.
- Pannacci E, Graziani F, Guiducci M, Tei F (2008). Controllo meccanico delle malerbe in colture da seme di cipolla. In: Atti del Progetto di Ricerca "Azioni di innovazione e ricerca a supporto del piano sementiero", PRIS2 Progetto di ricerca interregionale, Programma "Sviluppo Rurale" – Sottoprogramma "Innovazione e Ricerca", pp 265-275.
- Pannacci E, Guiducci M, Tei F (2007). Mechanical weed control in organic onion seed production. In: *Proceedings 7th Workshop of the EWRS Working Group: Physical and Cultural Weed Control*, Salem (Mecklenburg-Vorpommern), Germany, 11-14 March, pp 119-120. Disponibile on-line: http://www.ewrs.org/pwc/doc/2007_Salem.pdf.
- Pannacci E, Pettorossi D, Regni L, Tei F (2015). Allelopathic potential of mugwort (*Artemisia vulgaris* L.) to control the Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) in winter wheat. *Allelopathy Journal* 36, 2: 257-272.
- Pannacci E, Lattanzi B, Tei F (2017a). Non-chemical weed management strategies in minor crops: A review. *Crop Protection* 96: 44-58.
- Pannacci E, Ottavini D, Onofri A (2018a). Evaluation of light/temperature on the germination of *Conyza canadensis* (L.) Cronq. In central Italy. *Proceedings 18th International Symposium of European Weed Research Society "New approaches for smarter weed management"*, Ljubljana, Slovenia, 17-21 June 2018, 194. Available on line at: <http://www.ewrs.org/>
- Pannacci E, Tei F (2014). Effects of mechanical and chemical methods on weed control, weed seed rain and crop yield in maize, sunflower and soyabean. *Crop Protection* 64: 51-59.
- Pannacci E, Tei F (2015). Gestione delle malerbe nelle colture minori con mezzi non chimici. Vidotto F, De Palo F, Ferrero A. editors 2015. Atti del XX convegno S.I.R.F.I. "Colture minori: strategie per il corretto contenimento della flora infestante", 27 ottobre 2015, Lodi, Italy, pp 163-194.
- Pannacci E, Tei F, Guiducci M (2017b). Mechanical weed control in organic winter wheat. *Italian Journal of Agronomy* 12: (4) 336-342.
- Pannacci E, Tei F, Guiducci M (2018b). Evaluation of mechanical weed control in legume crops. *Crop Protection* 104: 52-59

- Paolini R (2000). L'evoluzione del diserbo: le pratiche agronomiche. In *Atti XII Convegno S.I.R.F.I. "Il controllo della flora infestante: un esempio di ottimizzazione a vantaggio dell'ambiente e della produzione"*, Milano, Italy, pp 19-54.
- Paolini R, Faustini F, Saccardo F, Crinò P (2006). Competitive interactions between chick-pea genotypes and weeds. *Weed Research* 46: 335-344.
- Peruzzi A, Ginanni M, Mazzoncini M, Raffaelli M, Fontanelli M, Di Ciolo S, Verna P, Casaccia D, Recinelli E (2005). La gestione fisica delle infestanti su carota biologica e su altre colture tipiche dell'altopiano del Fucino (a cura di Peruzzi A). Stamperia Editoriale Pisana, Agnano Pisano, Italy, pp 143.
- Peruzzi A, Ginanni M, Mazzoncini M, Raffaelli M, Fontanelli M, Di Ciolo S, Fantoni E, Costa I, Di Colo M, Boschetti I (2006). Il controllo fisico delle infestanti su spinacio in coltivazione biologica ed integrata nella bassa Valle del Serchio (a cura di Peruzzi A). Stamperia Editoriale Pisana, Agnano Pisano, Italy, pp 111.
- Peruzzi A, Lulli L, Raffaelli M, Del Sarto R, Frascioni C, Ginanni M, Fontanelli M (2009). La gestione fisica della flora spontanea in area urbana (A. Peruzzi, Ed.). Felici Editore, Pisa.
- Peruzzi A, Martelloni L, Frascioni M, Fontanelli M, Pirchio M, Raffaelli M (2017). Machines for Non-Chemical Intra-Row Weed Control in Narrow and Wide-Row Crops: A Review. *J. Agric. Eng.* 2017, 48. Available online: <https://www.agroengineering.org/index.php/jae/article/view/583/629> (accessed on 25 July 2018).
- Peruzzi A, Raffaelli M, Di Ciolo M, Mazzoncini M, Ginanni M, Mainardi M, Celli A (2000). Messa a punto e valutazioni preliminari di un prototipo per la disinfezione del terreno per mezzo di vapore e di sostanze a reazione esotermica. *Rivista Di Ingegneria Agraria* 4: 226-242.
- Peruzzi A. (2011). "Strategie e macchine operatrici innovative per i trattamenti termici per la disinfezione/disinfestazione del terreno ed il controllo della flora infestante in agricoltura ed in area urbana." In *Impiego di mezzi termici per la disinfestazione del terreno e per il controllo della flora infestante*, A. Peruzzi (Ed.), Accademia dei Georgofili, San Piero a Grado, Pisa, Italy, pp. 7-27.
- Putnam AR, Duke WB (1978). Allelopathy in agroecosystems. *Ann. Rev. Phytopathol.* 16: 431-451.
- Radicetti E, Mancinelli R, Campiglia E (2012). Combined effect of genotype and inter-row tillage on yield and weed control of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in a rainfed Mediterranean environment. *Field Crops Research* 127: 161-169.
- Radics L, Bognár ES (2004). Comparison of different mulching methods for weed control in organic green bean and tomato. *Acta Horticulturae* 638: 189-196.
- Raffaelli M, Bàrberi P, Peruzzi A, Ginanni M (2002a). Options for mechanical weed control in grain maize – effects on weeds. In: *Proceedings 5th EWRS Workshop on Physical Weed Control*, Pisa, Italy, pp 147-152.
- Raffaelli M, Bàrberi P, Peruzzi A, Ginanni M (2005). Mechanical weed control in maize: evaluation of weed harrowing and hoeing systems. *Agricoltura Mediterranea*, 135: 33-43.
- Raffaelli M, Filippi F, Peruzzi A, Graifenberg A (2004). Flaming for intra-row weed control in globe artichoke. In: *Proceeding 6th EWRS Workshop on Physical and Cultural Weed Control*, Lillehammer, Norway, 8-10 March, pp 166-169.
- Raffaelli M, Martelloni L, Frascioni C, Fontanelli M, Carlesi S, Peruzzi A (2016). A prototype band-steaming machine: design and field application. *Biosyst. Eng.* 144:61-71.
- Raffaelli M, Peruzzi A (1998). Controllo delle infestanti, le attrezzature "ecologiche". *Terra e Vita* 4: 33-41.

- Raffaelli M, Peruzzi A, Ginanni M, Di Ciolo S (2002b). Mechanical weed control in sunflower and soyabean crops using spring-tine harrow: results of two-year trials. *Agricoltura Mediterranea*, 132: 112-121.
- Rasmussen J (1996). Mechanical weed management. In: *Proceedings Second International Weed Control Congress*, Copenhagen, Denmark, pp 943-948.
- Rasmussen J, Henriksen CB, Griepentrog HW, Nielsen J (2011). Punch planting, flame weeding and delayed sowing to reduce intra-row weeds in row crops. *Weed Research* 51: 489-498.
- Rubiales D, Verkleij J, Vurro M, Murdoch AJ, Joel DM (2009). Parasitic plant management in sustainable agriculture. *Weed Research* 49: (Supplement 1), 1–5.
- Runham SR, Town SJ (1995). An economic assessment of mulches in field scale vegetable crops. In: *Proceedings 1995 Brighton Crop Protection Conference – Weeds*, Brighton, UK, pp 925-930.
- Sanchez E, Lamont WJ Jr, Orzolele MD (2008). Newspaper mulches for suppressing weeds for organic high-tunnel cucumber production. *HortTechnology* 18: 154–157.
- Santos BM, Dusky JA, Stall WM, Bewich TA, Shilling DG (2004a). Mechanisms of interference of smooth pigweed (*Amaranthus hybridus*) and common purslane (*Portulaca oleracea*) on lettuce as influenced by phosphorus fertility. *Weed Science* 52: 78-82.
- Santos BM, Dusky JA, Stall WM, Bewich TA, Shilling DG (2004b). Influence of method of phosphorus application on smooth pigweed (*Amaranthus hybridus*) and common purslane (*Portulaca oleracea*) interference in lettuce. *Weed Science* 52: 797-801.
- Sattin M, Tei F (2001). Malerbe componente dannosa degli agroecosistemi. In: *Malerbologia* (Catizone P. e Zanin G., coordinatori) Pàtron Editore, Bologna, pp. 171-245.
- Shrestha A (2009). Potential of a black walnut (*Juglans nigra*) extract product (NatureCur) as a pre- and post-emergence bioherbicide. *Journal of Sustainable Agriculture* 33:810-822.
- Sivesind EC, Leblanc ML, Cloutier DC, Seguin P, Stewart KA (2012) Impact of selective flame weeding on onion yield, pungency, flavonoid concentration, and weeds. *Crop Protection* 39: 45–51.
- Slaughter DC, Giles DK, Downey D (2008). Autonomous robotic weed control systems: A review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 61: 63–78.
- Teasdale JR, Mohler CL (2000). The quantitative relationship between weed emergence and the physical properties of mulches. *Weed Science* 48: 385-392.
- Tei F (2001). Il diserbo delle colture orticole. In: *Malerbologia* (Catizone P. e Zanin G., coordinatori) Pàtron Editore, Bologna, pp. 777-815.
- Tei F, Ascard J, Baumann DT, ,Caussanel JP, Dobrzanski A, Froud-Williams RJ, Kleifeld Y, Pardo Iglesias A, Rocha F, Ruuttunen P, Rzozi RS, Sanseovic T, Suso L (1999). Weeds and weed management in onion - a review. In *Proceedings 11th EWRS Symposium*, Basel, Switzerland, 131.
- Tei F, Baumann DT, Bleeker P, Dobrzanski A, Economou G, Fogelberg F, Froud-Williams RJ, Hoek H, Melander B, Rocha F, Ruuttunen P, Rzozi SB, Sanseovic T, Simoncic A, Torma M, Uygur FN, van der Weide R, Verschwele A, Villeneuve F, Zaragoza C (2002b). Weeds and weed management in carrots - a review. In *Proceedings 12th EWRS Symposium*, Wageningen, The Netherlands, 24-27 June 2002, pp14-15.
- Tei F, Cirujeda A, Dobrzański A *et al.* (2007). Weeds and weed management in lettuce. In: *Proceedings 14th International Symposium of European Weed Research Society*, 17–21 June 2007, Hamar, Norway, p 71.

- Tei F, Montemurro P, Baumann DT, Dobrzanski A, Giovino R, Kleifeld Y, Rocha F, Rzozi RS, Sanseovic T, Zaragoza C (2003). Weeds and weed management in processing tomato. *Acta Horticulturae* 613: 111-121.
- Tei F, Pannacci E (2005). La gestione integrata della flora infestante nelle colture orticole. Review n. 2 – *Italus Hortus*, 12, (4): 45-62.
- Tei F, Pannacci E (2017a). Chapter 12. Weed Management Systems in Vegetables. In: *Weed Research: Expanding Horizons* (Edited by Paul E. Hatcher and Robert J. Froud-Williams). John Wiley & Sons Ltd., pp 432. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781119380702.ch12>
- Tei F, Pannacci E (2017b). Chapter 18. Integrated weed management in tomato cultivation. In: *Achieving sustainable cultivation of tomatoes* (Edited by Dr. Autar Mattoo and Prof. Avtar Handa). Burleigh Dodds Science Publishing, pp 564. Available at: <https://shop.bdspublishing.com/checkout/Store/bds/Detail/WorkGroup/3-190-52948>
- Tei F, Pannacci E, Cirujeda A *et al.* (2005). Weeds and weed management in cabbages – a review. In: *Proceedings 13th EWRS Symposium*, 20–23 June 2005, Bari, Italy.
- Tei F, Stagnari F, Granier A (2002a). Preliminary on physical weed control in processing spinach. In *Proceedings 5th EWRS Workshop on Physical and Cultural Weed Control*, Pisa, Italy, 11-13 March, pp164-171.
- Temperini O, Bàrberi P, Paolini R, Campiglia E, Marucci A, Saccardo F (1998). Solarizzazione del terreno in serra-tunnel: effetto sulle infestanti in coltivazione sequenziale di lattuga, ravanella, rucola e pomodoro. In: *Atti XI Convegno Biennale S.I.R.F.I. "Il controllo della flora infestante nelle colture orticole"*, 12-13 novembre 1998, Bari, Italy, pp 213-228.
- Testi V, Chiusa B, Boselli R, Fiorini A, Marocco A, Tabaglio V (2015). Orobanche nel pomodoro: strategie di contenimento. *L'Informatore Agrario* 7: 60-63.
- Tillett ND, Hague T, Grundy AC, Dedousis AP (2008). Mechanical within-row weed control for transplanted crops using computer vision. *Biosystems Engineering* 99:171-178.
- Tittarelli F, Campanelli G, Farina R, Napoli R, Ciaccia C, Testani E, Leteo F, Canali S (2014). Effect of cover crop management and compost application on soil N fertility of organic melon. In: *Proceedings of the 4th ISOFAR Scientific Conference. 'Building Organic Bridges' Organic World Congress 2014*, Rahmann G & Aksoy U (Eds.), 13-15 October, Istanbul, Turkey, pp 709-712. Available on line at: http://orgprints.org/23596/1/23596_Tittarelli_MM.pdf
- Tosti G, Benincasa P, Farneselli M, Pace R, Tei F, Guiducci M, Thorup-Kristensen K (2012). Green manuring effect of pure and mixed barley - hairy vetch winter cover crops on maize and processing tomato N nutrition. *European Journal of Agronomy* 43: 136-146.
- Tosti G, Guiducci M (2010). Durum wheat-faba bean temporary intercropping: Effects on nitrogen supply and wheat quality. *European Journal of Agronomy* 33: 157-165.
- Tugnoli V (2002). Sarchiatura o fresatura per una bietola di qualità. *L'informatore Agrario*, 16: 47-48.
- Ugen M.A., Wien H.C., Wortmann C.S., 2002. Dry bean competitiveness with annual weeds as affected by soil nutrient availability. *Weed Science* 50: 530-535.
- Uludag A, Bohren C, Bulcke R *et al.* (2003). A review of weed control management in green peas. *Vegetable Crops Research Bulletin* 59: 5–16.
- Van der Schans D, Bleeker P, Molendijk L, Lotz LAP, Bauermeister R, Total R, Baumann DT (2006). Practical Weed Control in Arable Farming and Outdoor Vegetable Cultivation without Chemicals. *PPO publication 532, Applied Plant Research*, Wageningen University, Lelystad, The Netherlands, p 77.

- Van der Weide RY, Bleeker PO *et al.* (2008). Innovation in mechanical weed control in crop rows. *Weed Research* 48: 215–224.
- Vidotto F, Busi R, Ferrero A (2002). Effects of solarization in temperate climate condition. In: *Proceedings 12th EWRS Symposium*, Wageningen, The Netherlands, 24-27 June 2002, pp 46-47.
- Vidotto F, De Palo F, Ferrero A (2013). Effect of short-duration high temperatures on weed seed germination: high temperatures affecting weed seeds. *Annals of Applied Biology*, 163: 454-465.
- Vidotto F, De Palo F, Letey M, Ricauda-Aimonino D (2011a). “Effect of short duration exposure to high temperatures on weed seed germination.” In *Proceedings 9th EWRS Workshop on Physical and Cultural Weed Control*, D. C. Cloutier (Ed.) Samsun, Turkey, pp. 3-3.
- Vidotto F, Letey M, De Palo F, Saglia AA (2011b). “Efficacia erbicida della geodisinfestazione con calore umido.” In *Impiego di mezzi termici per la disinfestazione del terreno e per il controllo della flora infestante* Accademia dei Georgofili, San Piero a Grado, Pisa, Italy, pp 37-43.
- Vidotto F, Letey M, Follis F, Saglia AA (2009). Impiego del vapore per la devitalizzazione dei semi di piante infestanti presenti nel terreno. *Protezione delle Colture* 2: 127-128.
- Vidotto F, Masin R, Pannacci E, Mariani L (2013). Effetti del cambiamento climatico sulla dinamica evolutiva delle malerbe. Vidotto F, De Palo F, Ferrero A. editors 2013. Atti del XIX convegno S.I.R.F.I. “Gestione delle malerbe nelle colture agrarie alla luce delle attuali problematiche legislative, agronomiche e ambientali”, 17 dicembre 2013, Bologna, Italy. 157 p., 29-56,
- Vizantinopoulos S, Katranis N (1993). Soil solarization in Greece. *Weed Research* 33: 225-230.
- Wang FX, Feng SY, Hou XY, Kang SZ, Han JJ (2009). Potato growth with and without plasticmulch in two typical regions of Northern China. *Field Crops Research*, 110: 123-129.
- Waterer D (2010). Evaluation of biodegradable mulches for production of warm-season vegetable crops. *Canadian Journal of Plant Science* 90: 737–743.
- Weerarathne LVY, Marambe B, Chauhan BS (2017). Intercropping as an effective component of integrated weed management in tropical root and tuber crops: A review. *Crop Protection* 95: 89-100.
- Weston LA (1996). Utilization of allelopathy for weed management in agroecosystems. *Agronomy Journal* 88: 860-866.
- Zanin G, Berti A (1989). Per una sempre migliore razionalizzazione degli interventi chimici. In: *Atti VII Convegno biennale S.I.L.M. “Il diserbo delle colture agrarie: attualità e prospettive”*, Torino 9-10 novembre 1989, pp 119-145.
- Zonno MC, Montemurro P, Vurro M (2000). Orobanche ramosa, un’infestante parassita in espansione nell’Italia Meridionale. *Inf. Fitopatologico* 4, 13-21.

SOSTANZE ATTIVE DEGLI ERBICIDI IMPIEGABILI NELLE COLTURE ORTICOLE

CAMPAGNA G.

COPROB

E-mail: giovanni.campagna@coprob.com

Riassunto

Le colture orticole, tra le quali molte di esse sono considerate minori, interessano complessivamente in Italia una superficie rilevante e rappresentano un'importante realtà economica in particolare a livello locale, costituendo un considerevole indotto per tutta la filiera agroalimentare. Le infestanti rendono spesso difficoltosa la coltivazione in particolare per la competizione che possono esercitare e i deprezzamenti delle produzioni. La gestione delle malerbe è spesso problematica per la limitata disponibilità di principi attivi e di formulati commerciali autorizzati, in particolare a seguito della revisione europea e la revoca dapprima di trifluralin e poi di linuron. Il possibile aggravarsi della situazione rende ancor più preoccupante la gestione di alcune colture. Inoltre la possibile presenza di flora di sostituzione o di popolazioni di malerbe resistenti, può aggravare ulteriormente il contenimento delle infestanti.

La messa a punto delle migliori strategie di lotta integrata con tutti i mezzi a disposizione, compresi quelli meccanici e agronomici, risultano quanto mai determinanti nell'attuale gestione delle malerbe.

Nell'ambito delle strategie di intervento, la scelta degli erbicidi caratterizzati da differenti meccanismi e modalità d'azione, o meglio di miscele degli stessi a dosi ridotte, permette di assicurare il miglior grado di efficacia nel rispetto della selettività colturale e delle problematiche di fitotossicità per le colture in successione. La scelta delle dosi di impiego in funzione delle condizioni pedoclimatiche deve essere rivolta in particolare all'eliminazione delle infestanti di più difficile contenimento.

In questo contributo si analizzano le attuali disponibilità di molecole erbicide per ciascuna coltura orticola interessata alla revoca di linuron e a quelle appartenenti alle stesse famiglie (leguminose e solanacee) interessate all'estensione di impiego di alcuni erbicidi nell'ambito di una gestione integrata delle malerbe.

Parole chiave

Erbicidi; Malerbe; Colture orticole; Meccanismi d'azione; Gestione integrata.

Summary

In Italy the vegetable crops affect a relevant surface globally, representing at the local level an important monetary source, overall creating a sizeable economic activity induced by the agro industrial system.

Weed management in minor crops is quite complex due to the limited availability of authorized active substances and formulated products, particularly after European review process, still ongoing. Besides the possible presence of substitution flora and/or resistant weed populations may further exacerbate the weed control. The integrated weed management best strategies, involving all

available means, agronomical and mechanical included, are more than ever crucial in the up-to-date weed management. About the chemical weed control strategies, the choice of herbicides characterized by different mechanism of action, or better mix of these at reduced rates, allow to ensure the best control respecting crop selectivity and avoiding phytotoxicity issues for the succeeding crops. In this paper the available herbicide molecules for each crop has been analyzed, under the integrated weed management guidelines.

Keywords

Herbicide; Weeds; Vegetables crops; MoA; Integrated management.

Premessa

Il riesame valutativo previsto dai Regolamenti (CE) n. 1107/2009 e (UE) 2017/244, non ha reincluso linuron nella lista delle sostanze attive utilizzabili e dal 3 giugno 2018 in Italia non è più possibile impiegare in campo i relativi formulati commerciali.

Per questo sono state reimpostate le strategie integrate per il contenimento delle malerbe mediante la valorizzazione (Pannacci e Tei, 2015) delle pratiche agronomiche (rotazione, falsa semina, trapianto, solarizzazione, pacciamatura, sarchiatura, ecc.), oltre che a quelle di diserbo (Tabella 1) con l'impiego sinergico degli erbicidi a dosi ridotte e ripetute ad azione residuale e fogliare (Fabbri e Campagna, 2017).

Nel presente contributo si integrano le trattazioni sulla revisione delle strategie riguardanti le altre colture orticole solanacee (melanzana, peperone e pomodoro) e leguminose (fava, pisello), comprese quelle da granella (cece, favino e lenticchia) in cui sono stati estesi all'impiego di recente alcuni erbicidi tra cui oltre a clomazone e pendimetalin, anche metribuzin.

Tabella 1. Colture in cui linuron è stato revocato in Italia per le colture orticole.

Coltura	Superfici indicative coltivate (ha)	Epoche di impiego	Ciclo
Asparago	5.500-6.000	Pre-ricaccio	Pluriennale
Carciofo	45.000-50.000	Pre-trapianto/post-trapianto/pre-ricaccio/post-ricaccio	Pluriennale
Carota	12-13.000	Pre e post-em.	Estivo-autunnale/primaverile
Finocchio	20-25.000	Post-emergenza	Estivo-autunnale
Sedano	3-4.000	Pre e post-trapianto	Estivo-autunnale
Fagiolo-fagiolino	17-19.000	Pre-em.	Primaverile/estivo/autunnale
Patata	55-60.000	Pre-em.	Autunno-primav/primav-estivo

Erbicidi selettivi attualmente disponibili per le colture prese in esame (Tabelle 2, 3, 4, 5)

La disponibilità di erbicidi autorizzati per le colture orticole è talvolta piuttosto limitata (Ferrero et al., 2013) e tende a ridursi di anno in anno a causa della revoca di vecchie molecole chimiche, tra cui il recente caso di linuron.

Sono attualmente previste facilitazioni per la concessione delle autorizzazioni all'impiego dei prodotti fitosanitari, anche se le difficoltà di estensione all'impiego degli erbicidi sono notevoli, tra cui la necessità di rispettare la selettività colturale e tutti gli aspetti agronomici che assicurano la possibilità di un impiego sicuro.

Di seguito si riporta l'attuale disponibilità degli erbicidi, ordinati per meccanismo d'azione (gruppo MoA) e all'interno del quale per famiglia chimica (Geminiani e Campagna, 2013). Ciascun principio attivo è caratterizzato da modalità d'azione residuale (assorbiti prevalentemente per via radicale o dal germinello) o fogliare, pertanto può essere applicato con finalità preventive in pre-semina, pre-emergenza, pre-trapianto, post-trapianto o post-ricaccio (per le colture perennanti quali asparago e carciofo), oppure estintive e quindi distribuite direttamente sulle colture.

Gruppo A - Inibitori dell'enzima Acetil-CoA Carbossilasi

Questo gruppo comprende le famiglie degli arilossifenossipropionati e dei cicloesenoni. Si tratta di graminicidi specifici, ad azione sistemica, assorbiti quasi esclusivamente per via fogliare. Il meccanismo d'azione (inibizione dell'enzima Acetil-CoA Carbossilasi, con conseguente arresto della biosintesi degli acidi grassi preposti alla formazione delle membrane cellulari e della cuticola) è molto specifico (monosito). Ciò determina un alto rischio di selezione di resistenze (target site) nelle popolazioni di graminacee (Sattin et al., 2013). Occorre considerare che questi principi attivi rappresentano gli unici erbicidi dotati di azione graminicida di post-emergenza per la maggior parte delle colture.

Resistenze accertate (fonte GIRE): *Lolium* spp., *Avena sterilis*, *Phalaris paradoxa*, *Echinochloa crus-galli*, *Sorghum halepense*.

Gruppo B - Inibitori dell'enzima Acetolattato sintetasi

Questi erbicidi hanno trovato largo impiego grazie alle favorevoli caratteristiche eco-tossicologiche (bassa tossicità) ed all'elevatissima attività biologica che permette di impiegarli a dosaggi estremamente ridotti. Per contro, la loro ampia diffusione in molti sistemi colturali (elevata pressione selettiva) ed il meccanismo d'azione specifico (monosito) determinano un alto rischio di selezionare popolazioni resistenti (con fenomeni di resistenza incrociata a tutti gli ALS inibitori ed anche

resistenze multiple). Ciò rende spesso necessario il loro uso congiunto con altri erbicidi aventi diverso meccanismo d'azione.

La diffusione di questi erbicidi è stata accompagnata, negli ultimi anni, anche all'introduzione di varietà in grado di tollerare erbicidi comunemente non selettivi per la coltura. Questa tecnologia si è diffusa interessando per il momento riso, colza e girasole. Occorre comunque osservare che, se non correttamente gestite, anche per queste varietà sussistono rischi di trasferimento dei caratteri di tolleranza alle infestanti geneticamente affini alla specie coltivata.

Nelle colture orticole i principi attivi appartenenti a questo gruppo sono limitati a imazamox e rimsulfuron.

Resistenze accertate (fonte GIRE): *Papaver rhoeas*, *Sinapis arvensis*, *Lolium* spp., *Avena sterilis*, *Amaranthus retroflexus*, *Alisma plantago-aquatica*, *Cyperus difformis*, *Schoenoplectus mucronatus*, *Echinochloa crus-galli*.

Gruppi C1 - C2 - C3: Inibitori della fotosintesi a livello del fotosistema II

Tra questi erbicidi si è riscontrata la maggiore riduzione di molecole, tra cui linuron, anche se è stato reintrodotta di recente il metobromuron per il diserbo della patata.

Metribuzin trova oggi impiego su diverse colture orticole ed estensive, dove può essere utile impiegato nelle strategie antiresistenza per il controllo di *Amaranthus retroflexus* resistente agli ALS inibitori. Piridate si caratterizza per l'azione di contatto nei confronti di specie dicotiledoni e trova impiego principalmente su alcune colture minori. Bentazone è impiegato prevalentemente nel diserbo di post-emergenza delle leguminose, dove è utile anche nelle strategie di gestione degli amaranti resistenti agli ALS-inibitori.

Gruppo E - Inibitori dell'enzima protoporfirinogeno ossidasi (PPO)

Di questo gruppo fanno parte i difenileteri, tra cui oxifluorfen è autorizzato solo per il diserbo del carciofo. Tra gli ossadiazolinoni è invece disponibile il solo oxadiazon, erbicida residuale registrato attualmente su finocchio, asparago, carciofo, melanzana, peperone e pomodoro.

Gruppo F3 - Inibitori della biosintesi dei carotenoidi (target sconosciuto)

Di questo gruppo fa parte clomazone (isossazolidoni), utile per l'azione sinergica con altri erbicidi residuali caratterizzati da diverso MoA, e per la sua attività nei confronti di importanti infestanti, quali *Abutilon theophrasti*. Clomazone trova impiego su numerose colture orticole, ma anche su altre colture, generalmente in associazione a pendimetalin, per il contenimento preventivo delle graminacee, compresi i giavoni resistenti.

Dello stesso gruppo fa parte anche aclonifen, appartenente alla famiglia dei difenileteri. Questo erbicida, caratterizzato da azione dicotiledonica, trova impiego prevalentemente nel diserbo preventivo di carota, patata, pomodoro, cece e pisello in miscela con altre sostanze attive caratterizzate da diverso meccanismo d'azione ed attività complementare.

Gruppo K1 - Inibitori dell'assemblaggio dei microtubuli

In questo gruppo nella famiglia delle dinitroaniline, che nel tempo ha subito una forte contrazione, restano disponibili benfluralin, ma soprattutto pendimetalin, che rappresenta, un valido strumento per il controllo di importanti specie infestanti, ed è impiegato generalmente in miscela con altri erbicidi residuali caratterizzati da uno spettro d'azione complementare e da un diverso meccanismo d'azione. Negli ultimi anni sono state introdotte, relativamente a pendimetalin, nuove formulazioni microincapsulate, che garantiscono una maggiore stabilità della sostanza attiva nel terreno, migliore selettività ed un'attività più costante e persistente.

Dello stesso gruppo fa parte anche propizamide, sostanza attiva appartenente alla famiglia chimica delle benzammidi. Questo prodotto viene ancora utilizzato in miscela con altri residuali, per il diserbo del carciofo.

Gruppo K3 - Inibitori della divisione cellulare

E' un importante gruppo che comprende diversi erbicidi ad azione residuale (antigerminello) con prevalente attività graminicida. La maggior parte di essi sono diffusamente impiegati nel diserbo preventivo del mais, ma alcuni rivestono un'elevata importanza anche su altre colture minori. Della famiglia delle cloroacetammidi sono attualmente disponibili S-metolaclo e metazaclo.

Alla famiglia delle propionammidi appartiene napropamide, applicabile su melanzana, patata e pomodoro, mentre a quella delle ossiacetanilidi fa parte flufenacet per il diserbo preventivo di patata e pomodoro.

Gruppo O - Auxine sintetiche (azione simile all'acido indol acetico)

Sono prodotti ad azione sistemica, con assorbimento fogliare ma anche radicale (variabile a seconda della sostanza attiva), efficaci nei confronti di numerose dicotiledoni (annuali e perenni).

Tra gli Acidi Fenossialcanoici si annovera 2,4-DB, impiegato per il diserbo di post-emergenza di alcune colture leguminose foraggere. Tra i derivati dell'Acido Benzoico si dispone di dicamba, di possibile impiego su asparago.

Tabella 2a. Principali caratteristiche delle sostanze attive selettive a prevalente azione dicotiledonica di possibile impiego pre

Principio attivo	Meccanismo d'azione (MOA)	Gruppo HRAC	Famiglia chimica	Formulato commerciale (Trade Mark)	Composizione	Colture registrate e tempi di carenza (gg)	Principale modalità di assorbimento
rimsulfuron	<i>Inibizione dell'enzima acetolattato sintetasi (ALS)</i>	B	solfoniluree	Executive Gold	25%	patata (30), pomodoro (30)	fogliare (radicale)
imazamox		B	imidazolinoni	Altorex	40 g/L	fagiolo (35), fagiolino (35), fava (35), favino (35), pisello (35)	fogliare (radicale)
metribuzin		C1	triazinoni	diversi (vedi Tab. 3)	vedi Tab. 3	vedi Tab. 3	radicale e fogliare
piridate	<i>Inibizione della fotosintesi a livello del fotosistema II</i>	C1	piridazinoni	Lentagran 45 WP	45%	cece (45), lenticchia (45), fagiolo (45), pisello (45), asparago (0), carciofo (0)	fogliare
metobromuron		C2	uree sostituite	Proman Flow	500 g/L	patata (0)	radicale (fogliare)
bentazone		C3	benzotiadiazine	Basagran SG, Blast SG	87%	fagiolo (30), fagiolino (30), fava (30), favino (30), pisello (30)	fogliare

Tabella 2b. Principali caratteristiche delle sostanze attive selettive a prevalente azione dicotiledonica di possibile impiego preventivo ed estintivo.

Principio attivo	Meccanismo d'azione (MOA)	Gruppo HRAC	Famiglia chimica	Formulato commerciale (Trade Mark)	Composizione	Culture registrate e tempi di carenza (gg)	Principale modalità di assorbimento
oxadiazon	<i>Inibizione dell'enzima protoporfirino geno</i>	E	ossadiazolinoni	Ronstar FL	380 g/L	finocchio (0), asparago (0), carciofo (0), melanzana (0), peperone (0), pomodoro (0)	radicale (fogliare)
oxifluorfen		E	difenileteri	Dribbling 240, Grizzly EC, Hereu	240 g/L	carciofo (0)	radicale (fogliare)
				Hereu SC	500 g/L	carciofo (0)	
clomazone				Command 36CS	360 g/L	carota (60), finocchio (0), fagiolo (0), fagiolino (0), favino (0), pisello (0), peperone (0), patata (60)	radicale (fogliare)
	<i>Inibizione della biosintesi dei carotenoidi</i>	F3	isossazoli	Sirtaki	360 g/L	fagiolo (0), fagiolino (0), favino (0), pisello (0), patata (7)	
aclonifen		F3	difenileteri	Challenge	600 g/L	carota (0), finocchio (0), peperone (0), patata (0), pomodoro (0), cece (0), fava (0), favino (0), lenticchia (0), pisello (0), carciofo (0)	radicale
pendimetalin	<i>Inibizione assemblaggio microtubuli</i>	K1	dinitroaniline	diversi (vedi Tab. 4)	vedi Tab. 4	vedi Tab. 4	radicale
propizamide		K1	benzammidi	Kerb 80EDF	80%	carciofo (0)	radicale
S-metolaclor		K3	cloroacetammidi	Dual Gold	960 g/L	fagiolo (0), pomodoro (0)	radicale
metazaclor	<i>Inibizione divisione cellulare</i>	K3	cloroacetammidi	Butisan S	500 g/L	carciofo (0)	
napropamide		K3	propionammidi	Devrinol F	450 g/L	melanzana (0), patata (0), pomodoro (0)	radicale
flufenacet		K3	ossiacetanilidi	Cadou WG	60%	patata (0), pomodoro (0)	radicale
dicamba	<i>simile ac. indolacetico</i>	O	derivati ac. benzoico	Joker / Joker 480	230 / 480 g/L	asparago (0)	fogliare (radicale)

Tabella 2c. Principali caratteristiche dei formulati contenenti miscele di sostanze attive selettive a prevalente azione dicotiledonica di possibile impiego preventivo ed estintivo.

Principio attivo	Gruppo HRAC	Formulato commerciale (Trade Mark)	Composizione	Culture registrate e tempi di carenza (gg)	Principale modalità di assorbimento
imazamox + bentazone	B/C3	Corum	22,4 + 480 g/L	fagiolo (35), fagiolino (35), fava (35), favino (35), pisello (35)	fogliare (radicale)
imazamox + pendimetalin	B/K1	Oklahoma	16,7 + 250 g/L	fava (0), favino (0)	radicale e fogliare
metribuzin + clomazone	C1/F3	Metric	233 + 60 g/L	patata (0)	radicale e fogliare
metribuzin + flufenacet	C1/K3	Fedor	14 + 42 %	patata (0), pomodoro (0)	radicale e fogliare
clomazone + pendimetalin	F3/K1	Bismark	55 + 275 g/L	fagiolo (60), fagiolino (60), fava (60), favino (0), pisello (60), carota (0), finocchio (0), patata (0), asparago (0), colture portaseme	radicale (fogliare)
clomazone + pendimetalin	F3/K1	Alcance Sync Tec/Stallion It Sync Tec	43 + 298 g/L	fagiolo (0), fagiolino (0), favino (0), pisello (0), carota (0), patata (0)	radicale (fogliare)
isoxaben + orizalin (Famiglie chimiche: benzamidi + dinitroaniline)	L*(1)/K1	Selectrum	107 + 429 g/L	asparago (0)	radicale

*(1) Gruppo HRAC L: inibizione sintesi cellulosa

Tabella 3. Aggiornamento degli impieghi previsti dalle etichette dei principali formulati commerciali a base di metribuzin. Dosi di impiego in L o kg/ha e tempi di carenza per ciascuna coltura (tra parentesi).

Formulato commerciale	Asparago in produzione		Carota	Finocchio	Patata	Pomodoro	Cece	Fava	Favino	Lenticchia	pisello
	pre-em. turioni	post-raccolta	post-em. (> 3 f.v.)	post-trapianto	pre-em.	post-em.	pre-semine e trapianto	post-em.	pre-emergenza		
metribuzin 70 % - Dosi: Kg/ha di F.C.											
Song 70WDG* + portaseme	0,25-0,5 (0)	0,25-0,4 (0)	0,25-0,35 (60)	0,15 (40)	0,25-0,4 (0)	0,25-0,3 (30)	0,25-0,4 (30)		tutte	0,15-0,2 (0)	
Feinzin 70DF* + portaseme	0,25-0,5 (0)	0,25-0,4 (0)	0,25-0,35 (60)	0,15 (40)	0,25-0,4 (0)	0,25-0,3 (30)	0,25-0,4 (30)		tutte	0,15-0,2 (0)	
metribuzin 600 g/L - Dosi: Kg/ha di F.C.											
Sencor 600SC	0,6-0,7 (60)		0,3-0,4 (60)		0,3-0,45 (0)	0,35 (30)	0,35-0,45 (30)				
metribuzin 35 % - Dosi: Kg/ha di F.C.											
Metro	1-1,2 (60)				0,5-0,8-1 (60)	0,5-0,6 (30)	0,3-0,5 (30)				
Medor 35 Class	0,8-1 (60)				0,5-0,8 (60)	0,5-0,6 (30)	0,5-0,9 (30)				

** Utilizzare le dosi inferiori di impiego nei terreni sciolti.*

Tabella 4. Aggiornamento degli impieghi previsti dalle etichette dei formulati commerciali a base di pendimetalin. Dosi di impiego in L o kg/ha e tempi di carenza per ciascuna coltura (tra parentesi).

Formulato commerciale	Carota	Sedano	Finocchio	Finocchio	Prezzemolo	Arachide	Cece	Fagiolo	Fagiolino	Fava	Favino
	pre/post-em	pre-trap	pre-em/trap	post-em/trap	pre-em/trap	pre-em	pre-em	pre-em	pre-em	pre-em	pre-em
Stomp Aqua (455 g/L)	2-2,5 (60)		2-2,5 (75)	2-2,5 (75)		2-2,5 (0)	1-1,75 (0)	1-1,75 (60)	1-1,75 (60)	1,5-2 (0)	1,5-2 (0)
Most Micro (365 g/L)	1,25-3 (60)	3 (60)	1,25-2,5 (75)	1,25-2 (75)	1,25-1,7 (40) uso eccez.			1,7-2,5 (60)	1,7-2,5 (45) (60)	1,7-3 (60)	
Activus Eko ME (400 g/L)	2,5 (0)							2,5 (0)	2,5 (0)	2,5 (0)	2,5 (0)
Penthium EC (330 g/L)	4 (60)		3,6 (75)	3,6 (75)				3,6 (60)	3,6 (60)		3,6 (0)

Formulato commerciale	Lenticchia	Pisello	Melanzana	Patata	Peperone	Pomodoro	Asparago	Carciofo
	pre-em	pre-em	pre-trap	pre-em.	pre-trap	pre-trap	pre-ricaccio	pre-em/ricaccio
Stomp Aqua (455 g/L)		2-2,5 (0)	2 (75)	2-2,5 (0)	1,5-2 (75)	1-1,75 (75)	2-2,5 (60)	2-2,5 (60)
Most Micro (365 g/L)		1,7-3 (60)	1,25-2,2 (75)	1,7-3 (90)	1,25-2,2 (75)	1,25-2,2 (75)	2,5-3 (0)	2-3 (0) cardo 2,5-3 (60)
Activus Eko ME (400 g/L)	2,5 (0)	2,5 (0)	2,5 (0)	3 (0)	2,5 (0)	2,5 (0)		3 (0)
Penthium EC (330 g/L)		5,3 (0)	2,75 (75)	5,3 (0)	2,75 (75)	2,75 (75)		4,5 (60)

L'impiego su pomodoro e carciofo è consentito in vegetazione solo nella superficie interfilare.

Tabella 5. Graminici di specifici di possibile impiego su ombrellifere (carota, finocchio, sedano), leguminose (cece, fagiolo, fagiolino, fava, favino, lenticchia, pisello), solanacee (melanzana, patata, peperone, pomodoro), asparago e carciofo.

Principio attivo	Meccanismo d'azione (MOA)	Gruppo HRAC	Famiglia chimica	Formulato commerciale (Trade Mark)	Composizione	Dosi di applicazione (l o kg/ha di f.c.)	Culture registrate e tempi di carenza (gg)
fluazifop-p-butile			arilossifenossipropionati	Fusilade Max	125 g/l	1-2	fagiolo (0), fagiolino (0), fava (0), pisello (0), carota (30), melanzana (30), patata (50), carciofo (30)
propaquizafop			arilossifenossipropionati	Agil, Zetrola, ecc.	100 g/L	0,8-2	cece (50), fagiolo (50), fagiolino (40), fava (50), favino (50), lenticchia (50), pisello (40-50), carota (30), finocchio (30), melanzana (30), patata (40), pomodoro (30), asparago (30),
quizalofop-etile isomero	inibizione dell'enzima Acetil-CoA	A	arilossifenossipropionati	Targa Flo	50 g/L	1-3	fagiolino (21), pisello (21), carota (21), patata (45), pomodoro (21), leguminose da granella (45)
quizalofop-p-etile	Carbossilasi (ACCasi)		arilossifenossipropionati	Leopard 5 EC	50 g/L	1-3	cece (30), fagiolo (30-42), fagiolino (42), fava (42), favino (42), lenticchia (30), pisello (30-42), carota (30), melanzana (30), patata (30), pomodoro (30),
ciclossidim			cicloesenoni	Stratos Ultra	100 g/l	1,5-5	cece (56), fagiolo (28), fagiolino (28), fava (28), favino (28), lenticchia (56), pisello (56), carota (35), melanzana (42), patata (56), peperone (21), pomodoro (42)
cletodim			cicloesenoni	Select/Centurio n 240 NEO	240 g/L	0,5-1,25	carota (40), patata (56), pomodoro (30), carciofo (40)

Erbicidi non selettivi: gestione dei letti di semina e di trapianto e altri impieghi (Tabella 6)

Uno dei metodi più efficaci per contenere le malerbe e mettere in condizione le colture di sfuggire alla competizione iniziale delle infestanti, in particolare dove non si dispone di validi erbicidi, è l'ottimizzazione della gestione del terreno in pre-semina o in pre-trapianto. Le preparazioni anticipate favoriscono, oltre che la migliore strutturazione del suolo a favore delle colture, anche la nascita delle malerbe, che potranno essere successivamente devitalizzate dagli erbicidi ad azione totale (Rapparini et al., 1996).

Gruppo D - Deviazione del trasporto elettronico a livello del foto sistema I

Di questo gruppo fanno parte i dipiridilici, rappresentati dal solo diquat. Si tratta di un erbicida non selettivo, caratterizzato da rapida azione di contatto fogliare sulle infestanti dicotiledoni e su molte graminacee. Nonostante i problemi legati all'elevata tossicità di questi prodotti, diquat è ancora utile per un rapido disseccamento delle infestanti, nonché per il disseccamento di alcune colture nella fase di pre-raccolta (es. patata).

Gruppo E - Inibitori dell'enzima protoporfirinogeno ossidasi (PPO)

Di questo gruppo oltre ai selettivi oxifluorfen e oxadiazon visti in precedenza, fanno parte carfentrazone-etile e piraflufen-etile, di possibile impiego in un prossimo futuro nell'azzeramento delle malerbe in pre-emergenza delle colture, utilizzati nel disseccamento in pre-raccolta della patata. Per quanto riguarda piraflufen-etile è possibile l'impiego in schermatura nelle interfile del carciofo.

Gruppo G - Inibizione dell'enzima EPSP sintasi

Fa parte di questo gruppo il solo glifosate (famiglia chimica dei composti organofosforici), attivo sulla maggior parte delle infestanti graminacee e dicotiledoni, sia annuali che perenni. Grazie al suo ampio spettro d'azione, questo prodotto ad azione sistemica rappresenta l'erbicida totale più diffusamente impiegato per la pulizia dei letti di semina e di trapianto, oltre che degli incolti e dei terreni durante il periodo intercolturale. Il suo impiego reiterato e spesso esclusivo determina però, in certi sistemi colturali, una forte pressione selettiva sulle infestanti, con progressiva selezione delle specie più tolleranti (es. *Malva*, *Erigeron*, *Epilobium*, *Parietaria*, ecc.), o di popolazioni resistenti (es. *Lolium* spp., *Erigeron canadensis*).

Tabella 6. Principali caratteristiche delle sostanze attive non selettive.

Principio attivo	Meccanismo d'azione (MOA)	Gruppo HRAC	Famiglia chimica	Formulato commerciale (Trade Mark)	Composizione	Culture registrate e tempi di carenza (gg)	Principale modalità di assorbimento
diquat	deviazione elettroni a livello fotosistema I	D	dipiridilici	Reglone W	200 g/L	disseccamento pre-raccolta patata	fogliare di contatto
piraflufen-etile	inibizione dell'enzima <i>protoporphirinogeno</i>	E	fenilpirazoli	Evolution	26,5 g/L	interfile carciofo, disseccamento pre-raccolta patata	fogliare di contatto
carfentrazone-etile		E	triazonilnoni	Spotlight Plus	60 g/L	disseccamento pre-raccolta patata	fogliare di contatto
glifosate	inibizione enzima EPSP sintasi	G	organofosforici	vari es. Roundup Platinum	480 g/L	devitalizzazione letti di semina e trapianto	fogliare sistemico
acido pelargonico	meccanismo sconosciuto	Z	acidi monocarbossilici	Beloukha	680 g/L	disseccamento pre-raccolta patata	fogliare di contatto

Gruppo Z - Meccanismo sconosciuto

La più recente sostanza attiva che appartiene a questo gruppo è l'acido pelargonico, caratterizzato, ad elevate dosi di impiego, di azione dissecante di contatto, utilizzabile per trattamenti in pre-raccolta della patata (Bartolini et al., 2018).

La disponibilità di sostanze attive per coltura

OMBRELLIFERE: carota, finocchio, sedano, prezzemolo (Tabella 7)

Le associazioni floristiche possono risultare alquanto complesse e variabili nelle colture ombrellifere, comprese le più problematiche infestazioni appartenenti alla stessa famiglia botanica (*Ammi majus*, *Daucus carota*, *Bifora radians*, *Torilis* spp., *Scandix pecten-veneris*, ecc.) e della cuscuto.

In pre e post-emergenza precoce della carota si può disporre di pendimetalin, utile anche per il contenimento della cuscuto, in particolare in sinergia con clomazone (disponibile in pre-emergenza anche nella miscela preformulata). In sostituzione alle fondamentali applicazioni di linuron in post-emergenza di carota (Campagna e Fabbri, 2015), si possono eseguire applicazioni preventive con acclonifen e clomazone (su finocchio seminato clomazone e su quello trapiantato clomazone e oxadiazon). A completamento dei suddetti prodotti residuali, in post-emergenza della carota e in post-trapianto del finocchio può essere utilizzato metribuzin.

Su sedano si può utilizzare solo pendimetalin in pre-trapianto, mentre su prezzemolo anche clomazone (solo in pre-trapianto).

Più ampia è la disponibilità di prodotti specifici per la lotta contro le graminacee annuali e perenni (*Sorghum halepense*) su carota (fluazifop-p-butile, propaquizafop, quizalofop-etile isomero, quizalofop-p-etile, ciclossidim e cletodim), mentre su finocchio è disponibile solo propaquizafop.

Tabella 7. Strategie di impiego degli erbicidi selettivi su Ombrellifere.

Ombrellifere	Seminate			Trapiantate		
	pre-emergenza		post-emergenza	pre-trapianto	post-trapianto	
Carota	aclonifen clomazone pendimetalin (clomazone + pendimetalin)	metribuzin pendimetalin	graminici specifici (6 s.a.)			
			graminici specifici: propaquizafop	clomazone pendimetalin (clomazone + pendimetalin) oxadiazon	metribuzin pendimetalin	graminici specifici: propaquizafop
Finocchio	clomazone pendimetalin (clomazone + pendimetalin)	pendimetalin				
Prezzemolo	pendimetalin*(1)			pendimetalin*(1)		
Sedano				pendimetalin		

*(1) uso eccezionale Most Micro

LEGUMINOSE: cece, fagiolo, fagiolino, fava, favino, lenticchia e pisello (Tabella 8)

Su queste colture leguminose il diserbo chimico risulta molto importante, anche se a causa del ciclo colturale breve di fagiolo, fagiolino e fava (50-80 giorni) si possono presentare difficoltà nel rispetto dei tempi di sicurezza, in particolare per i graminicidi specifici.

Le infestanti competono notevolmente con le colture seminate, le quali sono caratterizzate da uno sviluppo iniziale lento. Inoltre le malerbe ostacolano le operazioni di raccolta, lasciando talvolta frammenti di difficile separazione, come ad esempio i fusti di *Portulaca oleracea*, ma anche di *Amaranthus* spp. e *Digitaria sanguinalis* su fagiolino, nonché bacche di *Solanum nigrum* e *Datura stramonium*, ma anche i capolini di *Matricaria chamomilla*, *Cirsium arvensis*, *Sonchus* spp. e le capsule di *Papaver rhoeas* per il fagiolo fresco e il pisello.

Limitata rimane la disponibilità di erbicidi residuali selettivi per la lotta contro le infestanti dicotiledoni (Rapparini et al., 2006), anche se di recente sono stati estesi all'impiego alcuni principi attivi. Tra questi in particolare clomazone, di possibile impiego in pre-emergenza su fagiolo, fagiolino, fava, favino e pisello, in miscela con pendimetalin. Quest'ultimo è ora disponibile per tutte le leguminose, compreso cece, lenticchia e anche arachide. Su cece e pisello inoltre si dispone di acclonifen.

In post-emergenza di fava, favino, fagiolo e fagiolino è possibile intervenire con trattamenti a base di imazamox (Corvi et al., 1998) e bentazone. Piridate può essere applicato su cece, fagiolo, lenticchia e pisello. In pre-emergenza, il Metribuzin si può applicare su cece, lenticchia e pisello. Per il controllo delle graminacee si dispone di una più vasta gamma di prodotti specifici.

Tabella 8. Strategie di impiego degli erbicidi selettivi su Leguminose.

Leguminose	Seminate		
	pre-emergenza	post-emergenza	
Arachide	pendimetalin		
Cece	aclonifen	piridate	graminicidi specifici (4 s.a.)
	metribuzin		
	pendimetalin		
Fagiolino	clomazone	bentazone	graminicidi specifici (5 s.a.)
	pendimetalin	imazamox	
	(clomazone + pendimetalin)	(bentazone + imazamox)	
Fagiolo	clomazone	bentazone	graminicidi specifici (5 s.a.)
	pendimetalin	imazamox	
	(clomazone + pendimetalin)	(bentazone + imazamox)	
	S-metolaclor	piridate	
Fava	metribuzin	bentazone	graminicidi specifici (5 s.a.)
	pendimetalin	imazamox	
	(imazamox + pendimetalin)	(bentazone + imazamox)	
	(clomazone + pendimetalin)		
Favino	clomazone	bentazone	graminicidi specifici (4 s.a.)
	metribuzin	imazamox	
	pendimetalin	(bentazone + imazamox)	
	(imazamox + pendimetalin)		
	(clomazone + pendimetalin)		
Lenticchia	pendimetalin	piridate	graminicidi specifici (4 s.a.)
	metribuzin		
Pisello	aclonifen	bentazone	graminicidi specifici (5 s.a.)
	clomazone	imazamox	
	metribuzin	(bentazone + imazamox)	
	pendimetalin	piridate	
	(clomazone + pendimetalin)		

Altre sostanze attive: benfluralin di possibile impiego su cece, fagiolo, fagiolino, pisello.

SOLANACEE: Patata (Tabella 9)

I trattamenti erbicidi svolgono un importante ruolo nel diserbo della patata, nonostante il progressivo affinamento della tecnica agronomica, che ha comportato un aumento della distanza tra le file per migliorare la pezzatura dei tuberi, con un ottimale integrazione del contenimento delle malerbe mediante le sarchia-rincalzature. Un'efficiente assolcatura infatti è un'ottima premessa per ottenere i migliori risultati nel diserbo per la più limitata movimentazione di terra superficiale.

In assenza di linuron le applicazioni di pre-emergenza si debbono eseguire con dosi medie di più prodotti residuali miscelati tra loro, come flufenacet, pendimetalin, aclonifen, clomazone e metribuzin. Più di recente in pre-emergenza della coltura sono state reintrodotte napropamide e metobromuron, da utilizzare preferibilmente in miscela con pendimetalin o aclonifen. Metribuzin si presta a valorizzare i trattamenti di post-emergenza in miscela con rimsulfuron, allo scopo di contenere contemporaneamente la maggior parte delle malerbe graminacee e a foglia larga.

La miscela di pendimetalin + clomazone è efficace per controllare le più problematiche infestazioni di *Solanum nigrum*, in buona parte contenute anche da flufenacet. Inoltre pendimetalin, in sinergia con clomazone, consente di contenere le infestazioni più precoci di *Cuscuta*.

In pre-raccolta della patata si adotta in genere la pratica del disseccamento dell'apparato fogliare con diquat, carfentrazone-etile, piraflufen-etile e più di recente anche di acido pelargonico (Fabbri et al., 2018), utile anche per la devitalizzazione delle malerbe allo scopo di facilitare le operazioni di raccolta, ma anche per ridurre la disseminazione.

Su patata si dispone di tutti i graminicidi specifici (fluazifop-p-butile, propaquizafop, quizalofop-etile isomero, quizalofop-p-etile, ciclossidim e il più recente cletodim), di possibile impiego per il controllo di complesse infestazioni di graminacee annuali e perenni, con l'avvertenza di rispettare i relativi periodi di sicurezza che su patata sono tendenzialmente più lunghi.

Tabella 9. Strategie di impiego degli erbicidi selettivi su patata.

Pre-emergenza	Post-emergenza	
aclonifen	metribuzin rimsulfuron	graminici specifici (6 s.a.)
clomazone		
flufenacet		
metobromuron		
metribuzin		
napropamide		
pendimetalin		
(clomazone + metribuzin)		
(clomazone + pendimetalin)		
(metribuzin + flufenacet)		

Disseccamento pre-raccolta: acido pelargonico, carfentrazone-etile, diquat, piraflufen-etile.

Altre SOLANACEE: melanzana, peperone e pomodoro (Tabella 10)

Viste le limitate possibilità di intervento per il controllo delle malerbe su melanzana e peperone da trapianto, ma anche del pomodoro, occorre associare alla tecnica della preparazione anticipata dei terreni e all'ottimale impiego del diserbo chimico, le pratiche della sarchiatura, della pacciamatura, ecc.. Malerbe di difficile contenimento risultano, oltre alle solanacee (*Solanum nigrum* e *Datura stramonium*), anche tutte le malerbe perenni (*Cirsium*, *Convolvulus*, *Artemisia*, *Equisetum*) e annuali macroterme come amarantacee, chenopodiacee, *Portulaca oleracea*, *Abutilon theophrasti*, ecc.

Per il diserbo preventivo del peperone (Rapparini, 1996) si dispone di pendimetalin e di oxadiazon, di possibile impiego in pre trapianto delle colture, compresa la melanzana per la quale si dispone anche di napropamide. In post-emergenza del peperone si possono effettuare applicazioni di clomazone. Più ampia è la gamma di diserbo del pomodoro mediante la più diffusa pratica del trapianto a differenza di quello seminato. In pre-trapianto possibilmente anticipato per migliorare la selettività colturale, si dispone di aclonifen, metribuzin, flufenacet, napropamide, oxadiazon, pendimetalin e S-metolaclor. In post-emergenza come per la patata si possono effettuare applicazioni di rimsulfuron e metribuzin.

La disponibilità di graminicidi specifici pur essendo ridotta su peperone al solo ciclossidim, permette di contenere le malerbe a foglia stretta. Più ampia è la gamma di scelta per melanzana e pomodoro.

Tabella 10. Strategie di impiego degli erbicidi selettivi su altre Solanacee.

Solanacee	Trapiantate		
	pre-trapianto	post-trapianto	
Melanzana	napropamide		graminici specifici (4 s.a.)
	oxadiazon		
	pendimetalin		
Peperone	oxadiazon	clomazone	graminici specifici:
	pendimetalin		ciclossidim
Pomodoro	aclonifen	rimsulfuron	graminici specifici (5 s.a.)
	metribuzin	metribuzin	
	flufenacet		
	napropamide		
	oxadiazon		
	pendimetalin		
	S-metolaclor		
	(flufenacet + metribuzin)		
Pomodoro seminato	Pre-emergenza	Post-emergenza	
	aclonifen	metribuzin	graminici specifici (5 s.a.)
	napropamide	rimsulfuron	

Asparago (Tabella 11)

Il controllo delle malerbe nelle asparagiaie rappresenta uno degli aspetti più importanti, poiché se non viene razionalmente praticato può drasticamente condizionare le rese produttive e la durata degli impianti. Il ciclo particolarmente lungo della coltura, le abbondanti concimazioni, le lavorazioni superficiali, l'impossibilità di intervenire tempestivamente con mezzi meccanici, le difficoltà e l'onerosità degli interventi manuali, favoriscono l'insediamento della flora infestante (Zanin et al., 2015).

Il diserbo dell'asparago può essere differenziato oltre che da condizioni pedoclimatiche, caratteristiche d'impiego, tempi di carenza dei principi attivi disponibili e flora infestante presente, anche in funzione degli impianti nuovi o in produzione.

Prima del trapianto si possono utilizzare i dissecanti ad azione fogliare di contatto o il sistemico glifosate.

Al raggiungimento della piena produzione dell'asparagiaia (in genere al terzo anno) le epoche di intervento con mezzi chimici coincidono con le fasi di pre-ricaccio dei turioni a fine inverno, a raccolta ultimata sulla vegetazione e post-sfalcio nel tardo autunno.

Per l'eliminazione delle infestanti nate prima dell'emergenza dei turioni, generalmente si effettuano lavorazioni superficiali a fine inverno, a cui si fanno seguire applicazioni residuali (pendimetalin, oxadiazon o metribuzin) e le nuove estensioni di impiego di isoxaben + orizalin prima della comparsa primaverile dei turioni per consentire il rispetto del periodo di sicurezza.

Dopo questa prima distribuzione, durante tutto il periodo di raccolta non è previsto il ricorso ad interventi erbicidi. Ne consegue che la lotta contro le infestanti annuali non contenute con i primi trattamenti e contro le essenze perenni dovrà essere attuata, in caso di effettiva necessità, dopo il termine della raccolta giornaliera dei turioni nel rispetto dei tempi di carenza.

Le infestanti annuali e perenni a foglia larga possono essere eliminate al termine della stagione di raccolta, in assenza di turioni emersi, con l'impiego di dicamba, mentre per il contenimento di nuove emergenze si possono utilizzare metribuzin, pendimetalin da solo o in miscela con clomazone, isoxaben + orizalin. Sulle piante vegetanti è possibile ricorrere alle applicazioni di piridate.

Un ulteriore intervento per devitalizzare eventuali ricacci o comparse d'infestanti perenni è possibile eseguirlo nei mesi autunnali, dopo lo sfalcio della vegetazione dell'asparagina.

Per la lotta alle infestanti graminacee è di possibile impiego oltre allo specifico preparato propaquizafop, il più recente cletodim, in grado di contenere in qualsiasi stadio di sviluppo tutte le specie annuali e poliennali, modulando opportunamente le dosi di impiego.

Tabella 11. Strategie di impiego degli erbicidi selettivi su asparago.

Pre-ricaccio turioni	Post-raccolta	Piante vegetanti
dicamba	dicamba	piridate
metribuzin	metribuzin	
pendimetalin	pendimetalin	
oxadiazon	(clomazone + pendimetalin)	
(isoxaben + orizalin)*1	(isoxaben + orizalin)*1	
graminici specifici (2)	graminici specifici (2)	graminici specifici: propaquizafop

*1 - Ammesso solo un trattamento all'anno e su un massimo del 75 % della superficie.

Carciofo (Tabella 12)

Complessa risulta la strategia di gestione delle malerbe su questa coltura pluriennale (Montemurro et al., 2015), anche se tendenzialmente le più recenti pratiche agronomiche comportano una riduzione del ciclo. In ogni caso risulta necessario impostare un'ottimale integrazione del ricorso ai mezzi meccanici con gli erbicidi in particolare con sarchiature e altri mezzi meccanici (Rapparini, 1996). In pre-ricaccio in assenza di linuron è necessario ricorrere all'impiego di pendimetalin in miscela con altri erbicidi, tra cui propizamide, oxifluorfen e metazaclo. In pre-impianto si può intervenire con oxadiazon, pendimetalin e propizamide.

Sulla coltura si può disporre dei più selettivi impieghi di propizamide e piridate, con l'avvertenza di intervenire in via preventiva con propizamide e su malerbe sensibili ai primi stadi di sviluppo con piridate. È possibile intervenire sulla coltura vegetante e malerbe non ancora nate anche con pendimetalin, limitando possibilmente la bagnatura fogliare. Inoltre è possibile impiegare oxifluorfen previa schermatura delle applicazioni, per l'azione estintiva nei confronti delle infestanti annuali a foglia larga durante le prime fasi di sviluppo. Mediante le apposite attrezzature schermate operanti a bassa pressione di esercizio è possibile intervenire in localizzazione delle interfile con la più recente estensione di impiego di piraflufen-etile.

Per il contenimento delle graminacee annuali e perennanti si può disporre attualmente solo di fluazifop-p-butile.

Tabella 12. Strategie di impiego degli erbicidi selettivi su carciofo.

Pre-impianto	Pre-em/pre-ricaccio	Post-em/post-ricaccio
oxadiazon pendimetalin propizamide	metazaclor oxifluorfen pendimetalin propizamide	piridate oxifluorfen ^{*(1)} pendimetalin ^{*(2)} propizamide graminici specifici: cletodim, fluazifop-p-butile piraflofen-etile ^{*(1)}

**(1) impiego in schermatura*

**(2) limitare bagnatura della vegetazione*

Su carciofo è possibile utilizzare pendimetalin e quizalofop-p-etile (solo per colture non commestibili)

Adeguamento delle etichette alle misure di mitigazione (Tabella 13)

Per uniformare le frasi di mitigazione del rischio, in particolare per la prevenzione dell'inquinamento dei corpi idrici e la salvaguardia degli organismi acquatici, si stanno adeguando le etichette in recepimento delle linee guida per ridurre gli effetti di deriva e ruscellamento (Milan et al., 2008). Numerose sono le casistiche in funzione dei principi attivi, delle colture e delle aree in cui si opera. Perciò sono necessarie chiare indicazioni per armonizzare i principi generati dalle frasi di rischio, affinché possano essere comprese e interpretate per una loro corretta applicazione.

Le principali frasi riportate in etichetta riguardano la protezione degli organismi acquatici mediante il rispetto di fasce di sicurezza non trattate (buffer zones), nonché per il rispetto di colture adiacenti "non bersaglio". Nelle indicazioni di pericolo si possono individuare facilmente le raccomandazioni per gli organismi acquatici:

- H410: molto tossico per gli organismi acquatici con effetti di lunga durata;
- H411: tossico per gli organismi acquatici con effetti di lunga durata;
- H412: nocivo per gli organismi acquatici con effetti di lunga durata.

Nei seguenti punti riportati in etichetta vengono inoltre ricordate le principali raccomandazioni:

- prescrizioni supplementari – non contaminare l'acqua con il prodotto o il suo contenitore, evitando di operare in prossimità di acque di superficie. Evitare contaminazioni attraverso sistemi di scolo delle acque. Utilizzare guanti e adeguati dispositivi di protezione individuale (DPI) durante le operazioni di manipolazione e miscelazione. Conservare lontano da alimenti, bevande e mangimi. Durante la manipolazione e l'impiego non mangiare, bere o fumare. Pulire eventuali sversamenti o oggetti contaminati con terra e sabbia, ecc.
- Avvertenze – rispetto del periodo di carenza più lungo per i principi attivi posti in miscela, adozione delle norme precauzionali prescritte per i prodotti più tossici, ecc.

- Attenzione – da impiegarsi esclusivamente per gli usi consentiti a diretta responsabilità di chi impiega il prodotto per eventuali danni o usi impropri. Il rispetto di tutte le indicazioni sono necessarie oltre che per assicurare il grado di efficacia, anche per evitare danni da deriva non solo per persone, animali e piante, ma anche per corpi idrici e quindi gli organismi acquatici. Da qui la raccomandazione di operare in assenza di vento e di non applicare con mezzi aerei (ultraleggeri, elicotteri e anche droni). Nei confronti dell'ambiente inoltre vengono riportati i consigli di smaltire le confezioni vuote nel rispetto delle norme vigenti, evitando di disperderli nell'ambiente e di riutilizzare i contenitori svuotati.

Tabella 13a. Indicazioni di etichetta riportate per i graminicidi specifici.

Principio attivo	Indicazioni di pericolo ^{*(1)}	Prescrizioni di etichetta: "buffer zones" (m)		Note	Tempo rientro ^{*(2)}	Prescrizioni e note
		Corpi idrici superficiali	Piante non bersaglio			
ciclossidim	H411					
cletodim	H412/H411	10		5 m con riduzione deriva 50 % (0 m con 90 %)		mobile nel suolo, ma poco persistente
fluazifop-p-butile	H411					
propaquizafop	H411	5	5			
quizalofop etile isomero D	H411		5			indossare i guanti prima di rientrare nell'area trattata
quizalofop-p-etile	H410		5-15	in funzione di dosi e ugelli	a vegetazione asciutta	indossare i guanti prima di rientrare nell'area trattata

^{*(1)} Indicazioni di pericolo: H410 = Molto tossico per gli organismi acquatici con effetti di lunga durata; H411 = Tossico per gli organismi acquatici con effetti di lunga durata; H412 = Nocivo per gli organismi acquatici con effetti di lunga durata

^{*(2)} Qualora non riportato, secondo quanto previsto dal PAN sono necessarie 48 ore di tempo di rientro

Tabella 13b. Indicazioni di etichetta riportate per i formulati commerciali con una sostanza attiva.

Principio attivo	Indicazioni di pericolo ^{*(1)}	Prescrizioni di etichetta: "buffer zones" (m)			Note	Tempo rientro ^{*(2)}	Prescrizioni e note
		Corpi idrici superficiali	Piante non bersaglio				
aclonifen	H410	20					
bentazone	H411	5	5				massimo 1 L/ha/anno
clomazone	H410		5				
dicamba	H412/H411	1-5*	5		*in funzione delle colture trattate	a vegetazione asciutta	
flufenacet	H410	5					non utilizzare su terreni sabbiosi (> 80 %)
imazamox	H410						non impiegare su terreni sabbiosi per proteggere le acque sotterranee
metazaclor	H410						massimo 2 L/ha/ogni 3 anni
metobromuron	H410						
metribuzin	H410	3-10 (20 Sencor)	5		o ridurre deriva del 50 %		
napropamide	H410						lunga persistenza d'azione
oxadiazon	H410						
oxifluorfen	H410	10-20			in funzione delle colture trattate		
pendimetalin	H410/H411/H410	5/10/20 (10 con riduzione deriva 50 %)	20 per Activus ME			a vegetazione asciutta	
piridate	H410		5		o ucelli che riducono deriva 50-75 %		
propizamide	H410					24 ore (20 giorni per bestiame)	
rimsulfuron	H410	10	5				
S-metolaclor	H410	5	5				non utilizzare su terreni sabbiosi (> 80 %)

Tabella 13c. Indicazioni di etichetta riportate per i formulati commerciali con miscele di sostanze attive.

Principio attivo	Indicazioni di pericolo*(1)	Prescrizioni di etichetta: "buffer zones" (m)		Note	Tempo rientro*(2)	Prescrizioni e note
		Corpi idrici superficiali	Piante non bersaglio			
clomazone + metribuzin	H410	5			indossare DPI	non applicare con suoli > 80 % sabbia per proteggere acque sotterranee
clomazone + pendimetalin (Bismark)	H410	10-15-20*		*in funzione delle colture		
clomazone + pendimetalin (altri)	H410	5-15*	10	5 m con mitigazione deriva 45 % - * in funzione della mitigazione		
flufenacet + metribuzin	H410		5			utilizzare una sola volta ogni 3 anni per proteggere le acque sotterranee
imazamox + bentazone	H410	5	5			
imazamox + pendimetalin	H410	15				

*(1) Indicazioni di pericolo: H410 = Molto tossico per gli organismi acquatici con effetti di lunga durata; H411 = Tossico per gli organismi acquatici con effetti di lunga durata; H412 = Nocivo per gli organismi acquatici con effetti di lunga durata.

*(2) Qualora non riportato, secondo quanto previsto dal PAN sono necessarie 48 ore di tempo di rientro.

Tabella 13d. Indicazioni di etichetta riportate per le sostanze attive non selettive.

Principio attivo	Indicazioni di pericolo ^{*(1)}	Prescrizioni di etichetta: "buffer zones" (m)			Note	Tempo rientro ^{*(2)}	Prescrizioni e note
		Corpi idrici superficiali	Piante non bersaglio				
acido pelargonico						a vegetazione asciutta	
carfentrazone-etile	H410		5				
diquat	H410						
glifosate	H412		5	o ridurre deriva del 60 %		24 ore per bestiame	attenzione negli usi non agricoli alle aree vulnerabili alla percolazione
pirafliufen-etile	H410	10-20	5-10	in funzione delle colture trattate			

**(1) Indicazioni di pericolo: H410 = Molto tossico per gli organismi acquatici con effetti di lunga durata; H411 = Tossico per gli organismi acquatici con effetti di lunga durata; H412 = Nocivo per gli organismi acquatici con effetti di lunga durata.*

**(2) Qualora non riportato, secondo quanto previsto dal PAN sono necessarie 48 ore di tempo di rientro.*

Conclusioni

Il diserbo chimico nelle colture orticole rimane, come per tutte le coltivazioni convenzionali, la base della gestione delle malerbe, seppure calata in una realtà di maggiore integrazione di tutte le pratiche disponibili (Fogliatto et al., 2015), tra cui in particolare la rotazione, l'ottimale preparazione dei terreni e la pratica della falsa semina, nonché sarchiatura e pacciamatura ove possibile eseguirle, come pure il trapianto rispetto alla semina. Dove la possibilità di impiego degli erbicidi è molto limitata, occorre ricorrere all'ottimizzazione della preparazione dei terreni e alla devitalizzazione preventiva delle malerbe prima della semina o del trapianto mediante le più efficaci applicazioni di glifosate.

A seguito della revoca di linuron e della revisione delle etichette, sono state integrate le strategie di gestione delle malerbe con estensioni di impiego dei più comuni erbicidi (pendimetalin, clomazone, metribuzin, ecc.) per poter contenere la vegetazione infestante. La messa a punto di nuove strategie prevede un'impegnativa attività di sperimentazione volta alla verifica, oltre che della gestione delle malerbe, soprattutto della selettività, delle epoche e delle dosi di intervento. Si auspica in un prossimo futuro di non dover assistere alla revoca di ulteriori principi attivi di basilare importanza senza l'introduzione di nuove molecole, che potrebbe causare notevoli difficoltà di gestione delle malerbe. La maggior disponibilità di principi attivi caratterizzati da differenti meccanismi d'azione, rende inoltre possibile l'applicazione di più complete strategie di lotta per arrestare il fenomeno della comparsa di flora di sostituzione, ma più in particolare di popolazioni resistenti.

Bibliografia

- Bartolini D., Allegri A., Cristiani C., Lavezzaro S., Bitonte D., Passariello S., Cariotti M., 2018. Esperienze con una nuova formulazione di pyraflufen-ethyl nella spollonatura e il diserbo di colture arboree e orticole. *Atti Giornate Fitopatologiche*, 1, 499-508.
- Campagna G., Fabbri M. (2015). Gestione integrata delle infestanti del colza. *L'Informatore Agrario*, 36, 57-61.
- Campagna G., Fabbri M., 2015. Limitata disponibilità di erbicidi per il diserbo delle ombrellifere. *L'Informatore Agrario*, 32, 65-68.
- Corvi F., Marocchi G., Martini G.C., Mingardo A., Magnani D. (1998). Prove di efficacia e selettività di imazamox applicato in post-emergenza su pisello, fagiolo e fagiolino. *Atti XI Convegno SIRFI "Il controllo della flora infestante nelle colture orticole"*, Bari, 12-13 novembre, 203-212.
- Fabbri M., Campagna G., 2017. Quali alternative al linuron nel diserbo delle orticole. *L'Informatore Agrario*, 29, 54-59.
- Fabbri M., Casagrandi F., Paganelli M., Campagna G., Maffioli G., 2018. Esperienze di disseccamento della patata con acido pelargonico. *Atti Giornate Fitopatologiche*, 1, 493-498.
- Ferrero A., Maggiore T., Milan M., Zanin G. (2013). Evoluzione delle tecniche e degli indirizzi colturali ed effetti sulle malerbe. *Atti del XIX Convegno SIRFI: "Gestione delle malerbe nelle colture agrarie alla luce delle attuali problematiche legislative, agronomiche e ambientali"* – BO.
- Fogliatto S., Vidotto F., Ferrero A., 2015. Colture minori e resistenza delle malerbe agli erbicidi. *Atti XX Convegno SIRFI "Colture minori: strategie per il corretto contenimento della flora infestante"*, 33-46.
- Geminiani E., Campagna G., 2013. Evoluzione della disponibilità di erbicidi. *Atti XIX Convegno SIRFI: Gestione delle malerbe nelle colture agrarie alla luce delle attuali problematiche legislative, agronomiche e ambientali. Bologna*, 69-106.
- Montemurro P., Cazzato E., Destefani G., Guastamacchia F., 2015. Situazione malerbologica nelle colture minori nell'Italia centro-meridionale. *Atti XX Convegno SIRFI "Colture minori: strategie per il corretto contenimento della flora infestante"*, 47-60.
- Pannacci E., Tei F., 2015. Gestione delle malerbe nelle colture minori con mezzi non chimici. *Atti XX Convegno SIRFI "Colture minori: strategie per il corretto contenimento della flora infestante"*, 163-194.
- Rapparini G., 1996. Il diserbo delle colture. Ed. L'Informatore Agrario.
- Rapparini G., Campagna G. (1996). Aggiornamenti sul diserbo delle ombrellifere. *L'Informatore Agrario*, 40, 55-61
- Rapparini G., Geminiani E., Bucci R., Campagna G. (2006). Strategie di diserbo per fagiolo e fagiolino. *L'Informatore Agrario*, 34, 55-60
- Rapparini G., Tallevi G., Campagna G. (1998). Il diserbo chimico dell'asparago. *L'Informatore Agrario*, 41, 61-72.
- Sattin M., Collavo A., Panozzo., Scarabel L. (2013). La diversità nei sistemi colturali per la gestione delle malerbe resistenti di più difficile controllo. *Atti del XIX Convegno SIRFI: "Gestione delle malerbe nelle colture agrarie alla luce delle attuali problematiche legislative, agronomiche e ambientali"* – BO.
- Zanin G.P., Milan M., Nicoletto C., Zanin G., 2015. Situazione malerbologica nelle colture minori in Italia settentrionale. *Atti XX Convegno SIRFI "Colture minori: strategie per il corretto contenimento della flora infestante"*, 13-32.

SPETTRO DI AZIONE DEGLI ERBICIDI IMPIEGABILI NELLE COLTURE ORTICOLE

CAPELLA A., GUASTAMACCHIA F.

Sipcam Italia S.p.A
E-mail: fguastamacchia@sipcam.it

Riassunto

La conoscenza dell'agroecosistema in cui si opera, delle molecole erbicide e del loro spettro d'azione, nonché delle migliori strategie applicabili, divengono fattori fondamentali per la gestione del diserbo delle colture orticole, ove si rilevano un limitato numero di sostanze attive disponibili ed una sempre più modesta innovazione. Adottare strategie mirate ed integrate, conoscendo le principali caratteristiche chimico-fisiche e, soprattutto, lo specifico spettro d'attività degli erbicidi, costituisce la chiave del successo nella lotta alle malerbe. In questo lavoro è riportato lo spettro di azione delle sostanze attive erbicide che troveranno maggiore impiego su alcune colture orticole dopo il mancato rinnovo della autorizzazione del linuron.

Parole chiave

Caratterizzazione erbicidi; Strategie; Spettro d'azione.

Summary

The knowledge of the agro ecosystem, of the herbicide molecules and their action spectrum, as well as the identification of the best strategies to be applied, become critical for weed management on vegetable crops, as in these conditions a limited number of available active substances and a low innovation level are found. To adopt targeted and integrated strategies, knowing the main physical-chemical characteristics and, above all, the specific action spectrum of herbicides, is crucial for a successful weed management. In this work it is reported the action spectrum of several herbicides available to substitute the a.i. linuron for the weed control in horticultural crops.

Keywords

Herbicide characterization; Strategies; Spectrum of action.

Introduzione

Il contenimento della flora infestante nelle colture orticole è una pratica agronomica necessaria per salvaguardare la redditività delle colture garantendo produzioni soddisfacenti sia dal punto di vista quantitativo che qualitativo.

La gestione di tale pratica attraverso l'esclusivo uso di sostanze attive erbicide è resa sempre più difficile dalla progressiva riduzione della disponibilità di soluzioni impiegabili per il diserbo, a seguito dell'applicazione delle nuove normative comunitarie per la registrazione degli agrofarmaci.

La risultanza dell'applicazione di tali normative non appare uniforme e risulta più impattante proprio nel contesto del diserbo e delle colture orticole. Nel concreto, la recente fuoriuscita del linuron dal panorama degli erbicidi impiegabili dall'agricoltore in Europa, ha inciso fortemente il diserbo delle specie orticole appartenenti alle famiglie delle ombrellifere e delle leguminose, ma anche dell'asparago, del carciofo e della patata.

Conseguentemente, più che in passato, la corretta ed efficace gestione del diserbo delle colture orticole passa attraverso l'approccio integrato, fondato su una profonda conoscenza di tutte le dinamiche e dei fattori che possono influire sul risultato finale: le composizioni malerbologiche, la selettività per la coltura in atto e per quelle in successione, la prevenzione di problematiche relative alla comparsa di malerbe resistenti o flora di sostituzione, la valutazione complessiva dell'impatto ambientale.

Molecole ad attività erbicida disponibili e strategie di diserbo

A seguito dell'applicazione di quanto previsto per la registrazione dei fitofarmaci dal Regolamento (CE) N. 1107/2009, il settore degli erbicidi è, indubbiamente, quello dove si è recentemente evidenziata una limitata spinta innovativa in termini di nuove sostanze attive disponibili, ma soprattutto in termini di nuovi meccanismi d'azione. È facile prevedere che gli effetti di tali normative porteranno in futuro ad una ulteriore restrizione del numero delle molecole e dei correlati meccanismi d'azione. A causa di diverse motivazioni, comprese quelle economiche, per alcune colture e soprattutto per le colture minori, la limitazione evidenziata ha un maggiore impatto, si veda il caso delle ombrellifere (Campagna e Fabbri, 2015).

Sin da subito, quindi, occorre implementare maggiormente i percorsi agronomici sostenibili e gestire con consapevolezza le strategie di diserbo: le soluzioni di pre-emergenza o pre-trapianto dovranno essere privilegiate o rispolverate facendo ricorso alla complementarietà e sinergia di molecole a diverso meccanismo d'azione in miscela fra loro, per poi integrarle con specifici interventi di post, per rifinirne e completarne il controllo.

Per ogni coltura che si susseguia in un determinato areale di coltivazione, al fine di perseguire una corretta strategia erbicida, si dovranno tenere in considerazione numerosi fattori:

1. *flora infestante*: l'approfondita conoscenza della composizione floristica dell'areale di coltivazione, ma soprattutto dell'appezzamento sul quale la coltura verrà condotta, è certamente uno degli aspetti più importanti da considerare per impostare una corretta strategia di diserbo in "post", ma soprattutto in "pre". La composizione floristica, nello stesso ambito geografico, può essere influenzata dalla stagionalità dei cicli di coltivazione, dalle colture in precessione e da strategie di diserbo precedentemente adottate. Anche la quantità di infestazione storicamente presente nel terreno deve essere considerata e insieme alla tipologia di infestazione, "seed bank" nel complesso, deve orientare la scelta dell'erbicida da adottare (spettro di azione), del momento di intervento ("pre", "post" o "pre + post") o valutare il ricorso alla falsa semina ed al conseguente diserbo totale prima della messa a dimora della coltura.

Infine, in concomitanza con interventi di post emergenza o post trapianto, lo stadio di sviluppo dell'infestante, ove troppo avanzato, può inficiare il successo dell'intervento, pertanto vanno privilegiati interventi tempestivi, su infestanti a ridotto stadio di sviluppo.

2. *caratteristiche intrinseche dei suoli*: contenuto in sostanza organica dei suoli e tessitura degli stessi devono essere noti a chi si accinge a diserbare una coltura, soprattutto quando si intendono adottare erbicidi residuali. Nei suoli leggeri, sabbiosi, limosi, la mobilità degli erbicidi lungo il profilo degli stessi può essere elevata e può esaltare eventuali fenomeni di fitotossicità sulla coltura o può impattare negativamente sull'ambiente; terreni particolarmente ricchi in sostanza organica, invece, possono ridurre significativamente l'efficacia erbicida della soluzione adottata.
3. *caratteristiche degli erbicidi*: meccanismo d'azione e modalità di assorbimento e traslocazione, caratteristiche chimico-fisiche e loro comportamento nel suolo, ma soprattutto lo spettro d'azione delle molecole erbicide che si intendono adottare, vanno sempre attentamente considerati quando si programma un intervento erbicida.

Caratteristiche degli erbicidi

Numerose sono le caratteristiche chimico-fisiche di cui tener conto per la valutazione di una molecola erbicida. Da un punto di vista pratico-applicativo è particolarmente importante conoscerne alcune, quali: la tensione di vapore, che ci indica la volatilità di una molecola, ovvero la sua tendenza a liberarsi nell'aria, riducendo quindi la sua attività specifica; la solubilità in acqua, che condiziona l'attività degli erbicidi residuali in funzione della dotazione idrica del terreno (molecole residuali ad

alta solubilità risultano tendenzialmente più attive con un ridotto contenuto di umidità nel suolo), o l'assorbimento fogliare (sostanze solubili in acqua generalmente necessitano di coadiuvanti per superare le barriere cuticolari lipidiche delle piante); il coefficiente di ripartizione carbonio organico/acqua (K_{oc}) che fornisce informazioni circa l'affinità di una molecola verso il suolo, i sedimenti ed i solidi sospesi nell'acqua, differenziando l'impiego di erbicidi residuali in funzione delle tessiture dei terreni; lo spettro di azione.

Spettro di azione degli erbicidi

Lo spettro di azione di una sostanza attiva costituisce l'ulteriore elemento di caratterizzazione degli erbicidi e, pur considerando che sempre più le dosi di impiego sono legate ad aspetti di destino ambientale, è strettamente legato alle dosi registrabili/utilizzabili in campo, in funzione della selettività sulle colture, delle diverse tipologie di suolo all'interno delle quali sono impiegabili e, per gli erbicidi di post-emergenza o post-trapianto, delle fasi di sviluppo della coltura e delle infestanti. La necessità di garantire un minor impatto ambientale con l'uso dei presidi fitosanitari e nello specifico degli erbicidi, ha portato nel tempo ad una riduzione delle dosi di sostanza attiva impiegata per ettaro, ma contemporaneamente ha indirizzato la ricerca industriale verso formulati più attivi, studiati *ad hoc* sulla base delle caratteristiche chimico-fisiche della molecola o delle molecole coinvolte, soprattutto quando si parla di miscele pronte. Proprio le miscele erbicide, sia quando sono formulate che estemporanee, rispondono alla necessità di integrare gli spettri d'azione per il controllo di infestazioni floristiche complesse e talvolta rappresentano l'unica soluzione possibile per sostituire vecchie sostanze attive ad ampio spettro ma non più impiegabili.

Nelle successive Tabelle 1, 2 e 3 vengono riportati gli specifici spettri di attività erbicida di alcune molecole impiegate nel diserbo delle colture orticole, in particolar modo di quelle colture sulle quali l'impiego del linuron con coltura in atto, in post emergenza o in post trapianto, rappresentava spesso l'unica soluzione erbicida adottata dall'agricoltore per efficacia e facilità di impiego. Non avendo il linuron specifica attività sulle infestanti a foglia stretta, nelle tabelle non sono analizzate le sostanze attive con esclusiva attività graminicida.

Lo spettro di azione di ciascuna sostanza attiva (s.a.) è stato rappresentato impiegando una scala di sensibilità oggi impiegata in ambito europeo: s.a. con elevata efficacia (S), colore verde scuro, efficacia superiore al 95%; s.a. efficace (E), colore verde chiaro, efficacia compresa tra 85 e 95%; s.a. moderatamente sensibile (MS), colore giallo, efficacia compresa tra 70 e 84%; s.a. non sensibile (N.S.), colore rosso, efficacia inferiore al 70%. Le valutazioni espresse nelle tabelle sottostanti vanno inoltre a soddisfare le seguenti assunzioni: efficacia misurata alle dosi di sostanza attiva applicata per ettaro (g s.a. ha^{-1}) ed ivi riportate, derivata da recenti attività sperimentali, condotte su terreni

idoneamente lavorati e con adeguato tenore di umidità del suolo, riferita ad infestanti in fase di sviluppo iniziale.

Tabella 1. Caratterizzazione dello spettro erbicida di linuron, clomazone, pendimetalin, pendimetalin+clomazone (miscela pronta), metribuzin e metazaclor.

Specie infestante	LINURON	clomazone	pendimetalin	(pendim.+ clomazone)	metribuzin	metazaclor
g s.a./ha	225÷900	70÷180	400÷1000		105÷200	500÷750
<i>A. myosuroides</i>						
<i>Avena</i> spp.						
<i>D. sanguinalis</i>						
<i>E. crus-galli</i>						
<i>Lolium</i> spp.						
<i>P. dichotomiflorum</i>						
<i>Poa</i> spp.						
<i>Setaria viridis</i>						
<i>S. halepense</i> (seme)						
<i>Amaranthus</i> spp.						
<i>Atriplex</i> spp.						
<i>E. canadensis</i>						
<i>Galinsoga</i> spp.						
<i>Lactuca serriola</i>						
<i>M. chamomilla</i>						
<i>Picris echinoides</i>						
<i>Senecio vulgaris</i>						
<i>Sonchus</i> spp.						
<i>H. europaeum</i>						
<i>M. perfoliatum</i>						
<i>Stellaria media</i>						
<i>Chenopodium</i> spp.						
<i>Brassica</i> spp.						
<i>C. bursa-pastoris</i>						
<i>R. raphanistrum</i>						
<i>Sinapis arvensis</i>						
<i>Thlaspi arvense</i>						
<i>Cuscuta</i> spp.						
<i>Acalypha virginica</i>						
<i>Euphorbia</i> spp.						
<i>Mercurialis annua</i>						
<i>Lamium</i> spp.						

Specie infestante	LINURON	clomazone	pendimetalin	(pendim.+ clomazone)	metribuzin	metazaclor
g s.a./ha	225÷900	70÷180	400÷1000		105÷200	500÷750
<i>Stachys annua</i>						
<i>A. theophrasti</i>						
<i>Malva sylvestris</i>						
<i>Ammi majus</i>						
<i>Fumaria officinalis</i>						
<i>Papaver rhoeas</i>						
<i>F. convolvulus</i>						
<i>P. aviculare</i>						
<i>Polygonum</i> spp.						
<i>Portulaca oleracea</i>						
<i>Anagallis arvensis</i>						
<i>Galium aparine</i>						
<i>Kixia spuria</i>						
<i>Veronica</i> spp.						
<i>Datura stramonium</i>						
<i>Solanum nigrum</i>						
<i>Urtica urens</i>						

Casella bianca: dato non disponibile

Tabella 2. Caratterizzazione dello spettro erbicida di propizamide, benfluralin, rimsulfuron, flufenacet, oxifluorfen (impiegato come residuale) e aclonifen.

Specie infestate	propizamide	benfluralin	rimsulfur.	flufenacet	oxifluorfen (resid)	aclonifen
g s.a./ha	500÷1600	900÷1600	12.5÷15	360÷480	240÷720	600÷1200
<i>A. myosuroides</i>						
<i>Avena</i> spp.						
<i>D. sanguinalis</i>						
<i>E. crus-galli</i>						
<i>Lolium</i> spp.						
<i>P. dichotomiflorum</i>						
<i>Poa</i> spp.						
<i>Setaria viridis</i>						
<i>S. halepense</i> (seme)						
<i>Amaranthus</i> spp.						
<i>Atriplex</i> spp.						
<i>E. canadensis</i>						
<i>Galinsoga</i> spp.						

Specie infestate	propizamide	benfluralin	rimsulfur.	flufenacet	oxifluorfen (resid)	aclonifen
g s.a./ha	500÷1600	900÷1600	12.5÷15	360÷480	240÷720	600÷1200
<i>Lactuca serriola</i>						
<i>M. chamomilla</i>						
<i>Picris echinoides</i>						
<i>Senecio vulgaris</i>						
<i>Sonchus</i> spp.						
<i>H. europaeum</i>						
<i>M. perfoliatum</i>						
<i>Stellaria media</i>						
<i>Chenopodium</i> spp.						
<i>Brassica</i> spp.						
<i>C. bursa-pastoris</i>						
<i>R. raphanistrum</i>						
<i>Sinapis arvensis</i>						
<i>Thlaspi arvense</i>						
<i>Cuscuta</i> spp.						
<i>Acalypha virginica</i>						
<i>Euphorbia</i> spp.						
<i>Mercurialis annua</i>						
<i>Lamium</i> spp.						
<i>Stachys annua</i>						
<i>A. theophrasti</i>						
<i>Malva sylvestris</i>						
<i>Ammi majus</i>						
<i>Fumaria officinalis</i>						
<i>Papaver rhoeas</i>						
<i>F. convolvulus</i>						
<i>P. aviculare</i>						
<i>Polygonum</i> spp.						
<i>Portulaca oleracea</i>						
<i>Anagallis arvensis</i>						
<i>Galium aparine</i>						
<i>Xixia spuria</i>						
<i>Veronica</i> spp.						
<i>Datura stramonium</i>						
<i>Solanum nigrum</i>						
<i>Urtica urens</i>						

Casella bianca: dato non disponibile

Tabella 3. Caratterizzazione dello spettro erbicida di s-metolaclor, bentazone, napropamide, imazamox, piraflufen etile e piridate.

Specie infestante	s-metolaclor	bentazone	napropamide	imazamox	piraflufen	piridate
g s.a./ha	500÷1200	500÷1000	900÷1350	30÷40	7.95÷21.2	200÷450
<i>A. myosuroides</i>						
<i>Avena</i> spp.						
<i>D. sanguinalis</i>						
<i>E. crus-galli</i>						
<i>Lolium</i> spp.						
<i>P. dichotomiflorum</i>						
<i>Poa</i> spp.						
<i>Setaria viridis</i>						
<i>S. halepense</i> (seme)						
<i>Amaranthus</i> spp.				*		
<i>Atriplex</i> spp.						
<i>E. canadensis</i>						
<i>Galinsoga</i> spp.						
<i>Lactuca serriola</i>						
<i>M. chamomilla</i>						
<i>Picris echinoides</i>						
<i>Senecio vulgaris</i>						
<i>Sonchus</i> spp.						
<i>H. europaeum</i>						
<i>M. perfoliatum</i>						
<i>Stellaria media</i>						
<i>Chenopodium</i> spp.						
<i>Brassica</i> spp.						
<i>C. bursa-pastoris</i>						
<i>R. raphanistrum</i>						
<i>Sinapis arvensis</i>						
<i>Thlaspi arvense</i>						
<i>Cuscuta</i> spp.						
<i>Acalypha virginica</i>						
<i>Euphorbia</i> spp.						
<i>Mercurialis annua</i>						
<i>Lamium</i> spp.						
<i>Stachys annua</i>						
<i>A. theophrasti</i>						
<i>Malva sylvestris</i>						
<i>Ammi majus</i>						
<i>Fumaria officinalis</i>						
<i>Papaver rhoeas</i>						
<i>F. convolvulus</i>						
<i>P. aviculare</i>						
<i>Polygonum</i> spp.						

Specie infestante	s-metolaclor	bentazone	napropamide	imazamox	piraflufen	piridate
g s.a./ha	500÷1200	500÷1000	900÷1350	30÷40	7.95÷21.2	200÷450
<i>Portulaca oleracea</i>						
<i>Anagallis arvensis</i>						
<i>Galium aparine</i>						
<i>Kixia spuria</i>						
<i>Veronica spp.</i>						
<i>Datura stramonium</i>						
<i>Solanum nigrum</i>						
<i>Urtica urens</i>						

Casella bianca: dato non disponibile

**Dato riferito ad ecotipi non resistenti*

Conclusioni

La conoscenza dello spettro di azione di un erbicida costituisce senza dubbio uno degli aspetti principali da considerare per un efficace diserbo delle colture orticole; tuttavia, la gestione delle malerbe difficilmente può essere realizzata con l'impiego di un solo erbicida. La necessità di prevenire la selezione di malerbe meno sensibili e lo sviluppo di una flora di sostituzione, insieme all'avanzamento dei processi di revisione comunitaria delle sostanze attive, sin da ora rendono necessario studiare ed applicare miscele erbicide anche complesse a tre-quattro vie al fine di sfruttare possibili sinergie e complementarietà tra meccanismi e spettri di azione dei diserbanti disponibili.

Bibliografia

- Campagna G., Fabbri M. (2015). Limitata disponibilità di erbicidi per il diserbo delle ombrellifere. *L'Informatore Agrario*, 32, 57-61.
- PPDB (versione Gen 2015). The University of Hertfordshire Agricultural Substances Database Background and Support Information. <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/atoz.htm>. University of Hertfordshire, College Lane, Hatfield, Herts, AL10 9AB, UK.
- BCPC (British Crop Production Council) (2012). The Pesticide Manual Sixteenth Edition. C. MacBean editore.
- Campagna G., Rapparini G. (2008). Erbe infestanti delle colture agrarie. Edizioni *L'Informatore Agrario*.
- Otto S., Finizio A., Vighi M. (2001). Principali caratteristiche chimico-fisiche, partitive, tossicologiche ed ecotossicologiche degli erbicidi. *Malerbologia: Pàtron Editore*. pp 357-384.
- Rapparini G., Campagna G., Geminiani E., Capella A. (2008). Problematiche, attualità e prospettive delle strategie di lotta alle malerbe delle colture orticole da industria. *Notiziario sulla protezione delle piante*, 22, pp 83-122.

POSSIBILI ALTERNATIVE AL LINURON NEL DISERBO DEL CARCIOFO E DEL FINOCCHIO

MONTEMURRO P.

Centro di saggio CRSFA "Basile Caramia", Locorotondo, Bari

E-mail: pasquale.montemurro@uniba.it

Riassunto

La revoca del linuron (Regolamento di esecuzione (UE) 2017/244) rappresenta un grosso problema anche per le coltivazioni di carciofo e finocchio; infatti, non esistono erbicidi che ne posseggono singolarmente lo stesso spettro d'azione. In questa nota sono state indagate le possibilità di sostituirlo mediante combinazioni tra le molecole erbicide disponibili.

Parole chiave

Alternative al linuron; Carciofo; Finocchio.

Summary

The revocation of the linuron (implementing Regulation (EU) 2017/244) is a big problem in the cultivations of artichoke and fennel; in fact, there are no herbicides that have the same spectrum of action. The paper focuses the possibilities of replacing it by combining the available herbicide molecules.

Keywords

Alternatives to linuron; Artichoke; Fennel.

Introduzione

Com'è noto, la Commissione Europea ha emanato il Regolamento di esecuzione (UE) 2017/244 che stabilisce il mancato rinnovo della sostanza attiva linuron, in quanto i criteri di approvazione di cui all'articolo 4 del Regolamento (CE) n. 1107/2009 non sono più soddisfatti. Pertanto le autorizzazioni dei prodotti fitosanitari contenenti la sostanza attiva linuron sono state revocate a decorrere dal 3 giugno 2017, mentre il periodo di tolleranza concesso è scaduto il 3 giugno 2018.

Il linuron era entrato nell'agrofarmacopea italiana verso la metà degli anni '60 subito dopo altri derivati ureici, quali il monuron, il diuron ed il neburon. Il suo impiego avveniva prevalentemente in pre-emergenza singolarmente o in miscela con altri erbicidi per il diserbo sia delle ombrellifere, della patata e di altre orticole, sia di svariate coltivazioni cerealicole ed industriali, svolgendo un ruolo di copertura in particolare dagli inerbimenti di poligonacee ed alcune composite e graminacee. In alcune colture, la perdita di questa sostanza attiva comporta delle problematiche più o meno importanti. In questa nota, degli erbicidi attualmente disponibili per i due ortaggi è stato individuato il loro possibile ruolo di alternativa al linuron.

Caratteristiche del linuron

Come si evince dalla Tabella 1, nello spettro d'azione del linuron risultavano sensibili ben 22 specie infestanti, delle quali 18 dicotiledoni e 4 graminacee; in particolare, tra le specie a foglia larga erano comprese sia malerbe ad emergenza autunno-vernina, come ad esempio l'*Anagallis arvensis* L., *Capsella bursa-pastoris* L., la *Matricaria chamomilla* L. ed il *Papaver rhoeas* L., sia infestanti capaci di inerbire nel periodo primaverile-estivo, quali il *Solanum nigrum* L., *Portulaca oleracea* L., e diverse specie di *Amaranthus*, di *Chenopodium* e di *Polygonum*; tra quelle a foglia stretta, risultavano controllabili *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop., la *Poa annua* L. e delle specie rientranti nei generi *Echinochloa* e *Setaria*. Proprio grazie anche a tali peculiarità, nonché alla perfetta selettività, il linuron è stato considerato come un erbicida tra i più basilari per il diserbo di tante colture. Nel diserbo del carciofo, era utilizzabile sia nei nuovi che nei vecchi impianti. Nei nuovi in cui erano stati utilizzati gli ovuli, era distribuibile dopo la loro messa a dimora e prima della fuoriuscita dei germogli dal terreno, mentre nel caso in cui erano stati adoperati i carducci era applicabile 15-25 giorni dopo il trapianto; nelle carciofaie di vecchio impianto, poi, l'impiego era limitato al momento della ripresa vegetativa, prima che i germogli avessero raggiunto la lunghezza di 15-20 cm. Nelle coltivazioni di finocchio, il linuron era adoperabile dopo sia la semina sia il trapianto, purché le piante avessero superato lo stadio della 4ª foglia.

CARCIOFO

La coltivazione del carciofo è concentrata prevalentemente in Sicilia (14.760 ha), in Puglia (12.150 ha) e Sardegna (8.852 ha), superfici che complessivamente rappresentano all'incirca il 90% della superficie nazionale (Dati ISTAT 2017).

Gli inerbimenti

La vegetazione infestante dei carciofeti varia in modo anche notevole sotto il profilo qualitativo, soprattutto in funzione delle aree di coltivazione; infatti, Puglia, Sicilia e Sardegna, le regioni più importanti per questa coltura, presentano differenze abbastanza rilevanti riguardanti l'andamento climatico, le caratteristiche pedologiche, le pratiche agronomiche utilizzate per condurre le coltivazioni, tra le quali particolare importanza assume l'impiego o meno dell'irrigazione. Nelle aree meridionali, poi, le differenziazioni nei quadri floristici sono determinate anche dalla durata della coltivazione della carciofaia, che può essere annuale, come accade generalmente in diverse zone della Sicilia e della Sardegna, oppure poliennale come soprattutto in Puglia. Ancora, nelle coltivazioni effettuate per più anni, le diversità negli inerbimenti sono in funzione dalla tipologia di gestione della

carciofaia; quest'ultima, infatti, può essere condotta in coltura normale, qualora il risveglio vegetativo delle piante di carciofo avviene, dopo la pausa estiva, in modo naturale con l'arrivo delle piogge autunnali, o in coltivazione forzata, allo scopo di precocizzarne l'epoca di raccolta, cioè quando la vegetazione della composita viene risvegliata artificialmente mediante irrigazioni, eseguite in genere a partire tra la prima e la seconda decade del mese di luglio. Pertanto, nella coltura precoce, a motivo delle irrigazioni effettuate per risvegliare anticipatamente la coltivazione, emergono dapprima le specie infestanti classiche della stagione estiva, come l'*Amaranthus retroflexus* L., il *Chenopodium album* L., la *P. oleracea*, il *S. nigrum*, tra le dicotiledoni, e la *D. sanguinalis*, l'*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. e la *Setaria verticillata* (L.) Beauv. tra le graminacee; in seguito, compaiono specie autunno-vernine, le stesse che si ritrovano nella coltura normale, come l'*Avena sterilis* L., la *P. annua*, ed il *Lolium rigidum* Gaudin, tra quelle a foglia stretta, e la *Stellaria media* L. (Mill.), la *Diploaxis. eruroides* (L.) DC., la *Sinapis arvensis* L., il *Raphanus raphanistrum* L., la *M. chamomilla*, la *Fumaria officinalis* L., il *P. rhoeas*, la *Calendula officinalis* L., la *Veronica hederifolia* L., il *Galium aparine* L., la *C. bursa-pastoris*, il *Lamium purpureum* L., *Sonchus* spp., e soprattutto l'*Oxalis pes-caprae* L., una specie molto invasiva, in virtù della sua capacità di riprodursi tramite semi e bulbilli che posseggono la potenzialità di germogliare praticamente in tutte le stagioni dell'anno. Diffusissima anche nei vigneti, negli oliveti, negli agrumeti e nelle insalate, è stata segnalata in forte espansione nelle carciofaie del sud-Barese e del Brindisino, del Metapontino, del Foggiano e siciliane (Montemurro, 2009). Una recente indagine (Montemurro et al., 2015), poi, ne ha testimoniato un particolare aumento della diffusione nel Catanese (Belpasso), nel barese (Noicattaro), e nel Brindisino (Mesagne), località quest'ultima in cui è anche presente *Cyperus* sp.. L'indagine ha anche consentito di accertare che in agro di Foggia e di San Ferdinando di Puglia (BA), dove sono frequenti gli impianti forzati con l'irrigazione per l'anticipo della produzione, sono divenuti molto consistenti le infestazioni costituite da malerbe a nascita estiva come *A. retroflexus*, *C. album*, la *Fallopia convolvulus* (L.) Holub e la *P. oleracea*, mentre sporadiche sono quelle di *Rumex acetosa* L. e *Veronica persica* L.. Un po' differenti sono le associazioni floristiche rilevate in altre carciofaie, non sottoposte però a forzatura; in particolare, nel brindisino sono state ritrovate in abbondanza *A. sterilis*, *Chrysanthemum segetum* L., *Calendula officinalis* L., *D. eruroides*, *L. rigidum*., mentre nel foggiano *B. nigra*, *E. maculata*, *M. sylvestris*, *S. arvensis* e *S. media*. Inoltre, nelle aree siciliane sono risultate molto frequenti malerbe ad emergenza autunno-vernina, quali l'*Avena* sp., la *Scandix pecten-veneris* L., la *S. arvensis*, la *S. media*, la *Malva sylvestris* L. e la *Brassica nigra* (L.) W.D.J. Koch, e con minore densità il *Sonchus oleraceus* L., il *Sonchus arvensis* L., *Trifolium* sp. e l'*Euforbia maculata* L..

Gli erbicidi disponibili

Attualmente (25/9/2018) risultano disponibili 16 sostanze attive, delle quali 12 selettive, comprese 4 ad azione esclusivamente graminicida (Tabella 1), e 4 con attività di tipo totale (Tabella 2).

Tabella 1. Spettro d'azione del linuron e delle sostanze attive erbicide selettive registrate al 25/9/2018 per la coltura del carciofo.

Sostanze attive	Linuron	Aclonifen	Metazachlor	Oxadiazon	Oxyflorfen	Pendimethalin	Pyridate	Propyzamide	Clethodim	Fluazifop-P	Propaquizafop	Quizalofop-P
Epoche d'impiego (1)	PEO/ PTC/ POR	PI / PEO	PTC / PR	PI/ PIC*/ POO*/ POR*	POO*/ PIC*/ POR*	PEO/ PIC*/ POO*/ POR*	POO/ PIC/ POR	PI/ PO O/ POR	PIC/POO/POR			
Specie infestanti (*)												
Dicotiledoni												
Amaranthus spp.		(1)										
Anagallis arvensis												
Capsella bursa-pastoris												
Chenopodium spp.		(2)				(2)		(2)				
Galinsoga parviflora												
Matricaria chamomilla												
Papaver rhoeas												
Polygonum spp.		(3)				(3)		(3)				
Portulaca oleracea												
Raphanus raphanistrum												
Senecio spp.												
Sinapis arvensis												
Solanum nigrum												
Sonchus spp.						(6)						
Stellaria media												
Thlaspi arvense												
Urtica spp.						(7)	(7)					
Veronica spp.		(4)										
Graminacee												
Digitaria sanguinalis												
Echinochloa spp.												
Poa annua												
Setaria spp.												

Legenda Sensibile Mediamente sensibile Resistente

(1) PI=pre-impianto (carducci, ovoli e piantine); PIC=post-impianto carducci; PEO= pre-emergenza ovoli; POO=post-emergenza ovoli; PR=pre-risveglio vegetativo (impianti poliennali); POR= post-risveglio vegetativo (impianti poliennali). * Applicabile solo nelle interfile con schermatura.

(*) Uniche specie sensibili: (1) *Amaranthus retroflexus*. (2) *Chenopodium album*. (3) *Polygonum aviculare*. (4) *Senecio vulgaris*. (5) *Atriplex patula*. (6) *Sonchus arvensis*. (7) *Urtica urens*.

Tabella 2. Sostanze attive erbicide non selettive registrate al 25/9/2018 per la coltura del carciofo.

Sostanze attive	Modalità d'azione	Spettro d'azione	Epoche d'impiego (1)
Acido pelargonico	Topotossico	Largo	PI/PIC*/PEO/PR/POO*/POR**
Diquat	Topotossico	Largo	PI/PIC*/PEO/PR/POO*/POR**
Glyphosate	Sistemico	Largo	PI/PIC*/PEO/PR/POO*/POR**
Pyraflufen ethyl	Topotossico	Dicotiledoni	PIC*/POO*/POR**

(1) PI=pre-impianto (carducci, ovoli e piantine); PIC=post-impianto carducci; PEO= pre-emergenza ovoli; POO=post-emergenza ovoli; PR=pre-risveglio vegetativo (impianti poliennali); POR= post-risveglio vegetativo (impianti poliennali); * Applicabile solo nelle interfile con schermatura.

(*) Diserbo pre-impianto e pre-risveglio vegetativo. In post trapianto carducci e risveglio vegetativo (vecchi impianti) da distribuire solo nelle interfile con attrezzature schermate.

Le alternative al linuron

Nel prospettare le soluzioni alternative al linuron, si è ritenuto utile contestualizzarle, prospettandole anche con il ricorso all'impiego di erbicidi ad azione totale, notoriamente utili pure per la tecnica della falsa semina.

Confronto tra linuron e le sostanze attive selettive

Osservando gli spettri d'azione delle sostanze attive selettive attualmente disponibili, riportati nella Tabella 1, si può notare come nessuno di questi sia uguale a quella del linuron; infatti, nel confronto vi sono specie di malerbe sensibili al linuron, ma non eliminabili appunto con le molecole erbicide oggi a disposizione; nel dettaglio:

- al pendimethalin sfuggono *Galinsoga parviflora* Cav., *R. raphanistrum*, *Senecio* spp., *Thlaspi arvense* L., e *S. arvensis*;
- al metazachlor non risultano contenibili le stesse del pendimethalin ed in più *A. arvensis* e *Urtica* spp.;
- l'aclonifen è inefficace verso *P. oleracea*, *R. raphanistrum*, *S. nigrum*, *Sonchus* spp. e *Urtica* spp.;
- ancora meno valide sono le performance di oxadiazon e pyridate; ad ambedue sono resistenti *G. parviflora*, *P. oleracea*, *Senecio* spp., *Sonchus* spp., *T. arvense* e *S. media*; inoltre, *Echinochloa* spp. e *P. annua* sono insensibili all'oxadiazon, mentre al pyridate *Echinochloa* spp.;

- propyzamide ed oxyfluorfen sono agli ultimi posti come capacità, in quanto sono del tutto incapaci nell'annullare *Amaranthus* spp., *A. arvensis*, *G. parviflora*, *M. chamomilla*, *R. raphanistrum*, *Senecio* spp., *Sonchus* spp., *S. arvensis*, *T. arvense* e *S. media*; ancora, alla propyzamide è insensibile *Echinochloa* spp., mentre all'oxyfluorfen *P. annua*.

Altro aspetto da mettere in evidenza è che la sensibilità specifica di alcune molecole erbicide oggi disponibili non è così larga come lo era per il linuron; ad esempio, l'acetonifene risulta efficace solo verso *A. retroflexus* e non ad altre specie rientranti nel suo genere (Tabella 1).

Le possibili miscele

Accertato che nessuna delle molecole erbicide selettive disponibili possiede singolarmente lo stesso spettro d'azione del linuron, e che in commercio non esistono combinazioni già precostituite, risulta chiara la necessità di indagare sul ricorso alle possibili miscele estemporanee; purtroppo, tale esigenza non può essere confortata dai risultati di sperimentazioni effettuate recentemente sull'argomento: una delle pochissime prove fatte sull'argomento è alquanto datata (Magnifico, 1976), e con risultati non più utili allo scopo, perché nelle miscele provate ci sono sostanze attive ormai sono fuori commercio. L'unica e più recente sperimentazione (Montemurro et al., 2016) è stata, però, eseguita con una miscela composta tra un prodotto selettivo ed uno ad azione totale, cioè tra il pyraflufen ethyl e l'oxyfluorfen, che ha mostrato di potere eliminare ottimamente l'inerbimento situato tra le file del carciofo. In ogni modo, tenendo in opportuna considerazione l'età della carciofaia e le caratteristiche degli erbicidi, le possibili miscele impiegabili sono le seguenti (Tabella 1):

- Pre-impianto: in pre-emergenza delle infestanti, solo miscelando le tre molecole erbicide disponibili, acetonifene, oxadiazon e pyridate, si può riuscire ad ottenere una copertura uguale a quella del linuron relativamente alle dicotiledoni, ma non per la graminacea *E. crus-galli*. Naturalmente, una o più delle molecole erbicide selettive possono essere utilizzate in miscela con sostanze attive a base di acido pelargonico, diquat o glyphosate in caso di falsa semina.
- Post-trapianto dei carducci, post-emergenza ovoli: la miscela tra pendimethalin e l'oxadiazon è quella che assicura un'azione uguale a quella del linuron, tranne per il controllo di *Senecio* spp. e *S. media*, ma solo per eliminare l'inerbimento presente tra le file, considerata la limitazione a cui sono appunto sottoposti ambedue i diserbanti; dovendo operare tra le file, è da prendere in considerazione l'opportunità di unire ad uno o più selettivi un prodotto ad azione totale come quelli citati per il pre-impianto, compreso il pyraflufen ethyl.

- Pre-risveglio vegetativo: non sono possibili miscele, in quanto è registrato il solo metazachlor, ma possono essere d'aiuto acido pelargonico, diquat o glyphosate.
- Post-risveglio vegetativo: unica possibilità per un trattamento a tutto campo è quello offerto dalla miscela tra pyridate e propyzamide, insufficiente, però, nel controllo di *R. raphanistrum*, *S. arvensis*, *Senecio* spp. ed *Urtica* spp.. Per interventi localizzati tra le file, si può unire il pendimethalin all'oxadiazon o all'oxyfluorfen, aggiungendo eventualmente un formulato non selettivo.

FINOCCHIO

La coltura è principalmente diffusa nel centro-sud, con oltre il 90 % della superficie. La Puglia, è la prima regione con più di 6.600 ha, concentrati soprattutto nella provincia di Foggia; al secondo posto c'è la Calabria con più di 3.406 ha, seguita dall'Abruzzo con circa 2.900 ha, coltivati maggiormente nella piana del Fucino (Dati ISTAT 2017).

Gli inerbimenti

In una recente indagine (Montemurro et al., 2015) è risultato che nella flora della Puglia, dove prevale il trapianto che generalmente avviene in settembre-ottobre, è frequente ritrovare campi fortemente infestati da *A. retroflexus*, *C. album*, *P. oleracea*, *Urtica urens* L., *C. bursa-pastoris* e *S. verticillata*, moderatamente da *D. erucoides*, *Euphorbia maculata* L., *Calendula arvensis* L., *Chrysanthemum segetum*, mentre sono sporadiche *Medicago polymorpha* L. Beauv., *Sonchus oleraceus* L., *A. sterilis*, *Bromus sterilis* L. e *G. aparine* L. Nella valle del Fucino, l'infestazione maggiore è rappresentata da *A. retroflexus*, *C. album*, *D. erucoides*, *Solanum luteum* Mill. e *Polygonum persicaria* L.; inferiore è, invece, l'inerbimento della *Datura stramonium* L., del *S. vulgaris* e dello *Xanthium spinosum* L., mentre *Cirsium arvense* (L.) Scop., *Convolvulus arvensis* L., *Fumaria officinalis* L., *P. aviculare*, *P. oleracea*, *S. arvensis*, *S. oleraceus* e *Veronica* sp. occupano in misura minima gli appezzamenti.

Gli erbicidi disponibili

Alla data del 25/9/2018, risultano disponibili 8 sostanze attive, di cui 12 selettive, 1 con azione esclusivamente graminicida (Tabella 3), e 2 con attività di tipo totale (Tabella 4).

Tabella 3. Spettro d'azione del linuron e delle sostanze attive erbicide selettive registrate al 25/9/2018 per la coltura del finocchio.

Sostanze attive	Linuron	Aclonifen	Clomazone	Metribuzin	Oxadiazon	Pendimethalin	Clomazone + Pendimethalin*	Propaquizafop
Epoche d'impiego (1)	PO	PE / PT	PE / PT	PO T	PT	PE/ PO/ PT/ POT	PE / PT	PO / PO T
Specie infestanti (*)								
Dicotiledoni								
<i>Amaranthus</i> spp.		(1)			(1)	(1)	(1)	
<i>Anagallis arvensis</i>								
<i>Capsella bursa-pastoris</i>								
<i>Chenopodium</i> spp.					(7)	(7)	(7)	
<i>Galinsoga parviflora</i>								
<i>Matricaria chamomilla</i>								
<i>Papaver rhoeas</i>								
<i>Polygonum</i> spp.			(5)		(5)	(5)		
<i>Portulaca oleracea</i>								
<i>Raphanus raphanistrum</i>								
<i>Senecio</i> spp.			(6)	(6)	(6)		(6)	
<i>Sinapis arvensis</i>								
<i>Solanum nigrum</i>								
<i>Sonchus</i> spp.		(2)				(2)		
<i>Stellaria media</i>								
<i>Thlaspi arvense</i>								
<i>Urtica</i> spp.		(3)		(3)		(3)		
<i>Veronica</i> spp.		(4)						
Graminacee								
<i>Digitaria sanguinalis</i>								
<i>Echinochloa</i> spp.								
<i>Poa annua</i>								
<i>Setaria</i> spp.								
Legenda								
	Sensibile	Mediamente sensibile	Resistente					

* Miscela pronta.

(1) PE= pre-emergenza; PO= post-emergenza; PT=pre-trapianto; POT=post-trapianto.

(*) Uniche specie sensibili: (1) *Amaranthus retroflexus*. (2) *Sonchus arvensis* ed oleraceus. (3) *Urtica urens*. (4) *Veronica persica*. (5) *Polygonum aviculare*. (6) *Senecio vulgaris*. (7) *Chenopodium album*.

Tabella 4. Sostanze attive erbicide non selettive registrate al 25/9/2018 per la coltura del finocchio.

Sostanze attive (*)	Modalità d'azione	Spettro d'azione
Acido pelargonico	Topotossico	Largo
Diquat	Topotossico	Largo

(*) *Diserbo letto di semina o di trapianto.*

Le alternative al linuron

Confronto tra linuron e le sostanze attive selettive

Prendendo in considerazione gli spettri d'azione delle molecole erbicide selettive al momento registrate, inseriti nella Tabella 3, si può osservare che nessuna da sola sia dotata delle stesse capacità del linuron; in particolare:

- all'aclonifen non sono sensibili *P. oleracea*, *R. raphanistrum*, *Senecio* spp., *S. nigrum*, *Sonchus* spp., *T. arvense* e *Urtica* spp.;
- il clomazone è insufficiente nei confronti *Amaranthus* spp., *A. arvensis*, *C. album*, *P. rhoeas*, *R. raphanistrum*, *S. arvensis*, *Sonchus* spp., *T. arvense* e *Urtica* spp.;
- al metribuzin sono resistenti *G. parviflora*, *P. rhoeas*, *T. arvensis*, *Urtica* spp. e *S. nigrum*;
- il pendimethalin non controlla *G. parviflora*, *M. chamomilla*, *R. raphanistrum*, *Senecio* spp. e *S. arvensis*;
- al metazachlor non risultano contenibili *G. parviflora*, *P. oleracea*, *Senecio* spp., *Sonchus* spp., *S. media*, *Echinochloa* spp. e *P. annua*.

Le possibili miscele

La scelta delle possibili miscele è, al contrario del carciofo, sicuramente confortata da sperimentazioni fatte negli ultimi anni.

- Pre-emergenza: in questa fase, le combinazioni possibili sono tra l'aclonifen, il clomazone ed il pendimethalin. Utilizzando clomazone e pendimethalin, miscelanza ritenuta valida da Montemurro et. al (2010 e 2016), rispetto al linuron non si riescono a controllare solo *R. raphanistrum*, mentre a quella composta tra l'aclonifen e il clomazone sfuggono *R. raphanistrum* e *T. arvense*. Altri contributi sull'argomento sono di Geminiani e Campagna (2014) e di Abbiati et al. (2016). Utile può essere l'aggiunta di acido pelargonico o diquat, nel caso sia stata praticata la tecnica della falsa semina o per ritardi di diverso tipo al momento del trattamento il terreno si presenti ricoperto di infestanti.

- Pre-trapianto: tra le miscele a tre vie, quella composta dal clomazone, dal pendimethalin e dall'oxadiazon, soluzione provata con ottimi risultati da Montemurro et al. (2010 e 2016), permette di uguagliare il ruolo del linuron. Anche in questa fase si può usare la miscela combinata tra aclonifen ed il clomazone. L'acido pelargonico ed il diquat sono utilizzabili con uno o più dei residuali qualora il terreno debba essere liberato da un inerbimento ai primi stadi, o nel caso sia stata praticata la tecnica della falsa semina.
- Post-trapianto: l'unica combinazione possibile è tra il pendimethalin ed il metribuzin, opzione valutata positivamente da Fabbri (2015), con la sola *G. parviflora* che non viene eliminata sempre in confronto al linuron.

Conclusioni

La revoca del linuron rappresenta senz'altro un grosso problema anche per le coltivazioni di carciofo e finocchio; infatti non esistono erbicidi che ne posseggono singolarmente lo stesso spettro d'azione. Risulta, quindi, estremamente necessario ricorrere alle combinazioni tra le molecole erbicide in grado di sostituire il più efficacemente possibile il linuron, nella consapevolezza che appunto nessuna delle singole sostanze attive è in grado da sola o in miscela di uguagliarne integralmente lo spettro d'azione. In ambedue le colture, per ottenere dei risultati che si avvicinano il più possibile a quelli che erano forniti del linuron, esistono, seppure poche, alcune miscele sia a due che a tre vie. Nelle carciofaie, solo nella fase che precede l'impianto di una nuova coltivazione si può impiegare una miscela a tre vie, composta da aclonifen, oxadiazon e pyridate; il fatto che questa combinazione non elimini *E. crus-galli* non rappresenta un problema, grazie alla disponibilità dei graminicidi. Dopo il trapianto dei carducci o l'emergenza degli ovoli, si può fare affidamento solo sulla combinazione tra il pendimethalin e l'oxadiazon, ma l'obbligatoria distribuzione nelle interfile ne limita l'efficienza; per ampliare lo spettro d'azione alle due specie non controllate, *Senecio* spp. e *S. media*, ed ovviamente ad altre presenti in campo, è senz'altro utile aggiungere uno dei prodotti ad azione totale, come quelli a base di acido pelargonico, diquat, glyphosate e pyraflufen ethyl. Dopo il risveglio vegetativo degli impianti poliennali, il pyridate insieme alla propyzamide è l'unico a due vie per un trattamento a tutto campo, anche se insufficiente nel controllo di *R. raphanistrum*, *S. arvensis*, *Senecio* spp. ed *Urtica* spp.; la loro presenza tra le file è, però, almeno controllabile con interventi localizzati unendo il pendimethalin all'oxadiazon o all'oxyfluorfen; anche in questo caso è valido aggiungere eventualmente uno degli erbicidi totali sopra indicati. Nella fase che precede il ricaccio della coltura, non esiste alcuna possibilità di impiegare miscele.

Nelle coltivazioni di finocchio, le miscele permesse in pre-emergenza sono quelle tra aclonifen e pendimethalin, che non è in grado di contrastare solamente *R. raphanistrum*, ed aclonifen miscelato

a clomazone, incapace verso *R. raphanistrum* e *T. arvense*; questi “vuoti”, però, sono colmabili in post con il metribuzin. In pre-trapianto, la strategia a tre vie, che vede insieme clomazone, pendimethalin ed oxadiazon, consente di equiparare totalmente lo spettro d’azione del linuron; anche in questa fase della coltura è valida l’unione tra aclonifen e clomazone, gestita come per il pre-emergenza. Dopo il trapianto, l’unica combinazione consentita è tra il pendimethalin ed il metribuzin, con la sola *G. parviflora* resistente, che però è eliminabile con il metribuzin applicato dopo il trapianto.

In conclusione, la revoca del linuron richiede certamente una maggiore attenzione all’indispensabile esigenza del ricorso alle purtroppo scarse combinazioni disponibili tra le molecole erbicide selettive realizzabili. Ancora di più deve essere messo in risalto, come anche la gestione del diserbo di questi due ortaggi debba avvenire nell’ambito di strategie di tipo integrato, in cui naturalmente sono impiegati anche gli erbicidi ad azione totale, insieme ad adeguate pratiche agronomiche, quali la falsa semina e la sarchiatura.

Bibliografia

- Abbiati C., Bellotto D, Capella A, Capriotti M, Guastamacchia F, Noacco A, Querzola P, Romanini M, Serratore V (2016). Bismark ®, miscela di microcapsule di clomazone e penimetalin, in prove di pre-emergenza di diverse colture agrarie. *ATTI Giornate Fitopatologiche*, 1, 489-502.
- Bianco VV, Magnifico V (1976). Il diserbo del carciofo. *L'informatore Agrario*, 46, 24727-29.
- Geminiani E, Campagna G (2014). Valutazione della selettività e dell’attività erbicida di miscele a base di metribuzin su colture orticole. *ATTI Giornate Fitopatologiche*, 1, 423-430.
- Magnifico V (1976). Il diserbo del carciofo. *L'informatore Agrario*, 46, 24727-29.
- Montemurro P (2009). Gestione delle malerbe (del carciofo). In *Il carciofo*, 266-283. Coordinatore: Angelini R., ART Servizi Editoriali S.p.A. (ITALY).
- Montemurro P, Fracchiolla M, Olivieri D, Caramia D, Lasorella C (2010). Primi risultati di prove di diserbo chimico con clomazone nella coltura del finocchio (*Foeniculum vulgare*). *ATTI Giornate Fitopatologiche*, 1, 455-460.
- Montemurro P, Cazzato E, Destefani G, Guastamacchia F (2015). Situazione malerbologica nelle colture minori dell’Italia centro-meridionale. *ATTI SIRFI*, 47-59.
- Montemurro P, Capella A, Cazzato E, Fusiello R, Guastamacchia F (2016). Pyraflufen ethyl nel diserbo del carciofo. *ATTI Giornate Fitopatologiche*, 2016, 1, 511-516.
- Montemurro P, Capella A, Cazzato E, Crivelli, D'ascenzo D, Fusiello R, Guastamacchia F, Olivieri D (2016). Clomazone con pendimethalin nel diserbo del finocchio e della carota. *ATTI Giornate Fitopatologiche*, 1, 503-510.

STRATEGIE DI DISERBO E POSSIBILI ALTERNATIVE A LINURON SU CAROTA, SEDANO, PATATA, ASPARAGO E SULLE LEGUMINOSE AL CENTRO NORD

FABBRI M.¹, CASAGRANDI M.²

1. Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari – Università di Bologna

2. ADAMA Italia.

E-mail: mirco.fabbri6@unibo.it

Riassunto

Con la revoca dei prodotti a base di linuron, a seguito del riesame valutativo previsto dai regolamenti (CE) n. 1107/2009 e (UE) 2017/244, occorre ridefinire le strategie di diserbo per diverse colture. Per sfruttare al meglio l'efficacia dei pochi prodotti disponibili è importante essere a conoscenza della flora infestante presente e integrare la difesa chimica con misure agronomiche, tra cui rotazioni, sarchiature, rincalzature, pacciamatura e una corretta gestione degli appezzamenti tra un ciclo colturale e l'altro. In questo contributo viene presentata un'analisi delle strategie di diserbo attualmente praticabili su diverse colture orticole (carota, sedano, patata, asparago) e leguminose (cece, fagiolo, fagiolino, favino, lenticchia, pisello) a ciclo estivo-autunnale e autunno-primaverile, insieme ai risultati di esperienze sperimentali realizzate per alcune di esse al fine di massimizzare l'efficacia dei prodotti ancora disponibili.

Parole chiave

Ombrellifere; Leguminose; Linuron.

Summary

After the revocation of linuron based products, it is necessary to redefine weed control strategies for different crops. To improve of the effectiveness of the few products available it is important to be aware of the weeds, and integrate the chemical means with agronomic measures, including rotations, weeding, ridging, mulching and proper management of the plots between one crop cycle and the other. This article presents an analysis of the weed control strategies currently practicable on various crops (carrot, celery, asparagus, potato) and legumes (chickpea, bean, string bean, field bean, lentil, pea) in summer-autumn and autumn-spring cycle, together with the results of tests carried out for some of them in order to maximize the effectiveness of the few products still available.

Keywords

Umbelliferae; Legumes; Linuron.

Introduzione

Spesso gli erbicidi disponibili per alcune colture sono pochi e dotati di un incompleto spettro d'azione (Fabbri e Campagna, 2017) (Tabella 1).

Tabella 1. Principi attivi a disposizione sulle diverse colture trattate.

Coltura	Difficoltà nel sostituire linuron	Principi attivi a disposizione
ORTICOLE		
Carota	Media	<u>Erbicidi selettivi</u> : aclonifen, clomazone, metribuzin, pendimetalin <u>Graminicidi</u> : ciclossidim, cletodim, fluazifop-p-butile, propaquizafop, quizalofop etile isomero D, quizalofop-p-etile <u>Erbicidi totali</u> : diquat, glifosate
Sedano	Elevata	<u>Erbicidi selettivi</u> : pendimetalin - <u>Erbicidi totali</u> : diquat
Patata	Bassa	<u>Erbicidi selettivi</u> : aclonifen, clomazone, flufenacet, metobromuron, metribuzin, napropamide, pendimetalin metribuzin, rimsulfuron <u>Graminicidi</u> : ciclossidim, cletodim, fluazifop-p-butile, propaquizafop, quizalofop etile isomero, quizalofop-p-etile <u>Erbicidi totali</u> : glifosate, diquat
Asparago	Bassa	<u>Erbicidi selettivi</u> : clomazone, orizalin, isoxaben, metribuzin, oxadiazon, pendimetalin, piridate, dicamba <u>Erbicidi totali</u> : glifosate, diquat <u>Graminicidi</u> : propaquizafop
LEGUMINOSE		
Fagiolo	Bassa	<u>Erbicidi selettivi</u> : benfluralin, bentazone, clomazone, imazamox, pendimetalin, piridate, s-metolaclof <u>Graminicidi</u> : fluazifop-P-butile, ciclossidim, propaquizafop, quizalofop-p-etile <u>Erbicidi totali</u> : diquat, glifosate
Fagiolino	Bassa	<u>Erbicidi selettivi</u> : benfluralin, bentazone, clomazone, imazamox, pendimetalin <u>Graminicidi</u> : fluazifop-p-butile, ciclossidim, propaquizafop, quizalofop-p-etile, quizalofop etile isomero D <u>Erbicidi totali</u> : diquat, glifosate
Cece	Mai registrato	<u>Erbicidi selettivi</u> : aclonifen, benfluralin, metribuzin, pendimetalin, piridate <u>Graminicidi</u> : ciclossidim, propaquizafop, quizalofop-P-etile <u>Erbicidi totali</u> : diquat, glifosate
Pisello	Bassa	<u>Erbicidi selettivi</u> : aclonifen, benfluralin, bentazone, clomazone, imazamox, metribuzin, pendimetalin, piridate <u>Graminicidi</u> : ciclossidim, fluazifop-P-butile, propaquizafop, quizalofop-p-etile, quizalofop etile isomero D <u>Erbicidi totali</u> : diquat, glifosate
Lenticchia	Mai registrato	<u>Erbicidi selettivi</u> : metribuzin, pendimetalin, piridate <u>Graminicidi</u> : ciclossidim, propaquizafop, quizalofop-P-etile <u>Erbicidi totali</u> : diquat, glifosate
Favino	Mai registrato	<u>Erbicidi selettivi</u> : bentazone, clomazone, imazamox, metribuzin, pendimetalin, propizamide (mancano prodotti registrati) <u>Graminicidi</u> : ciclossidim, propaquizafop <u>Erbicidi totali</u> : glifosate

Ne conseguono notevoli difficoltà soprattutto per contenere malerbe appartenenti alla stessa famiglia della specie coltivata. Una strategia a ridotta pressione selettiva per il contenimento delle infestanti risulta fondamentale a evitare la comparsa di una flora di sostituzione o l'insorgenza di resistenze causate dalle riduzioni della gamma di erbicidi a disposizione. Infatti, il ripetuto utilizzo degli stessi principi attivi provoca la selezione di una flora infestante di compensazione più affine alle specie coltivate, con l'insorgenza di specifiche problematiche. Per ovviare a ciò risulta fondamentale effettuare un'appropriata rotazione con altre colture in cui è possibile diversificare l'impiego degli erbicidi. La presenza di malerbe e la pressione selettiva possono essere ridotte mediante la tecnica della falsa semina, con la preparazione anticipata dei terreni e la successiva devitalizzazione delle malerbe nate prima della semina o del trapianto delle colture con mezzi meccanici o erbicidi ad azione totale (glifosate, diquat e acido pelargonico). Oltre alla cura degli incolti per prevenire la diffusione di semi, risulta determinante la devitalizzazione delle infestanti nei periodi che intercorrono tra una coltura e l'altra.

Nelle colture in cui la disponibilità di erbicidi risulta limitata (es. sedano), la scelta della pratica del trapianto, seppur più onerosa della semina, può risultare determinante per aumentare la competitività della coltura, rendendola meno sensibile alle infestanti. Per facilitare la gestione delle malerbe, dove il sesto di impianto lo permette, è fondamentale ricorrere alla sarchiatura dell'interfila eliminando così la maggior parte delle infestanti non controllate con gli erbicidi. Anche la pacciamatura, effettuata mediante i più ecologici film biodegradabili, può costituire una valida alternativa non solo per le colture trapiantate.

Il diserbo chimico basato su erbicidi selettivi ad azione residuale e fogliare a prevalente azione su dicotiledoni o graminacee rappresenta la pratica più efficace e utilizzata; tempi e modalità d'impiego degli erbicidi selettivi in pre-semina, pre-emergenza, pre-ricaccio pre-trapianto anticipato o immediato, post-emergenza, post-ricaccio e post trapianto, dettano la messa punto delle strategie di intervento in funzione della tecnica di coltivazione adottata, del ciclo colturale autunno primaverile o estivo autunnale e delle caratteristiche pedo-climatiche nonché del regime irriguo. Risulta fondamentale utilizzare i pochi erbicidi disponibili in miscela tra loro rispettando le dosi di etichetta, modulando le proporzioni tra i vari principi attivi in funzione del tipo di terreno e delle infestanti presenti; così facendo si possono ridurre le problematiche legate alla selettività ma soprattutto ampliare lo spettro d'azione, riducendo la pressione di selezione di una flora di sostituzione o resistente. A causa delle strette successioni colturali risulta fondamentale proporzionare adeguatamente i principi attivi nelle varie miscele, prestando particolare attenzione nei confronti degli erbicidi più persistenti allo scopo di evitare la fitotossicità da residui attivi verso le colture più sensibili.

Per una corretta gestione delle malerbe risulta fondamentale conoscere la flora infestante, la tessitura dei terreni in cui si va a operare ed effettuare una corretta integrazione di tecniche agronomiche e chimiche a disposizione, andando così ad individuare le strategie di intervento più efficaci nel rispetto della selettività sia della coltura in corso che di quelle in successione.

Le difficoltà nel controllo delle malerbe sono più accentuate nelle colture orticole, soprattutto dopo la revoca di tutti i prodotti a base di linuron. Tale principio attivo era impiegato in Italia in numerose colture orticole e industriali per il suo ampio spettro d'azione, selettività, duttilità di utilizzo, limitata solubilità e bassa tensione di vapore.

In questo contributo viene presentata un'analisi delle strategie di diserbo attualmente praticabili su diverse colture orticole (carota, sedano, patata, asparago) e leguminose (cece, fagiolo, fagiolino, favino, lenticchia, pisello) a ciclo estivo-autunnale e autunno-primaverile, insieme ai risultati di esperienze sperimentali realizzate per alcune di esse al fine di massimizzare l'efficacia dei pochi prodotti ancora disponibili.

ORTICOLE

Sedano

Elevata difficoltà nel sostituire linuron

Erbicidi selettivi: pendimetalin (Activus Eko, Activus 40 SC, Most Micro)

Erbici totali: diquat

Il diserbo del sedano risulta una pratica molto complessa dopo la revoca di linuron, infatti è disponibile il solo pendimetalin (nei formulati Activus Eko, Activus 40 SC e Most Micro) per le applicazioni di pre-trapianto, mentre per le applicazioni estitutive pre-semina/trapianto sono a disposizione gli erbicidi totali acido pelargonico e diquat.

Per questa coltura risulta indispensabile prestare particolare attenzione ad effettuare le corrette rotazioni che consentano di controllare le infestanti nelle altre colture e soprattutto è importante scegliere terreni il più possibile privi di infestanti. Il trapianto della coltura abbinato a pacciamatura e frequenti lavorazioni dell'interfila può essere una buona alternativa per il controllo delle infestanti, tuttavia può risultare una pratica molto onerosa.

A livello sperimentale sono stati valutati per il diserbo del sedano oxadiazon, aclonifen, s-metolaclor, metobromuron in pre-trapianto che potrebbero risultare selettivi sulla coltura; tuttavia occorre effettuare prove più approfondite per valutare il possibile impiego di tali principi attivi.

In Figura 1 si riporta la superficie totale di sedano coltivato in Italia nel 2017.

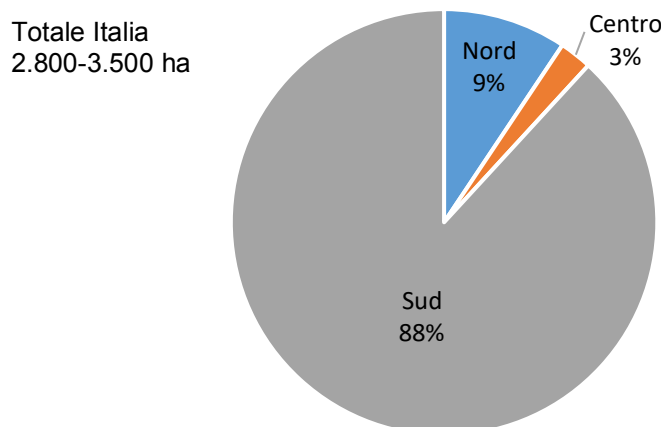


Figura 1. Superficie di sedano coltivato in Italia (dati ISTAT 2017).

Carota

Media difficoltà nel sostituire linuron

Erbicidi selettivi: aclonifen, clomazone, metribuzin, pendimetalin
 Graminici: ciclossidim, cletodim, fluazifop-p-butile, propaquizafop, quizalofop etile isomero D, quizalofop-p-etile
 Erbicidi totali: diquat, glifosate

Le maggiori difficoltà che si riscontrano nel diserbo della carota sono legate principalmente al controllo delle ombrellifere. Oltre a queste risultano difficili da contenere *Stellaria media*, *Papaver rhoeas*, *Polygonum* spp, *Veronica* spp. per il ciclo autunnale e *Amaranthus* spp (anche resistenti ad inibitori ALS), *Solanum nigrum*, *Portulaca oleracea*, *Datura stramonium*, *Abutilon theophrasti*, *Chenopodium* spp., *Cyperus* spp. per il ciclo primaverile-estivo.

Un ottimale contenimento della flora infestante in questa coltura, oltre a considerare delle rotazioni ponderate, deve prevedere l'adozione della falsa semina, una buona pulizia dei letti di semina con diquat o glifosate e, dove sia possibile, interventi di sarchiatura.

La lotta chimica contro le infestanti della carota si basa principalmente sull'impiego in pre-emergenza di pendimetalin, utile anche per il contenimento della cuscuto, in miscela con aclonifen e clomazone; a integrazione dei suddetti prodotti residuali può essere utilizzato metribuzin in post-emergenza. Per la lotta alle graminacee annuali e perenni la disponibilità di prodotti specifici è più ampia: fluazifop-p-butile, propaquizafop, quizalofop-p-etile e ciclossidim.

In Figura 2 si riporta la superficie totale di carota coltivata in Italia nel 2017.

Totale Italia
10.800-12.000 ha

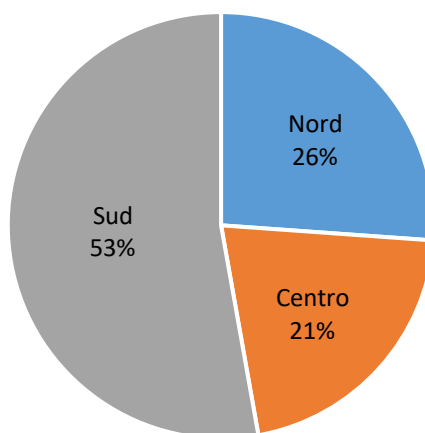


Figura 2. Superficie di carota coltivata in Italia (dati ISTAT 2017).

Le principali problematiche legate a queste soluzioni sono i rischi per la selettività, in quanto il più delle volte si opera su terreni sciolti. Occorre quindi prestare molta attenzione nel modulare le dosi nelle applicazioni di pre-emergenza e anche nelle applicazioni di post emergenza con metribuzin.

Nelle semine autunnali, soggette a copertura con teli, occorre prestare attenzione alle applicazioni con clomazone, che in determinate condizioni possono causare sintomi di fitotossicità. Per quanto riguarda le applicazioni di post-emergenza, esclusivamente in fase sperimentale, sono stati testati bifenox, tembotrione e metobromuron in pre-emergenza, che sono risultati selettivi per la coltura; tuttavia, occorre effettuare delle prove più approfondite per valutare il possibile impiego di tali principi attivi.

Prova sperimentale

Nel campo di prova si è verificata una diffusa emergenza di *Portulaca oleracea*, *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album*, *Solanum nigrum*, oltre a minori presenze di altre dicotiledoni quali *Fallopia convolvulus*, *Polygonum lapathifolium*, *Senecio vulgaris*, *Sonchus asper* e *Mercurialis annua*. Tra le specie graminacee era presente *Echinochloa crus-galli*. Nel corso della prova sono comparsi anche focolai di *Cuscuta campestris* (Tabella 2).

Le applicazioni preventive di pendimetalin + metribuzin (più o meno addizionati di clomazone) hanno causato un certo ritardo di sviluppo della coltura. Tali effetti fitotossici, anche se non particolarmente gravi, erano ancora in parte visibili all'ultimo rilievo, eseguito ad oltre due mesi dall'applicazione di pre-emergenza. I trattamenti di post-emergenza con linuron e metribuzin hanno determinato solo lievi e transitorie necrosi nel margine fogliare.

Tabella 2. Prova su carota anno 2014. Tesi a confronto, risultati dei rilievi della fitotossicità e risultati dei rilievi dell'attività erbicida.

Tesi	Prodotti	Dosi (l o kg/ha f.c.)	Epoca	Fitotossicità: scala 0-10 30/06 (T_A + 76 gg; T_B + 32 gg)
T	Testimone non trattato	-	-	-
II	Pendimetalin 365 g/l + linuron 445 g/l	2 + 1	A	0
III	Pendimetalin 365 g/l + linuron 445 g/l	2 + 1	A	0
	linuron 445 g/l	0,7	B	
III	Pendimetalin 365 g/l + linuron 445 g/l	2 + 1	A	0
	Metribuzin 70%	0,25	B	
2I	Pendimetalin 365 g/l + Metribuzin 70%	2 + 0,2	A	0,33 a
2II	Pendimetalin 365 g/l + Metribuzin 70%	2 + 0,2	A	0,33 a
	linuron 445 g/l	0,7	B	
2III	Pendimetalin 365 g/l + Metribuzin 70%	2 + 0,2	A	0,67 a
	Metribuzin 70%	0,25	B	
3I	Pendimetalin 365 g/l + metribuzin 70% + clomazone 360 g/l	2 + 0,2 + 0,25	A	0,5 a
3II	Pendimetalin 365 g/l + metribuzin 70% + clomazone 360 g/l	2 + 0,2 + 0,25	A	0,5 a
	linuron 445 g/l	0,7	B	
3III	Pendimetalin 365 g/l + metribuzin 70% + clomazone 360 g/l	2 + 0,2 + 0,25	A	0,75 a
	Metribuzin 70%	0,25	B	

Epoca dei trattamenti: epoca A: 15/04/14 (pre-emergenza); epoca B: 29/05/14 (post-emergenza).

Descrizione sintomi fitotossicità: a = riduzione di sviluppo.

Località: Cadriano (BO) – Azienda agraria dell'Università di Bologna.

Data di semina: 15/04/2014 (distanza tra le file: 20 cm) varietà Nantese di Chioggia.

L'applicazione di pre-emergenza è stata effettuata a metà aprile, su terreno asciutto, ed è stata seguita da leggere precipitazioni nei giorni successivi; la prima pioggia di rilievo (12,8 mm) si è verificata verso fine mese, a distanza di 12 giorni. Successivamente le piogge e le periodiche irrigazioni hanno favorito una buona attivazione degli erbicidi residuali distribuiti.

Tutte le soluzioni preventive hanno fornito un buon contenimento delle infestanti e una sufficiente persistenza d'azione. Esse hanno garantito, nel corso della prova, anche un elevato controllo delle emergenze di *C. campestris*. Rispetto alla combinazione standard di pendimetalin + linuron, la miscela di pendimetalin + metribuzin è apparsa più efficace soprattutto su *A. retroflexus*, *P. oleracea* e *S. vulgaris*. L'ulteriore aggiunta di clomazone ha permesso di controllare pienamente le emergenze di *S. nigrum*.

Il trattamento di post-emergenza è stato effettuato a fine maggio, quando la coltura aveva raggiunto un'altezza di 10-15 cm. L'applicazione di metribuzin ha permesso di integrare l'azione dei trattamenti preventivi nei confronti delle poche infestanti dicotiledoni emerse, ed in particolare *A. retroflexus* e *S. vulgaris*. Non ha invece evidenziato una sufficiente efficacia nei confronti di *F. convolvulus*.

Patata

**Bassa difficoltà nel
sostituire linuron**

Erbicidi selettivi: aclonifen, clomazone, flufenacet, metobromuron, metribuzin, napropamide, pendimetalin metribuzin, rimsulfuron
Graminici: ciclossidim, cletodim, fluazifop-p-butile, propaquizafop, quizalofop etile isomero, quizalofop-p-etile
Erbicidi totali: glifosate, diquat

La tecnica adottata per la coltivazione della patata si è progressivamente affinata nel corso degli ultimi decenni. In particolare, la maggiore distanza tra le file per migliorare la pezzatura dei tuberi permette di ottimizzare anche il contenimento delle malerbe. Infatti la semina a 90 cm tra le file favorisce l'efficacia degli erbicidi rispetto alle semine a 75 cm, in quanto sono meno frequenti gli sgrottamenti di terreno.

Un'efficiente assolcatura è un'ottima premessa per ottenere migliori risultati nel diserbo, accanto alle sarchia-rincazzature che debbono prevedere una limitata movimentazione di terra superficiale, allo scopo di ridurre i rischi di danno all'apparato radicale. È importante effettuare una buona pulizia dei letti di semina con contatticidi o glifosate; le applicazioni con quest'ultimo devono essere effettuate almeno un mese prima della semina per evitare l'insorgenza di fitotossicità.

Anche le rotazioni risultano particolarmente importanti per contenere le insidiose infestazioni di *Solanum nigrum* e di *Cuscuta* spp. In Figura 3 si riporta la superficie totale di patata primaticcia e patata comune coltivata in Italia nel 2017.

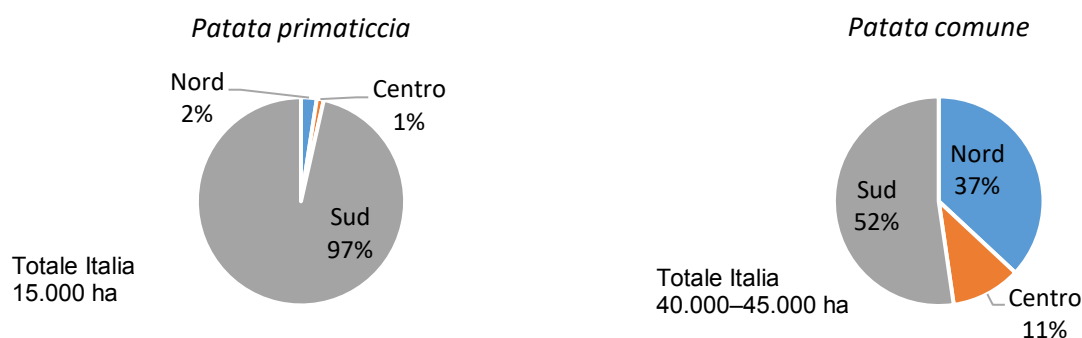


Figura 3. Superficie di patata primaticcia a patata comune coltivata in Italia (dati ISTAT 2017).

I trattamenti erbicidi svolgono un importante ruolo nel diserbo della patata, in particolare per il contenimento delle diffuse infestazioni di *Solanum nigrum*, *Fallopia convolvulus*, oltre che delle più competitive *Polygonum lapathifolium*, *Chenopodium album*, *Amaranthus retroflexus*, *Abutilon theophrasti* ed *Echinochloa crus-galli*. In netta espansione nelle zone in cui si opera su terreni sciolti sono le temibili infestazioni di *Cyperus* spp.

In assenza di linuron le applicazioni di pre-emergenza si debbono eseguire con dosi medie di più prodotti residuali miscelati tra loro come pendimetalin, aclonifen, clomazone, metobromuron, metribuzin e flufenacet, napropamide. Il pendimetalin è efficace per controllare le più problematiche infestazioni di *Solanum nigrum*, in buona parte contenute anche da flufenacet. Inoltre pendimetalin e clomazone consentono di contenere le infestazioni più precoci di cuscuto.

Le strategie più comunemente adottate per le applicazioni di pre-emergenza sono miscele a quattro vie di metribuzin, flufenacet, pendimetalin, clomazone e, qualora si voglia preservare metribuzin per le applicazioni di post-emergenza, pendimetalin, aclonifen, clomazone, metobromuron. Rimsulfuron e metribuzin (nel caso in cui non sia già stato utilizzato in pre-emergenza o non si sia superata la dose ammissibile) possono essere utilizzati per le applicazioni di post-emergenza. Per il controllo di complesse infestazioni di graminacee annuali e perenni si possono impiegare i numerosi graminicidi specifici, con l'avvertenza di rispettare i relativi periodi di sicurezza.

La gamma di principi disponibili per il diserbo della patata è piuttosto ampia, tuttavia risulta difficile controllare le infestazioni di *Cyperus* spp.; esclusivamente in fase sperimentale sono stati testati s-metolaclofor per applicazioni di pre-emergenza e halosulfuron in post-emergenza ottenendo buoni risultati sia in termini di efficacia che di selettività, tuttavia occorre effettuare delle prove più approfondite per valutare il possibile impiego di tali principi attivi.

Asparago

Bassa difficoltà nel sostituire linuron

Erbicidi selettivi: clomazone, orizalin, isoxaben, metribuzin, oxadiazon, pendimetalin, piridate, dicamba
Erbicidi totali: glifosate, diquat
Graminicidi: propaquizafop

Essendo una coltura a ciclo poliennale l'asparago necessita di una gestione delle infestanti dedicata che si divide in due fasi di intervento, una di pre-emergenza dei turioni e una di post raccolta, con problematiche che risultano diverse tra i nuovi impianti e gli impianti di produzione. In Figura 4 si riporta la superficie totale di asparago coltivato in Italia nel 2017.

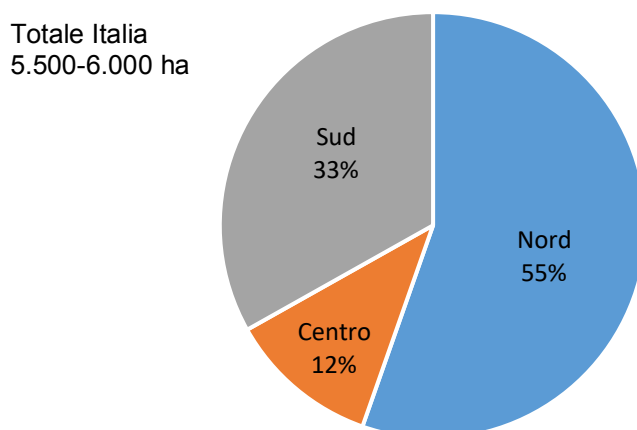


Figura 4. Superficie di asparago coltivato in Italia (dati ISTAT 2017).

Si considerano asparagiaie di nuovo impianto dal momento in cui si mettono a dimora le zampe o le giovani piantine trapiantate con cubetto di torba, fino in genere al terzo anno di vegetazione, cioè quando si entra in piena produzione. Al primo anno gli erbicidi possono essere applicati nelle fasi di pre-trapianto, pre-ricaccio e post-trapianto delle piantine vegetanti dopo il superamento della crisi; durante il restante periodo di non produzione dell'asparagiaia si può intervenire in pre-ricaccio (prima dell'emergenza dei turioni) e cautelativamente anche nel corso della vegetazione. Prima del trapianto si possono utilizzare i dissecanti ad azione fogliare di contatto diquat o il sistemico glifosate.

Negli impianti tradizionali gli erbicidi fogliari possono essere applicati, in presenza di infestanti nate, dopo la messa a dimora delle zampe di asparago, in miscela con i prodotti residuali contemplati in questo periodo. Nei casi in cui si debbano diserbare i nuovi impianti costituiti con piantine vegetanti, l'efficacia degli erbicidi distribuiti in pre-trapianto può essere completata da interventi di post-trapianto (al superamento della crisi delle piantine) con dosi ridotte di metribuzin. Dopo il primo anno d'impianto (quando sono già chiusi i solchi delle piantine di asparago trapiantate o dopo l'impianto

con zampe) e fino ai tre anni d'età dell'asparagiaia, si possono utilizzare in pre-ricaccio, da soli o in miscela con prodotti fogliari, pendimetalin e metribuzin.

Al raggiungimento della piena produzione dell'asparagiaia le epoche di intervento con mezzi chimici coincidono con le fasi di pre-ricaccio dei turioni a fine inverno, a raccolta ultimata e post-sfalcio nel tardo autunno.

Per l'eliminazione delle infestanti nate prima dell'emergenza dei turioni, generalmente si effettuano lavorazioni superficiali a fine inverno, a cui si fanno seguire applicazioni residuali (pendimetalin o metribuzin) e le nuove estensioni di impiego di isoxaben + orizalin prima della comparsa primaverile dei turioni per consentire il rispetto del periodo di sicurezza. Dopo questa prima distribuzione, durante tutto il periodo di raccolta non è previsto il ricorso ad interventi erbicidi. Ne consegue che la lotta contro le infestanti annuali non contenute con i primi trattamenti e contro le essenze perenni dovrà essere attuata, in caso di effettiva necessità, dopo il termine della raccolta giornaliera dei turioni nel rispetto dei tempi di carenza. Le infestanti annuali e perenni a foglia larga possono essere eliminate al termine della stagione di raccolta, in assenza di turioni emersi, con l'impiego di dicamba, mentre per il contenimento di nuove emergenze si possono utilizzare metribuzin, pendimetalin, isoxaben + orizalin.

Un ulteriore intervento per devitalizzare eventuali ricacci o comparse d'infestanti perenni è possibile eseguirlo nei mesi autunnali, dopo lo sfalcio della vegetazione dell'asparagina, utilizzando il più indicato glifosate, attivo anche su infestanti in avanzata fase di senescenza.

Per la lotta alle infestanti graminacee è di possibile impiego lo specifico preparato propaquizafop appartenente alla famiglia chimica degli arilossifenossipropionati, in grado di contenere a qualsiasi stadio di sviluppo tutte le specie annuali e poliennali. Tra i possibili futuri impieghi clopiraldin potrebbe essere inserito per il controllo di *Cirsium arvense*, *Cardo mariano* e composite.

LEGUMINOSE

Cece

Mai registrato

Erbicidi selettivi: clomazone, orizalin, isoxaben, metribuzin, oxadiazon, pendimetalin, piridate, dicamba
Erbicidi totali: glifosate, diquat
Graminicidi: propaquizafop

Il cece è una coltura in netto aumento nell'ultima annata, viste le buone produzioni ottenute nella campagna 2017 (Figura 5). Difficile prevedere le stesse superfici nel 2019.

Una delle principali problematiche che affliggono la coltura del cece sono le infestazioni di *Solanum nigrum*, in quanto le bacche dell'infestante macchiano il seme della coltura causandone un forte deprezzamento in fase di commercializzazione.

Per il diserbo di pre-emergenza sono a disposizione pendimetalin, benfluralin, e di recente introduzione, metribuzin e aclonifen. La miscela pendimetalin, aclonifen e metribuzin applicata in pre-emergenza risulta essere una buona soluzione per il controllo della maggior parte delle infestanti; in particolare risulta importante dosare correttamente pendimetalin per un corretto controllo di *S. nigrum*.

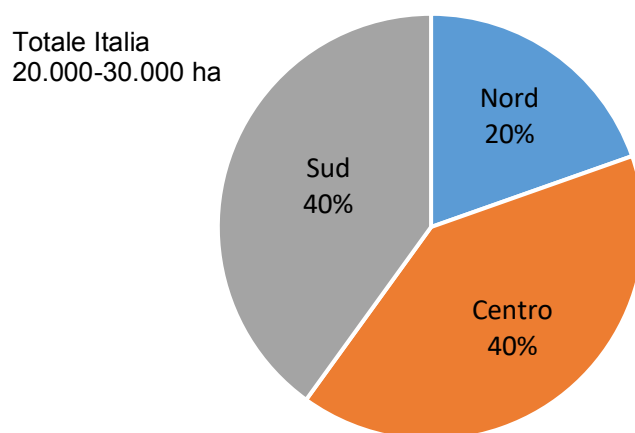


Figura 5. Superficie di cece coltivato in Italia (dati ISTAT 2017).

La buona riuscita delle applicazioni di pre-emergenza risulta fondamentale in quanto per le applicazioni di post-emergenza è disponibile il solo piridate, mentre per il controllo delle graminacee sono a disposizione ciclossidim, propaquizafop, quizalofop-P-etile.

Risulta fondamentale che le applicazioni siano pienamente selettive sulla coltura in quanto eventuali sintomi di fitotossicità possono rendere meno omogenea la coltura causando una scalarità di maturazione con conseguente deprezzamento della coltura.

Ad esclusivo uso sperimentale, sono state valutate selettività e attività di s-metolaclor, isossafutolo e propizamide per le applicazioni di pre-emergenza; bromoxinil e bifenox (per il controllo di *S. nigrum* e *Amaranthus* spp) nelle applicazioni di post-emergenza.

Nell'annata agraria 2018 presso l'azienda agraria dell'Università di Bologna è stata effettuata una prova su cece con applicazioni di diserbo di pre-emergenza, in cui sono state testate diverse miscele a base di metribuzin, pendimetalin e aclonifen. Metribuzin (registrato solamente con i formulati Feinzin 70 DF e Song 70 WDG) è stato testato da solo, alla dose massima di etichetta, e in miscela modulando la dose in base ai partner inseriti in miscela. Aclonifen è stato testato a diversi dosaggi sia

da solo che in miscela. L'infestazione nel campo era costituita prevalentemente da *Solanum nigrum*, *Chenopodium album* e *Amaranthus retroflexus*.

Nelle condizioni in cui si è operato tutte le soluzioni sperimentate sono risultate selettive nei confronti della coltura. I migliori risultati in particolare nel controllo di *S. nigrum*, sono stati ottenuti con le miscele pendimetalin + metribuzin + aclonifen e pendimetalin + metribuzin. Le altre infestanti sono state ben controllate in tutte le soluzioni testate.

Favino

Mai registrato

Erbicidi selettivi: bentazone, clomazone, imazamox, metribuzin, pendimetalin, propizamide (mancano prodotti registrati)
Graminici: ciclossidim, propaquizafop
Erbicidi totali: glifosate

Il favino è una leguminosa in netta espansione in particolare nelle zone del centro e sud Italia e nelle aree pedemontane. È buona norma, per la gestione delle infestanti, effettuare rotazioni e seminare su terreni ben preparati e liberi da infestanti effettuando applicazioni estintive con glifosate.

In pre-emergenza sono a disposizione pendimetalin, imazamox + pendimetalin, metribuzin, clomazone e aclonifen. Per una corretta gestione delle infestanti è consigliabile effettuare miscele a tre vie con diverse combinazioni dei prodotti sopra citati a seconda delle infestanti presenti e del tipo di terreno. Strategie di pre-emergenza:

- (pendimetalin + imazamox) + metribuzin
- (pendimetalin + imazamox) + clomazone
- pendimetalin + clomazone + metribuzin
- pendimetalin + aclonifen + clomazone

In post-emergenza è possibile effettuare applicazioni con imazamox + bentazone e graminicidi.

Fagiolo e fagiolino

Su queste leguminose a crescita iniziale lenta, le malerbe possono competere notevolmente e la pratica del diserbo chimico risulta determinante, anche se occorre prestare attenzione al rispetto dei periodi di sicurezza a causa del breve ciclo. Su fagiolino a raccolta meccanica inoltre, alcune specie possono lasciare frammenti di difficile separazione, come ad esempio i fusti di *Portulaca oleracea*, ma anche di *Amaranthus* spp. e di *Digitaria sanguinalis*, mentre per il fagiolo fresco le bacche di *Solanum nigrum* e *Datura stramonium*, ma anche i capolini di *Matricaria chamomilla*, *Cirsium arvensis*, *Sonchus* spp. e le capsule di *Papaver rhoeas*, possono determinare notevoli difficoltà in fase di cernita e per questo la loro presenza deve essere ridotta al minimo. Rotazione culturale,

preparazione anticipata del terreno e le tempestive sarchiature, insieme all'impiego degli erbicidi selettivi, debbono essere adottati con estrema attenzione. In Figura 6 si riporta la superficie totale di fagiolo e fagiolino coltivati in Italia nel 2017.

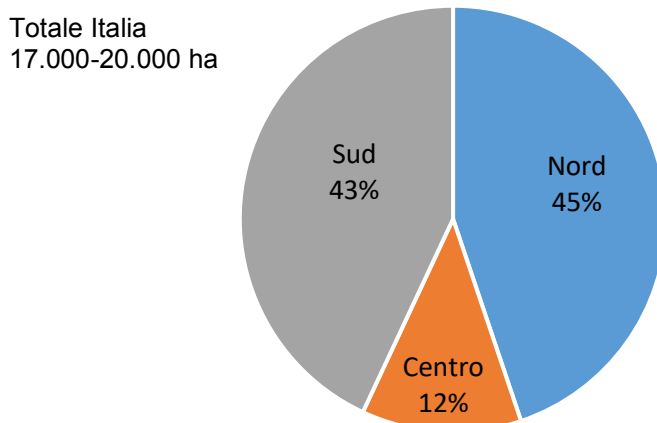


Figura 6. Superficie di fagiolo e fagiolino coltivati in Italia (dati ISTAT 2017).

Fagiolo

Bassa difficoltà nel sostituire linuron

Erbicidi selettivi: benfluralin, bentazone, clomazone, imazamox, pendimetalin, piridate, s-metolaclor
Graminici: fluazifop-P-butile, ciclossidim, propaquizafop, quizalofop-p-etile
Erbicidi totali: diquat, glifosate

Per il diserbo del fagiolo è a disposizione un'ampia gamma di erbicidi sia per le applicazioni di pre-emergenza che per quelle di post-emergenza, quindi effettuando le adeguate miscele risulta facile far fronte alla revoca del linuron. Per le applicazioni di pre-emergenza sono a disposizione diversi principi attivi; la miscela di clomazone con pendimetalin e s-metolaclor risulta la più completa sia per il contenimento delle infestanti graminacee che dicotiledoni. In post-emergenza possono essere effettuati trattamenti con bentazone e imazamox in miscela con graminicidi. Qualora vi sia la presenza di amaranti resistente agli inibitori dell'enzima aceto-lattato-sintetasi, piridate può essere una valida soluzione.

Fagiolino

Bassa difficoltà nel sostituire linuron

Erbicidi selettivi: benfluralin, bentazone, clomazone, imazamox, pendimetalin
Graminici: fluazifop-p-butile, propaquizafop, ciclossidim, quizalofop-p-etile, quizalofop etile isomero D
Erbicidi totali: diquat, glifosate

Su fagiolino per le applicazioni di pre-emergenza sono a disposizione pendimetalin, clomazone e benfluralin; la miscela di pendimetalin e clomazone risulta essere la più completa. I dosaggi e i rapporti tra le due molecole possono variare in funzione della tessitura del terreno e delle infestanti presenti nell'appezzamento. In post-emergenza per completare il controllo delle infestanti sono disponibili bentazone e imazamox da applicare all'occorrenza in miscela con graminicidi specifici. Nel nord Italia tra le principali problematiche legate alle coltivazioni del fagiolino troviamo la diffusione di ecotipi di amaranto ALS resistente e delle ciperacee nei terreni sciolti. Per far fronte a tali criticità, sono state condotte prove sperimentali con applicazioni in pre-emergenza con s-metolaclor che, oltre ad avere una buona selettività sulla coltura, è risultato efficace nel contenimento delle ciperacee e di *Amaranthus* spp. Bifenox e piridate sono risultati interessanti alternative per le applicazioni di post emergenza.

Lenticchia

Mai registrato

Erbicidi selettivi: metribuzin, pendimetalin, piridate
Graminicidi: ciclossidim, propaquizafop, quizalofop-P-etile
Erbicidi totali: diquat, glifosate

La coltivazione della lenticchia è concentrata soprattutto nel centro-sud Italia. Si tratta di una coltura delicata e sensibili agli erbicidi quindi è indispensabile prestare molta attenzione ai dosaggi degli erbicidi utilizzati nelle miscele soprattutto in funzione del tipo di terreno. In Figura 7 si riporta la superficie totale di lenticchia coltivata in Italia nel 2017.

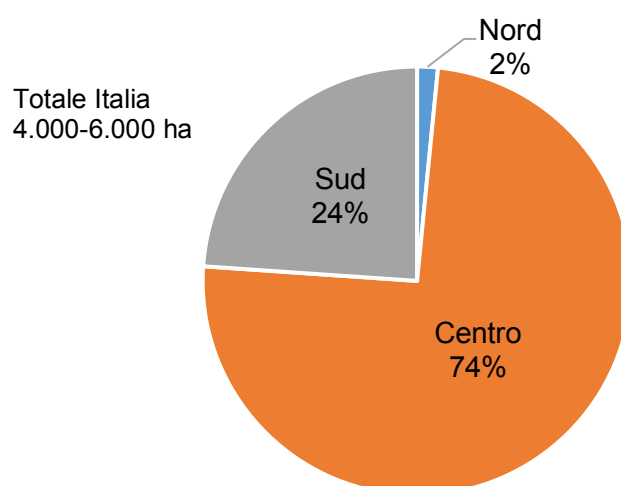


Figura 7. Superficie di lenticchia coltivata in Italia (dati ISTAT 2017).

Una miscela a base di pendimetalin, aclonifen e metribuzin può risultare risolutiva per il controllo delle infestanti che insidiano la coltura. Per le applicazioni di post-emergenza oltre a piridate sono disponibili i graminicidi specifici ciclossidim, propaquizafop e quizalofop-p-etile. Per favorire

l'efficacia di queste miscele è consigliabile adottare la tecnica della falsa semina con conseguente azzeramento della flora infestante mediante applicazioni di glifosate o diquat. Prove sperimentali con propizamide (da applicare in pre-emergenza per il controllo delle graminacee autunnali resistenti) e etofumesate in pre-emergenza sono state condotte anche se è necessario validare i risultati preliminari.

Pisello

Bassa difficoltà nel sostituire linuron

Erbicidi selettivi: aclonifen, benfluralin, bentazone, clomazone, imazamox, metribuzin, pendimetalin, piridate

Graminici: ciclossidim, fluazifop-P-butile, propaquizafop, quizalofop-p-etile, quizalofop etile isomero D

Erbicidi totali: diquat, glifosate

Il pisello essendo una coltura a ciclo relativamente breve e molto competitiva non presenta particolari problematiche di diserbo. In Figura 8 si riporta la superficie totale di pisello coltivato in Italia nel 2017.

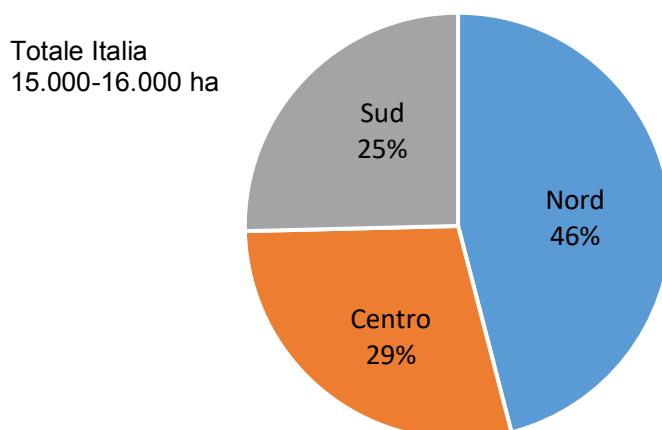


Figura 8. Superficie di pisello coltivato in Italia (dati ISTAT 2017).

Per facilitare l'azione degli erbicidi risulta fondamentale affinare il terreno prima della semina e far sì che questo risulti libero da infestanti; quindi è buona norma effettuare applicazioni in pre-semina o in pre-emergenza con glifosate o diquat. Vista l'ampia gamma di prodotti disponibili per le applicazioni di pre-emergenza è consigliabile effettuare miscele a tre o quattro vie modulabili nelle dosi e nei principi attivi a seconda del tipo di terreno e delle infestanti presenti nell'appezzamento (ad esempio: pendimetalin + metribuzin + aclonifen + clomazone). Qualora le applicazioni di pre-emergenza non risultino risolutive si può intervenire in post-emergenza effettuando applicazioni con miscele a base di bentazone e imazamox. In caso di infestanti dicoltiledoni resistenti può essere

utilizzato piridate. In fase sperimentale si sta verificando l'attività e selettività di bifenox per le applicazioni di post-emergenza, in particolare per il controllo di *Solanum nigrum* e ecotipi di amaranto resistente agli ALS.

Bibliografia

Fabbri M., Campagna G., 2017. Quali alternative al linuron nel diserbo delle orticole. L'Informatore Agrario, 29, 54-59.

IL DISERBO DELLE LEGUMINOSE NELL'AREALE MERIDIONALE

MONTEMURRO P.

*Centro di saggio CRSFA "Basile Caramia", Locorotondo, Bari
E-mail: pasquale.montemurro@uniba.it*

Riassunto

Nelle regioni dell'Italia meridionale sono molto coltivate fava, favino, cece e lenticchia. Oltre che dalla competizione delle malerbe, le leguminose sono danneggiate dall'*Orobanche crenata* Forsk., una parassita molto diffusa. In questa nota è stata affrontata la tematica del diserbo, focalizzando in particolare le possibilità offerte dagli erbicidi, ai fini di una loro razionale gestione integrata. Riguardo alla parassita, vengono illustrate le attuali e future possibilità di contenimento.

Parole chiave

Orobanche crenata; Leguminose; Erbicidi.

Summary

In the regions of Southern Italy, broad beans, field beans, chickpeas and lentils are cultivated. In addition to the weed competition, legumes are damaged by the *Orobanche crenata* Forsk., a very common parasite. In this note the issue of weeding has been addressed, focusing in particular on the possibilities offered by herbicides, for the purposes of their rational integrated management; moreover, informations on parasite control are given.

Keywords

Orobanche crenata; Legumes; Herbicides.

Introduzione

Dagli inizi degli anni '50 era cominciato un brusco calo di interesse verso le leguminose a semina autunno-vernina, come la fava, il favino, il cece e la lenticchia, che aveva comportato un lento declino di queste colture, con un progressivo decremento delle superfici coltivate. Ma recentemente, con l'avvento delle ultime PAC, le superfici sono aumentate, dovendo tra l'altro le aziende ottemperare all'obbligo della diversificazione colturale; ancora, specialmente nelle zone non irrigue, molto spesso le leguminose costituiscono la più importante, se non l'unica, possibilità di alternanza con i cereali. Per la fava, la regione al 1° posto per superfici coltivate è la Sicilia con 6608 ha, seguita dalla Puglia e dall'Abruzzo, rispettivamente con 6445 e 3868 ha. Il cece vede in prima posizione il Molise con 2060 ha, davanti alla Puglia con 1830 ha. La Puglia ha anche il primato della lenticchia con 482 ha, davanti alla Sicilia con 252 ha (Dati ISTAT 2017).

La flora infestante

Precedendo in molti areali meridionali il frumento e l'orzo in modo particolare, la flora che si insedia nelle leguminose è pressoché identica a quella che si ritrova in questi cereali. Le specie più frequenti, riportate nella Tabella 1, sono state desunte anche da diversi lavori eseguiti negli anni passati (Montemurro, 1995-2000 e 2009; Montemurro e Viggiani, 1988 e 2004; Viggiani e Montemurro, 1998; Montemurro et al., 2000); ancora, sono stati utilizzati i risultati di recenti indagini eseguite nei campi di fava e favino (Montemurro et al. 2015) in Puglia ed in Basilicata, nelle quali è stato riscontrato un certo aumento della *Scandix pecten-veneris* L. e della *Legousia speculum-veneris* (L.) Chaix. Da evidenziare che anche nelle composizioni floristiche di alcune regioni del sud sono state segnalate dal GIRE (*Gruppo Italiano Resistenza Erbicidi*) delle specie diventate resistenti ad erbicidi o ad intere famiglie, dovuto al loro ben noto frequente utilizzo per il diserbo dei cereali a semina autunno-vernina; tra queste, le seguenti: a) *Avena sterilis* L. agli erbicidi inibitori dell'ACCasi e dell'ALS in Basilicata, Puglia e Sicilia; b) *Lolium rigidum* Gaud. agli ACCasi ed all'ALS, in Puglia; c) *Phalaris paradoxa* L. agli ACCasi. d) *Papaver rhoeas* L. agli ALS ed agli ormonosimili come il 2,4-D, in Puglia e Basilicata e Sicilia; e) *Sinapis arvensis* L. all'ALS, in Sicilia. Ma il rinnovato interesse verso la coltivazione dei legumi ha contribuito a fare espandere ancora di più l'*Orobanche crenata* Forsk., volgarmente sporchia delle fave, una parassita che infesta anche il favino, il cece e la lenticchia.

Ricerche sul diserbo chimico

Non sono numerosi i contributi presenti nella letteratura italiana, pochi quelli recenti. Nel favino, Covarelli et al. (1979) hanno provato molecole che oggi non sono più in commercio. Anche nei lavori sulla fava di Miccolis et al. (1982), Miccolis e Bianco (1984), Miccolis e Montemurro (1992), tranne il pendimethalin, tutti gli altri erbicidi sono fuori commercio. Nella lenticchia, Paolini et al. (2003) hanno provato anch'essi il pendimethalin. Due sono i lavori più attuali effettuati su cece, favino e lenticchia da Gemignani e Campagna (2014) e da Fabbri (2015); i primi hanno rilevato l'ottima selettività verso il cece, la fava ed il favino del metribuzin, impiegato sia da solo, che in associazione con il pendimethalin; inoltre, per quanto riguarda la lenticchia, anch'essa è apparsa pienamente rispettata dal pendimethalin, come pure dal metribuzin; il secondo autore ha sottolineato l'ottima selettività espressa verso il favino, il cece e la lenticchia dal metribuzin e dal pendimethalin, anche in miscela tra loro. Riguardo all'*O. crenata*, vi sono i contributi di Miccolis e Bianco (1984-1986), i cui risultati hanno mostrato come un solo trattamento di glyphosate alla dose di 74 g/ha sia in grado di controllare efficacemente la parassita. Negative sono state, invece, le possibilità di impiegare efficacemente imazaquin ed imazethapyr riscontrate da Miccolis e Montemurro (1992).

Gli erbicidi disponibili

Unitamente ai loro spettri d'azione, le sostanze attive selettive registrate all'impiego, alla data del 25/9/2018, per la fava ed il favino sono elencate nella Tabella 1, mentre quelle per cece e lenticchia nella Tabella 2; per tutte e quattro le colture, poi, sono consentite tre miscele già formulate commercialmente. Tra i graminicidi, riportati nella Tabella 3 con la loro specificità diserbante, il cycloxydim ed il quizalofop-P-ethyl sono utilizzabili su tutte e quattro le colture, il fluazifop-P-buthyl solo sulla fava, il propaquizafop su cece e lenticchia. Gli erbicidi ad azione totale sono nella Tabella 4.

Tabella 1. Spettro d'azione delle sostanze attive erbicide selettive registrate al 25/9/2018 per le colture della fava e del favino.

Sostanze attive	Aclonifen	Clomazone*	Metribuzin	Pendimethalin	Imazamox + Pendimethalin	Pendimethalin + Clomazone	Bentazone	Imazamox	Imazamox + Bentazone
Epoche d'impiego (1)	PE				POST				
Specie infestanti (*)									
Dicotiledoni									
Anagallis arvensis									
Anthemis arvensis									
Bifora spp.									
Capsella bursa-pastoris									
Chrysanthemum segetum									
Cirsium arvense									
Diploaxis erucoides									
Fumaria officinalis									
Galium aparine									
Lamium spp.									
Legousia speculum-veneris									
Matricaria chamomilla									
Papaver rhoeas									
Polygonum aviculare									
Raphanus raphanistrum									
Scandix pecten-veneris									
Senecio spp.									
Sinapis arvensis									
Sonchus spp.									
Stellaria media									
Veronica spp.									
Graminacee									
Alopecurus myosuroides									
Avena sterilis									
Bromus sterilis									
Lolium rigidum									
Phalaris spp.									
Legenda Sensibile Mediamente sensibile Resistente									

(1) PI=pre- emergenza; POST=post-emergenza

* Non consentito nella fava

Tabella 2. Spettro d'azione delle sostanze attive erbicide selettive registrate al 25/9/2018 per le colture del cece e della lenticchia.

Sostanze attive	Aclonifen	Metribuzin	Pendimethalin	Pyridate
Epoche d'impiego (1)	PE	POST		
Specie infestanti (*)				
Dicotiledoni				
<i>Anagallis arvensis</i>				
<i>Anthemis arvensis</i>				
<i>Bifora</i> spp.				
<i>Capsella bursa-pastoris</i>				
<i>Chrysanthemum segetum</i>				
<i>Cirsium arvense</i>				
<i>Diplotaxis erucoides</i>				
<i>Fumaria officinalis</i>				
<i>Galium aparine</i>				
<i>Lamium</i> spp.				
<i>Legousia speculum-veneris</i>				
<i>Matricaria chamomilla</i>				
<i>Papaver rhoeas</i>				
<i>Polygonum aviculare</i>				
<i>Raphanus raphanistrum</i>				
<i>Scandix pecten-veneris</i>				
<i>Senecio</i> spp.				
<i>Sinapis arvensis</i>				
<i>Sonchus</i> spp.				
<i>Stellaria media</i>				
<i>Veronica</i> spp.				
Graminacee				
<i>Alopecurus myosuroides</i>				
<i>Avena sterilis</i>				
<i>Bromus sterilis</i>				
<i>Lolium rigidum</i>				
<i>Phalaris</i> spp.				

Legenda Sensibile Mediamente sensibile Resistente

(1) PI=pre- emergenza; POST=post-emergenza

Tabella 3. Spettro d'azione dei graminicidi selettivi registrati al 25/9/2018 per le colture della fava, del favino, del cece e della lenticchia.

Sostanze attive	Cycloxydin (1)	Fluazifop-P-buthyl (2)	Propanaizafop (3)	Quizalofop-P-ethyl (1)
Graminacee				
<i>Alopecurus myosuroides</i>				
<i>Avena sterilis</i>				
<i>Bromus sterilis</i>				
<i>Lolium rigidum</i>				
<i>Phalaris</i> spp.				

Legenda **Sensibile** **Mediamente sensibile** **Resistente**

- (1) Su tutte le colture
 (2) Su fava
 (3) Su cece e lenticchia

Tabella 4. Sostanze attive erbicide non selettive registrate al 25/9/2018 per fava, favino, cece e lenticchia.

Sostanze attive	Modalità d'azione	Spettro d'azione	Colture ammesse (1)
Acido pelargonico	Topotossico	Largo	Fava
Diquat	Topotossico	Largo	Fava, cece e lenticchia
Glifosate	Sistemico	Largo	Fava, favino, cece e lenticchia

(*) *Diserbo pre-semina*

Pre-emergenza

- Aclonifen, metribuzin, pendimethalin: si possono utilizzare su tutti e quattro i legumi; il pendimethalin è disponibile anche in miscele a due vie già pronte, insieme all'imazamox o al pendimethalin.
- Clomazone: il suo impiego è consentito singolarmente solo nel favino, mentre anche nella fava è applicabile mediante una miscela precostituita con il pendimethalin.

Post-emergenza

- Bentazone: permesso solo su fava e favino, deve essere distribuito quando la coltura ha raggiunto lo stadio di 2-3 foglie vere (2° foglia intera-1° foglia trifogliata) e le infestanti dicotiledoni sono nei primi stadi di sviluppo.
- Imazamox: il limite per il suo utilizzo è fino a quando la coltivazione ha raggiunto al massimo la fase compresa tra 2-4 foglie vere e con le infestanti prima delle 2 foglie vere.
- Bentazone in miscela con imazamox: registrata solo su fava e favino, è da applicare fino al limite delle 2-3 foglie vere (2° foglia intera - 1° foglia trifogliata), evitando di trattare oltre la fase fenologica di formazione dei germogli laterali, e nelle prime fasi di crescita delle malerbe a foglia larga.
- Pyridate: è da usare fino a quando le infestanti dicotiledoni sensibili hanno raggiunto le 10 foglie.
- Cycloxydim e quizalofop-P-ethyl: impiegabili su tutte e quattro le colture, hanno nel loro spettro d'azione *A. sterilis*, *Alopecurus myosuroides* Huds., *Bromus sterilis* (L.) Nevski, *L. rigidum* e diverse specie di *Phalaris* spp..
- Fluazifop-P-buthyl: è autorizzato solo nella fava, in cui controlla le stesse specie del cycloxydim.
- Propaquizafop: elimina, solo nel cece e nella lenticchia, esclusivamente *A. sterilis*, e *Phalaris* spp.

Orobanche crenata

Una problematica, a tutt'oggi irrisolta, è quella rappresentata dalla più diffusa delle specie rientranti nel genere *Orobanche*, l'*Orobanche crenata* Forsk., chiamata volgarmente “sporchia delle fave”, ed anche “lupo di fave”, “succiamiele delle fave”, “erba toro”, “sparagione”, “brucialegumi”, “neca” e “coda di leone”; questa specie è capace di parassitizzare diverse leguminose, come la fava, il favino, il cece, la lenticchia ed altre. *O. crenata* è grandemente diffusa in una vasta fascia comprendente i Paesi Mediterranei e quelli dell'Asia centrale. La gravità della problematica ha portato gli agricoltori in molti di questi paesi, come pure in Italia, a rinunciare alla coltivazione dei legumi (Parker, 2009). In Italia è presente su quasi tutto il territorio nazionale, con l'eccezione della Val d'Aosta, del Piemonte, del Trentino Alto Adige e della Liguria (Pignatti, 1982); frequentissima in Puglia nell'area murgiana ed in Sicilia specialmente nelle aree cerealicole delle province di Enna e di Caltanissetta.

Principali aspetti bio-ecologici

Si tratta di una oloparassita, ossia di una specie interamente assoggettata all'ospite nell'assorbimento idrico-nutritzionale, in quanto non dotata di apparato radicale, né di capacità fotosintetica. Oltre e soprattutto al fatto che sono inesistenti efficienti mezzi di controllo, le capacità di espansione e sopravvivenza di questa parassita sono dovute ad alcune particolarità bio-ecologiche.

Principali caratteristiche biologiche

Una singola pianta è in grado di produrre anche oltre 250 mila semi, la cui vitalità si mantiene almeno fino a 9 anni (Linke e Saxena, 1991). Essendo parassita obbligata, ha la necessità di stabilire una connessione con la radice di una pianta ospite entro pochi giorni dalla germinazione del seme, che viene stimolata soltanto da sostanze specifiche (strigolattoni), prodotte appunto dalle radici della pianta ospite; perciò, il seme germina soltanto quando una radice “ospite” si trova nelle vicinanze. Il tutto ha bisogno di un ambiente umido (per diversi giorni) ed appropriate temperature, prima che il seme maturo diventi sensibile agli stimolanti, sensibilità che permane per diversi mesi. Qualora i semi si disidratino, rimangono quiescenti fino a quando non si presentano nuovamente le condizioni idonee per la germinazione. Le temperature ottimali per la germinazione sono fra 15 e 20°C, mentre temperature più elevate sono inibitorie. Questa combinazione di peculiarità consente ai semi un ciclo di germinabilità durante l'anno, che coincide solitamente con la fase in cui la pianta ospite è presente. Come per le altre specie infestanti, la disseminazione può essere di tipo naturale, attraverso l'acqua ed il vento in modo particolare, o dovuta a pratiche umane attraverso ad esempio le macchine agricole, se passano dalla lavorazione di un campo infestato ad uno adiacente non infestato. La dispersione dei semi è causata pure dal commercio locale, nazionale ed internazionale, di partite di sementi contaminate da semi della parassita. Il concime animale è un'altra fonte importante per l'infestazione; i semi, infatti, rimangono vitali anche dopo il passaggio attraverso l'apparato digerente degli animali (Goldwasser e Rodenburg, 2013).

Piante ospiti

O. crenata ha uno spettro di ospiti moderatamente ampio, tra cui maggiormente specie delle *Fabaceae*, come fava, favino, lenticchia e pisello.

Ricerche sulle possibilità di controllo

Tra le ricerche concernenti questa parassita, vi sono esperienze eseguite con approcci di tipo fisico, biologico, genetico, ecc.; di seguito sono riportati i risultati di alcune di quelle che hanno riguardato le pratiche agronomiche e gli erbicidi.

Pratiche agronomiche

La semina ritardata è stata oggetto dei lavori di Rubiales et al., (2003), Rubiales et al., (2006 e 2009 e Grenz et al., (2005), i quali hanno concluso che la dilazione nella semina implica una fase più breve di formazione dei baccelli e quindi una resa di molto inferiore. Tra le modalità di coltivazione del terreno, secondo Ghera e Martínez-Ghera (2000), il “minimum tillage” può ridurre la quantità di semi incorporati nel terreno, come anche la “non lavorazione”; utile l’aratura profonda che trasportando i semi in profondità, ne ostacola la nascita, a causa della mancanza di ossigeno. Un altro metodo con buone possibilità è la consociazione, come la coltivazione di adeguate colture intercalari; Fernández-Aparicio et al., (2007 e 2010) hanno accertato che intervallando alle leguminose l’avena, il fieno greco o il trifoglio alessandrino viene diminuita la seed bank dell’*O. crenata*, in virtù dell’azione allelopatica estrinsecata da tali specie.

La solarizzazione (Sauerborn, 1989a; Sahile et al., 2005) e la pacciamatura (Mauromicale et al., 2001), pur riuscendo a dare ottimi risultati, sono improponibili per le colture da pieno campo.

Erbicidi

Il controllo chimico è stato testato impiegando diserbanti, soprattutto all’estero. Buoni risultati sono stati ottenuti con glyphosate a basse dosi nella fava e nella lenticchia da Mesa-García e García-Torres (1985) e Sauerborn et al. (1989b) e con solfoniluree da Joel et al., (2007). Diversi altri studi sono stati fatti con erbicidi rientranti tra gli imidazolinoni; in quello di Jurado-Expósito et al., (1986) la lenticchia ha ben tollerato trattamenti fatti in pre e post-emergenza. In prove di García-Torres e López-Granados (1991), la fava non ha subito conseguenze con imazapyr ed imazethapyr in pre-emergenza ed con imazapyr, imazethapyr ed imazaquin in post-emergenza. In sperimentazioni eseguite da Jurado-Expósito et al. (1997), la lenticchia ha retto senza problemi imazapyr ed imazethapyr in pre-emergenza, ed imazaquin in post-emergenza. Bayaa et al., (2000) suggeriscono due applicazioni post-emergenza di imazapic; gli autori segnalano, però, anche fenomeni di fitotossicità nel caso si verificano piogge, basse temperature e stress termici, ed in funzione della cultivar utilizzata.

Tra le esperienze italiane nella fava, vi sono quelle di Miccolis e Bianco (1984 e 1986) che hanno avuto buoni esiti usando il glyphosate all’inizio della fioritura della leguminosa; Miccolis e

Montemurro (1992) hanno provato imazaquin e di imazethapir alla comparsa dei primi fiori della fava, ottenendo un buon controllo della parassita, ma con una certa fitotossicità.

Possibilità di controllo

Attualmente, la problematica dell'*O. crenata* è irrisolvibile in modo sufficiente; si possono praticare solo metodi di tipo preventivo e riduttivo, i primi per evitare l'insediamento nei campi non ancora interessati della parassita, i secondi per ridurre la seed bank.

Metodi preventivi e riduttivi

Per prevenire nuove infestazioni e/o limitarne la diffusione si dovrebbero adottare le seguenti misure:

- a) procurare le sementi solo da fonti certificate come esenti da semi della parassita; lavare bene i veicoli, le macchine agricole e gli attrezzi che hanno lavorato in campi già infestati;
- b) utilizzare letame libero da semi della parassita (Goldwasser, Rodenburg (2013)).
- c) nei campi infestati per la prima volta, eseguire un'aratura sufficientemente profonda di almeno 40 cm e con buon ribaltamento delle fette, tale da portare in profondità i semi della sporchia; successivamente, però, nelle colture in successione si devono eseguire lavorazioni superficiali, allo scopo ovvio di non riportare in superficie i semi della parassita;

Quando l'infestazione si è già inserita nei campi, considerata la lunga vitalità dei semi, è invece inutile fare affidamento sull'avvicendamento colturale o sull'alternanza di lavorazioni del terreno a profondità diversificate.

Conclusioni

Nella fava e nel favino sono abbastanza concrete le possibilità di effettuare un buon controllo delle malerbe, grazie alle molecole erbicide selettive disponibili. È però indispensabile prevedere innanzitutto un intervento in pre-emergenza, adoperando anche a miscele a due vie, in cui, nella generalità dei casi, è utile la presenza del metribuzin; l'impiego di quest'ultimo, in possesso dello spettro d'azione più ampio, è tra l'altro molto valido per ridurre le nascite della *L. speculum-veneris*. Anche il trattamento in post è quasi sempre anch'esso obbligatorio, con un ricorso molto frequente al bentazone, in grado di eliminare diverse delle specie sfuggite ai prodotti di pre. Di molto inferiori sono le possibilità per il cece e la lenticchia, data la ristrettezza del numero di erbicidi disponibili per il pre-emergenza e la disponibilità del solo pyridate da impiegare dopo la nascita della coltura, che per quanto con uno spettro d'azione molto limitato, consente di eliminare gli inerbimenti della *L. speculum-veneris*. Il ricorso ai graminicidi è d'obbligo in qualunque delle colture, naturalmente aggiunto ad uno o più delle molecole di post.

Vi sono, però, in alcuni areali delle problematiche di diverso tipo che dipendono dal quadro floristico. *Cirsium arvense* (L.) Scop., *S. pecten-veneris* e *Bifora* spp., ad esempio, sono resistenti a tutti i diserbanti utilizzabili in questi legumi, per cui il problema deve essere affrontato nelle colture in successione come il frumento, in cui sono impiegabili erbicidi molto efficaci contro queste specie. Riguardo al fenomeno della resistenza, la coltivazione di queste leguminose costituisce un'importante opportunità per evitare l'insorgenza del problema, anche se esclusivamente nelle popolazioni di malerbe a foglia larga, grazie al possibile utilizzo di sostanze attive con meccanismi d'azione differenti da quelli impiegati soprattutto nei cereali; inoltre, l'impiego delle molecole utilizzabili nelle leguminose può contribuire a ridurre la presenza delle popolazioni di *P. rhoeas* e di *S. arvensis* nelle zone interessate; differente è, invece, la situazione delle graminacee diventate resistenti, in quanto i graminicidi disponibili posseggono le stesse modalità utilizzate sia nei cereali che nelle colture a foglia larga. Naturalmente, è sempre valido il concetto di gestire anche il diserbo di queste leguminose progettando dei programmi di tipo integrato che contemplino per quanto possibile l'utilizzo di molecole erbicide a diverso meccanismo d'azione, come pure deve essere considerata l'opportunità di adottare la falsa semina, pratica consigliabile nelle aree in cui si è già insediata la resistenza, ricorrendo ad erbicidi ad azione totale; ancora, nella sola fava, l'integrazione può benissimo prevedere anche l'effettuazione di una sarchiatura interfilare, data appunto la distanza tra le file a cui viene seminata.

Relativamente alla sporchia, allo stato attuale il problema è irrisolvibile; si può solo evitare di farlo aggravare, adottando quelle poche pratiche di tipo preventivo. Per il futuro sono ipotizzabili alcune soluzioni, tra le quali la messa a punto di diserbanti efficaci e selettivi e l'individuazione di sostanze naturali utili allo scopo, come è avvenuto per la *Phelipanche ramosa* (L.) Pomel., per controllare la quale nelle coltivazioni di pomodoro sono rispettivamente disponibili il rimsulfuron ed un prodotto denominato Orodem. Anche la scoperta di varietà di legumi transgeniche resistenti agli erbicidi potrebbe costituire una valida soluzione, naturalmente se verranno superati, come in altre nazioni, gli aspetti normativi a livello europeo in generale, ed in Italia in modo particolare; tra l'altro, si otterrebbe contemporaneamente anche il controllo delle piante infestanti. Restando nel campo varietale, ottimale sarebbe la selezione di quelle cultivar di legumi capaci di "sfuggire" alla parassitizzazione in virtù di un apparato radicale che non produce stimolanti della germinazione dei semi dell'orobanche. In conclusione, in assenza di soluzioni efficaci, nei campi fortemente infestati gli agricoltori sono indotti a non coltivare le leguminose oppure nel caso decidono di coltivarli ad ottenendo solo un non remunerativo sovescio.

Bibliografia

- Bayaa B., El-Hosseini N., Erskine W. (2000). Attractive but deadly. ICARDA Caravan 12:16.
- Bianco VV, Miccolis V (1986). Effetti del Glyphosate applicato in epoche diverse sull'orobanche della fava. In: *ATTI Giornate Fitopatologiche* 3, 161-172.
- Covarelli G, Bianchi AA (1979). Risultati di prove di favino. Rivista Agronomia. XII, 1, 231-236.
- Fabbri M (2015). Pluriennali esperienze sperimentali di strategie per il controllo chimico delle infestanti nelle colture minori. *ATTI SIRFI*, 119-161.
- Fernández-Aparicio M, Emeran AA, Rubiales D (2010). Intercropping with berseem clover (*Trifolium alexandrinum*) reduces infection by *Orobanche crenata* in legumes. Crop Protection 29:867-871.
- García-Torres L, López-Granados F (1991). Control of broomrape (*Orobanche crenata* Forsk.) in broad bean (*Vicia faba* L.) with imidazolinones and other herbicides. *Weed Research*, 31:227-235.
- Geminiani E, Campagna G (2014). Valutazione della selettività e dell'attività erbicida di miscele a base di metribuzin su colture orticole. *ATTI Giornate Fitopatologiche*, 1, 423-430.
- Ghersa CM, Martínez-Ghersa MA (2000). Ecological weed seed size and persistence in the soil under different tilling systems: implications for weed management. *Field Crops Res* 67:141-148.
- Goldwasser Y, Rodenburg J (2013). Integrated agronomic management of parasitic weed seed banks, 393-413. In: *Parasitic Orobanchaceae: Parasitic Mechanisms and Control Strategies*. D. M. Joel, J. Gressel, and L. J. Musselman, eds. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Grenz JH, Manschadi AM, Uygur FN, Sauerborn J (2005). Effects of environment and sowing date on the competition between faba bean (*Vicia faba*) and the parasitic weed *Orobanche crenata*. *Field Crops Research*, 93:300-313.
- Joel DM, Hershenhorn J, Eizenberg H, Aly R, Ejeta G, Rich PJ, Ransom JK, Sauerborn J, Rubiales D (2007). Biology and management of weedy root parasites. *Horticultural Review*, 33:267-349.
- Jurado-Expósito M, García-Torres L, Castejón-Muñoz M (1997). Broad bean and lentil seed treatments with imidazolinones for the control of broomrape (*Orobanche crenata*). *J. Agric. Sci.* 129:307-314.
- Linke KH, Saxena MC (1991). Toward an integrated control of *Orobanche* spp. in some legume crops. In *Proceedings International Workshop on Orobanche Research* (Eds: Wegmann K, Musselman LJ, Obermarchtal, Germany, 248-256.
- Miccolis V, Bianco VV (1984). Ulteriori ricerche sugli effetti dei diserbanti e della sarchiatura nella coltura della fava da consumo fresco. *ATTI Giornate Fitopatologiche*, 3, 121-134.
- Miccolis V, Damato G, Bianco VV (1982). Influenza del diserbo chimico e della sarchiatura nella coltura della fava da consumo fresco. *ATTI Giornate Fitopatologiche*, 3, 468-478.
- Miccolis V, Montemurro P (1992). Imazaquin ed izamethapyr nel controllo dell'*Orobanche crenata* Forssk. nella fava da orto. *ATTI Giornate Fitopatologiche*, 3, 71-78.
- Montemurro P (1995). Geografia delle infestanti. *Terra e Vita*, 36, 34, 74-79.
- Montemurro P (2000). L'indetikit della flora infestante. *Terra e Vita*, 36, 45-49.
- Montemurro P. (2009). Le variazioni nella flora infestante del grano duro in Basilicata e Puglia. *Inf. Fitopat. suppl. n. 3, Terra e Vita*, 8-13.
- Montemurro P, Cazzato E, Destefani G, Guastamacchia F (2015). Situazione malerbologica nelle colture minori nell'Italia centro-meridionale. *Atti SIRFI*, 47-59.

- Montemurro P, Viggiani P (1998). Tutte le malerbe del frumento al Sud. *Terra e Vita*, 39, 4, 55-60.
- Montemurro P, Viggiani P (2004). Le “nuove specie infestanti delle colture a ciclo autunno-vernino e le modalità per il loro controllo. *Atti XIV SIRFI*, 1-45.
- Montemurro P, Viggiani P, Fracchiolla M (2000). La flora di sostituzione nei cereali autunno-vernini: la situazione in Italia. *Informatore Fitopatologico*, 50, 7/8, 5-16.
- Paolini R, Colla G, Saccardo F, Campiglia E (2003). The influence of crop plant density on the efficacy of mechanical and reduced-rate chemical weed control in lentil (*Lens culinaris* Medik.). *Italian Journal Agronomy*, 7, 2 85-94.
- Parker C (2009). Observations on the current status of *Orobanche* and *Striga* problems worldwide. *Pest Management Science*, 65, 453-459.
- Rubiales D, Alcántara C, Pérez-de-Luque A, Gil J, Sillero JC (2003a). Infection of chickpea (*Cicer arietinum*) by crenate broomrape (*Orobanche crenata*) as influenced by sowing date and weather conditions. *Agronomie*, 23:359-362.
- Rubiales D, Fernández-Aparicio M, Pérez-De-Luque A, Prats E, Castillejo MA, Sillero JC, Rispaill N, Fondevilla S (2009a). Breeding approaches for crenate broomrape (*Orobanche crenata* Forsk.) management in pea (*Pisum sativum* L.). *Pest Management Science*, 65: 553-559.
- Rubiales D, Fernandez-Aparicion M, Wegmann K, Joel DM (2009). Revisiting strategies for reducing the seedbank of *Orobanche* and *Phelipanche* spp. *Weed Research*, 49 (Suppl. 1), 23-33.
- Rubiales D, Pérez-de-Luque A, Cubero JI, Sillero JC. (2003b). Crenate broomrape (*Orobanche crenata*) infection in field pea cultivars. *Crop Protection*, 22:865-872.
- Rubiales D, Pérez-de-Luque A, Fernández-Aparicio M, Sillero JC, Román B, Kharrat M, Khalil S, Joel DM, Riches C (2006). Screening techniques and sources of resistance against parasitic weeds in grain legumes. *Euphytica*, 147: 187-199.
- Sahile G, Abebe G, Al-Tawaha AR (2005). Effect of soil solarization on *Orobanche* soil seed bank and tomato yield in Central Rift Valley of Ethiopia. *World Journal of Agricultural Sciences*, 1, 143-147.
- Sauerborn J, Linke KH, Saxena MC, Koch W (1989)a. Solarization, a physical control method for weeds and parasitic plants (*Orobanche* spp.). *Mediterranean agriculture*. Weed Res 29:391-393.
- Sauerborn J, Saxena MC, Meyer A (1989)b. Broomrape control in faba bean (*Vicia faba* L.) with glyphosate and imazaquin. *Weed Research*, 29, 97-102.
- Viggiani P, Baldoni G, Montemurro P (1998). Indagine sulla flora infestante il pomodoro da industria in alcuni ambienti italiani. *Atti SIRFI*, 241-261.
- Viggiani P, Montemurro P (1998). Analisi fitosociologiche di comunità di erbe infestanti. *Rivista Agronomia*, 32, 161-171.

GESTIONE DELLE INFESTANTI NEI FRUTTIFERI: VITE, OLIVO E ALTRE COLTURE ARBOREE

LODDO D.¹, ALLEGRI A.², BARTOLINI D.³, SATTIN M.¹

1. CNR IBAF

2. Consorzio Agrario di Ravenna

3. Terremerse Soc. Coop.

E-mail: donato.loddo@ibaf.cnr.it

Riassunto

Il glifosate rappresenta il principale strumento per il controllo delle infestanti nei fruttiferi, ma il suo utilizzo esclusivo ha determinato la selezione delle specie meno suscettibili e di infestanti resistenti. Inoltre sono stati sollevati allarmi sulla presunta tossicità e pericolosità ambientale, quindi è stato auspicato da molti la riduzione dell'uso di questa molecola. Nel presente testo sono descritti i possibili erbicidi alternativi ed i metodi di controllo non-chimici evidenziandone le caratteristiche e le limitazioni tecniche. Una strategia di diserbo alternativa deve basarsi sull'integrazione di erbicidi residuali e di post-emergenza, con distribuzione limitata alla fila della coltura per ridurre l'impatto ambientale. Gli unici strumenti non chimici efficaci disponibili sono le lavorazioni superficiali o trinciature/sfalci. Questo tipo di gestione non è però fattibile nei frutteti o vigneti ad alta densità. La sostituzione del glifosate comporta un maggiore carico di lavoro e un inevitabile aumento di costi e richiede una maggiore competenza e attenzione da parte dei tecnici che dovranno stabilire uno specifico piano di gestione in base alle infestanti presenti.

Parole chiave

Frutteti; Vigneti; Glifosate; Controllo delle infestanti; Metodi di controllo non-chimici.

Summary

Glyphosate is the main weed control tool in orchards; however the excessive reliance on this herbicide has led to the selection of the less susceptible species and the evolution of resistant weed biotypes. Concerns have been raised on the risks for human health related to glyphosate and a strong reduction of its use has been demanded. Alternative herbicides and non-chemical control tools are described here with a focus on their technical characteristics and limitations. Alternative chemical management should be based on the integration of pre- and post-emergence herbicides, adopting band application along the crop row to reduce environmental impact. The only non-chemical effective control tools are soil tillage and mowing, however these operations are hardly practicable in high density orchards. The replacement of glyphosate entails an increase of labour demand and costs as well as a greater awareness and expertise for designing specific management strategies based on local weed flora.

Keywords

Orchards; Vineyards; Glyphosate; Weed control; Non-chemical control.

Introduzione

Il glifosate ha rappresentato negli ultimi decenni il principale strumento per il controllo delle infestanti nelle colture arboree. La sua flessibilità di impiego e l'ampio spettro di azione, insieme al costo relativamente basso, hanno notevolmente semplificato le strategie di gestione, permettendo anche di ridurre o eliminare le lavorazioni del suolo in molti sistemi colturali arborei, con notevoli benefici economici, operativi e ambientali come il miglioramento della qualità del suolo (Castellini et al 2013). Il ricorso al solo glifosate per il controllo delle infestanti ha però determinato un'eccessiva e costante pressione di selezione sulla flora infestante, determinando nel corso degli anni la diffusione di specie meno sensibili come la malva e l'evoluzione di biotipi resistenti. Negli ultimi dieci anni trascorsi dalle prime segnalazioni di popolazioni di *Lolium rigidum* resistenti a glifosate negli oliveti pugliesi e nei vigneti del Piemonte (Collavo e Sattin 2012), la diffusione territoriale del problema è molto aumentata interessando oliveti, vigneti, agrumeti e altri frutteti dalla Sicilia al Nord Italia. Oltre a *L. rigidum*, sono state recentemente individuate popolazioni resistenti di *Conyza* sp. (GIRE 2018). In alcune aree, come gli oliveti salentini, la diffusione di popolazioni di *Lolium* sp. resistenti ha raggiunto una dimensione tale da rendere non più sostenibile la gestione delle infestanti basata sul solo uso di glifosate. In generale, nella maggior parte dei sistemi colturali arborei esiste un rischio concreto di assistere in tempi relativamente brevi alla perdita di efficacia del glifosate nei confronti di alcune infestanti chiave e questo rende auspicabile un cambiamento delle strategie di gestione delle infestanti.

Parallelamente sono stati sollevati dubbi e allarmi sulla presunta tossicità e pericolosità ambientale del glifosate come conseguenza della diffusa contaminazione delle acque superficiali individuata in Lombardia nel 2011-2012 (ISPRA 2014) e della sua classificazione come probabile cancerogeno per gli umani da parte della IARC (Guyton et al 2015). Queste informazioni, nonostante la successiva presa di posizione da parte della EFSA (European Food Safety Authority) che ha escluso l'esistenza di prove sufficienti della pericolosità del glifosate come cancerogeno o interferente del sistema endocrino (EFSA 2015, 2017), hanno avuto un forte impatto nell'opinione pubblica e vari enti regolatori, come Regioni o Consorzi, hanno attivato percorsi finalizzati all'eliminazione o la riduzione dell'uso di questa molecola nelle colture arboree.

Attualmente non esiste un erbicida alternativo che abbia le stesse caratteristiche di flessibilità d'impiego e ampio spettro di azione anche contro le specie perenni del glifosate. Un eventuale abbandono o forte limitazione dell'uso di questo erbicida comporta necessariamente una modifica delle strategie di gestione delle infestanti con l'introduzione di erbicidi alternativi e/o di mezzi di controllo meccanici, fisici o colturali con potenziali ricadute negative in termini economici, ambientali e gestionali se questo cambiamento non viene fondato su solide basi scientifiche.

Obiettivo di questo lavoro è quindi di descrivere le principali alternative al glifosate attualmente disponibili per il controllo delle infestanti nelle colture arboree, prendendo in considerazione gli erbicidi alternativi ma anche i metodi di controllo non-chimici evidenziandone le eventuali limitazioni tecniche e le implicazioni collegate alla loro adozione. Questa trattazione non potrà essere esaustiva delle singole colture arboree e specifiche forme di allevamento locali, piuttosto cercherà di evidenziare le caratteristiche e le problematiche più generali e trasversali relative alle principali alternative al glifosate. Questa valutazione sarà fatta tenendo di conto che, per quanto riguarda la gestione della flora infestante, una coltura arborea è in realtà costituita da due situazioni molto diverse cioè lo spazio lungo il filare della coltura che si trova quindi sotto la chioma degli alberi (la fila) e lo spazio tra i filari (l'interfilare). La gestione di queste due situazioni spesso richiede interventi molto diversi, soprattutto nel caso di colture arboree ad elevata densità e con ridotta distanza tra le piante lungo il filare. La fascia lunga la fila della coltura rappresenta la parte dove il controllo delle infestanti è più difficile e più importante allo stesso tempo, poiché le malerbe che si sviluppano in questa zona possono competere direttamente con la coltura e provocare impedimenti per lo svolgimento delle operazioni colturali. Lo spazio dell'interfilare invece viene gestito in molti sistemi colturali mediante inerbimento permanente per garantire portanza alle trattrici per i numerosi interventi fitosanitari. La larghezza minima di questa zona inerbita è quindi spesso stabilita in base alle dimensioni delle trattrici. In alcuni ambienti dove esiste il rischio di carenza idrica per la coltura può essere vantaggioso lavorare l'interfilare o mantenerlo privo di vegetazione almeno per alcuni periodi dell'anno mediante l'applicazione di erbicidi.

Controllo chimico

Nel panorama degli erbicidi attualmente registrati per le colture arboree non si trova una molecola con le stesse caratteristiche tecniche e efficacia del glifosate. Un abbandono del suo uso comporta quindi necessariamente un cambio della classica strategia di diserbo chimico dei fruttiferi, al momento basata nella maggior parte dei casi su 2-3 interventi in post-emergenza su infestanti sviluppate per sfruttare l'effetto pacciamatura dei residui. Sarà necessario adottare piani di diserbo più complessi con l'integrazione di erbicidi di pre-emergenza residuali, post-emergenza sistemici e dissecanti. I prossimi paragrafi affronteranno le diverse tipologie di erbicidi, evidenziando le molecole riportate nella lista dei candidati alla sostituzione e quindi a rischio di revoca, e individueranno alcune ipotesi di combinazioni.

Partendo dagli erbicidi residuali di pre-emergenza, sette molecole sono attualmente registrate per le colture arboree (Tabella 1) e commercializzate anche in miscela tra di loro. Sono caratterizzate da diversi meccanismi di azione ma occorre evidenziare che circa la metà sono tra i candidati alla

sostituzione. In generale gli erbicidi di pre-emergenza hanno un'efficacia migliore se utilizzati nel periodo autunno-invernale o inizio primavera perché necessita di umidità nel terreno per agire.

Tabella 1. Erbicidi di pre-emergenza residuali attualmente registrati per le colture arboree in Italia.

Principio attivo ¹	Tipo	Meccanismo di azione	Gruppo HRAC	Azione prevalente ²
florasulam	Pre	inibitore ALS	B	D
penoxsulam	Pre	inibitore ALS	B	D
oxifluorfen	Pre	inibitore PPO	E	D
oxadiazon	Pre	inibitore PPO	E	DG
pendimetalin	Pre	inibitore ass. microtubuli	K1	DG
oryzalin	Pre	inibitore ass. microtubuli	K1	DG
isoxaben	Pre	inibitore sintesi parete cellulare	L	D

1: Sono riportati in rosso i principi attivi inseriti nella lista dei candidati alla sostituzione.

2: Viene indicata l'azione prevalente nei confronti di infestanti dicotiledoni (D), graminacee (G) o entrambe (DG).

L'utilizzo più comune prevede una distribuzione localizzata lungo la fila cioè sotto la chioma della coltura mentre un'applicazione a pieno campo è meno raccomandata al fine di ridurre l'impatto ambientale del trattamento. Occorre evidenziare che la presenza di residui vegetali come foglie o copertura vegetale sulla superficie del terreno potrebbe ridurre l'efficacia di questi erbicidi che quindi andranno inseriti in una strategia con altri prodotti in grado di eliminare la flora infestante già sviluppata. Inoltre questi erbicidi non sono attivi sulle infestanti perenni stolonifere o rizomatose.

Esiste poi un gruppo di erbicidi con azione residuale che sono anche attivi sulle infestanti nei primi stadi di crescita e questo permette un loro utilizzo anche in post-emergenza precoce. Attualmente solo quattro molecole, di cui due nella lista dei candidati alla sostituzione, di questa tipologia sono registrate per le colture arboree (Tabella 2). Hanno caratteristiche tecniche molto simili ai classici pre-emergenza e lo stesso posizionamento all'interno della strategia di diserbo, ma con la maggiore flessibilità di riuscire a controllare anche le plantule delle infestanti. La loro efficacia però non è garantita se sono utilizzati con infestanti che hanno superato lo stadio di plantula.

Tabella 2. Erbicidi di pre-emergenza residuali con possibilità di impiego anche in post-emergenza precoce attualmente registrati per le colture arboree in Italia.

Principio attivo ¹	Tipo	Meccanismo di azione	Gruppo HRAC	Azione prevalente ²
flazasulfuron	Pre + Post	inibitore ALS	B	DG
clortoluron	Pre + Post	inibitore fotosistema II	C2	DG
diflufenican	Pre + Post	inibitore PDS	F1	DG
propizamide	Pre + Post	inibitore ass. microtubuli	K1	DG

1: Sono riportati in rosso i principi attivi inseriti nella lista dei candidati alla sostituzione.

2: Viene indicata l'azione prevalente nei confronti di infestanti dicotiledoni (D), graminacee (G) o entrambe (DG).

Passando alla categoria degli erbicidi di post-emergenza con azione sistemica, possono essere individuati due principali gruppi di molecole (Tabella 3): gli inibitori ACCasi con azione graminicida e gli ormonici ad azione dicotiledonica, a cui si aggiunge nel caso dell'olivo il tribenuron. Nessuna di queste molecole garantisce un controllo simultaneo di graminacee e dicotiledoni, però sono attive anche nei confronti di alcune perenni. Sono tutti erbicidi ad assorbimento fogliare da applicare su infestanti nelle fasi iniziali di sviluppo (max 4-6 foglie vere per le dicotiledoni, accestimento per le graminacee) quindi occorre scegliere con cura il momento dell'applicazione in base ai periodi di emergenza delle malerbe. Trattare con infestanti troppo cresciute può ridurre l'efficacia di controllo ma anche aumentare il rischio dell'evoluzione di resistenza agli erbicidi perché corrisponde in pratica ad utilizzare una dose inferiore a quella raccomandata. Infine, è necessario adottare accorgimenti durante la distribuzione per evitare di bagnare le foglie della coltura perché in particolare gli ormonici potrebbero essere fitotossici.

Tabella 3. Erbicidi di post-emergenza sistemici attualmente registrati per le colture arboree in Italia.

Principio attivo ¹	Tipo	Meccanismo di azione	Gruppo HRAC	Azione prevalente ²
propaquizafop	Post sistemico	inibitore ACCasi	A	G
quizalofop-P-etile	Post sistemico	inibitore ACCasi	A	G
cycloxydim	Post sistemico	inibitore ACCasi	A	G
tribenuron	Post sistemico	inibitore ALS	B	D
fluroxipir	Post sistemico	auxino simile	O	D
dicamba	Post sistemico	auxino simile	O	D
MCPA	Post sistemico	auxino simile	O	D

1: Sono riportati in rosso i principi attivi inseriti nella lista dei candidati alla sostituzione.

2: Viene indicata l'azione prevalente nei confronti di infestanti dicotiledoni (D), graminacee (G) o entrambe (DG).

Infine c'è la categoria dei dissecanti, cioè erbicidi con azione di contatto non sistemici. Attualmente quattro molecole di questa tipologia di erbicidi sono autorizzate ma una, il diquat, è tra i candidati alla sostituzione (Tabella 4). Appartiene a questa categoria anche l'acido pelargonico, un erbicida di origine naturale introdotto recentemente nel mercato, che finora ha avuto una scarsa diffusione a causa dell'elevata dose necessaria per ottenere un controllo soddisfacente delle malerbe e del conseguente costo elevato dell'intervento. I dissecanti in generale distruggono velocemente i tessuti colpiti, eliminando anche infestanti di notevoli dimensioni, ma non essendo traslocati all'interno della pianta non riescono a colpire organi sotterranei come gemme, radici, rizomi, stoloni o tuberi. Hanno quindi un'efficacia solo transitoria nei confronti delle specie perenni e di quelle in grado di ricacciare da gemme alla base del colletto. Possono trovare un utilizzo interessante in applicazioni autunnali in combinazione con erbicidi di pre-emergenza: in questo modo i dissecanti controllano le piante presenti al momento del diserbo e i residuali impediscono l'emergenza di nuove infestanti nelle settimane successive.

Tabella 4. Erbicidi dissecanti attualmente registrati per le colture arboree in Italia.

Principio attivo ¹	Tipo	Meccanismo di azione	Gruppo HRAC	Azione prevalente ²
diquat	Post dissecante	PSI-deviazione elettroni	D	DG
pyraflufen	Post dissecante	inibitore PPO	E	D
carfentrazone	Post dissecante	inibitore PPO	E	D
ac. pelargonico	Post dissecante	Caustico	Z	DG

1: Sono riportati in rosso i principi attivi inseriti nella lista dei candidati alla sostituzione.

2: Viene indicata l'azione prevalente nei confronti di infestanti dicotiledoni (D), graminacee (G) o entrambe (DG).

Le strategie di diserbo chimico senza glifosate dovranno quindi prevedere l'integrazione di diverse tipologie di erbicidi, scelti in base alla flora infestante presente e ruotando i meccanismi di azione per ridurre il rischio di evoluzione di resistenza. Una strategia efficace potrebbe prevedere la distribuzione autunnale dopo la raccolta della coltura di una miscela di erbicidi residuali e fogliari, per controllare la vegetazione presente e impedire nuove germinazioni nei mesi successivi, seguita in primavera-estate da applicazioni di erbicidi di post-emergenza scelti in base alle specie infestanti presenti. In particolare nel caso di infestanti perenni come convolvolo, sorghetta o gramigna diventa necessario ricorrere all'utilizzo di post-emergenza sistemici specifici. Per ridurre i costi di gestione e l'impatto ambientale, sarà opportuno limitare progressivamente il controllo chimico alla sola gestione delle infestanti lungo la fila della coltura e adottare altri mezzi per la gestione dell'interfila. La

distribuzione degli erbicidi unicamente in una fascia di una certa ampiezza sotto la chioma della coltura permette di ridurre notevolmente la dose di erbicidi applicata per ettaro. Questo approccio non è proponibile però in quei sistemi colturali non irrigui caratterizzati da una carenza idrica stagionale e che quindi necessitano di mantenere il suolo privo di infestanti per alcuni mesi per evitare la loro competizione con la coltura. In questi casi si potrebbe procedere con la distribuzione di erbicidi residuali in occasione dei periodi piovosi per limitare l'emergenza delle infestanti, seguiti poi da eventuali interventi in post-emergenza soprattutto per controllare eventuali perenni. In qualsiasi caso, è importante non basare la strategia di diserbo chimica principalmente su molecole inserite tra quelle candidate alla sostituzione poiché la loro disponibilità futura non è certa, inoltre il loro utilizzo è spesso limitato o proibito dai Disciplinari di Produzione Integrata o Consorzi di produttori.

Controllo non chimico

Vari mezzi di controllo non chimico delle infestanti sono stati messi a punto e studiati, soprattutto a partire dalle esperienze di produzione biologica e integrata. Il mezzo di controllo non chimico più tradizionale è il controllo meccanico basato sulle lavorazioni del terreno che possono essere effettuate facilmente nell'interfila ma anche lungo la fila delle colture arboree grazie a specifici macchinari con tastatori e bracci rientranti. Le lavorazioni meccaniche possono essere molto efficaci nel controllo delle infestanti (Shrestha et al 2013), soprattutto se effettuate con le giuste condizioni del suolo, ma possono avere effetti negativi dal punto di vista economico e ambientale per il maggior consumo di combustibili fossili, un peggioramento della qualità del suolo e un maggior rischio di erosione (Soriano et al 2014, Keesstra et al 2016). La gestione delle infestanti basata quindi sulle sole lavorazioni del suolo dell'intera superficie potrebbe essere gravosa dal punto di vista operativo ed economico e non positiva dal punto di vista ambientale. Inoltre le lavorazioni del suolo potrebbero favorire la diffusione delle specie perenni attraverso la frammentazione degli organi di riproduzione sotterranei (Berti e Sattin 1993, Baumgartner et al 2007). La seconda tipologia principale di controllo meccanico è lo sfalcio o trinciatura delle infestanti, pratica che sicuramente ha un miglior effetto sul suolo rispetto alle lavorazioni (Soriano et al 2014) ma che non è facilmente adottabile come unico strumento di controllo delle malerbe nelle colture arboree, specialmente in terreni con molto scheletro e/o massi affioranti. Sono necessari infatti interventi ripetuti ed è molto difficile limitare la competizione delle piante infestanti per l'acqua e i nutrienti nei confronti della coltura (Hammermeister 2016). Si tratta quindi di una tecnica adatta soprattutto per la gestione del cotico erboso nell'interfila e in condizioni di buona fertilità e disponibilità idrica. La gestione meccanica con lavorazioni del suolo o trinciatura della fila inoltre è poco praticabile nei frutteti ad alta densità a causa della ridotta distanza tra le piante, l'uso di portainnesti deboli, la presenza degli apparati radicali

di fatto sopra il piano di campagna e con impianti di irrigazione interrati lungo la fila della coltura. In sistemi colturali con queste caratteristiche il passaggio da una gestione delle infestanti lungo la fila basata sul glifosate ad una basata sulle lavorazioni del suolo richiederebbe una modifica del sesto di impianto e del sistema di irrigazione, con costi non sostenibili.

Un altro strumento per il controllo non chimico delle infestanti è rappresentato dalle colture di copertura (cover crops): negli ultimi anni sono state condotte molte ricerche in varie colture arboree e climi distinti, provando diverse specie o miscugli di cover crops, ma i risultati sono stati spesso variabili. È possibile ottenere un buon controllo delle infestanti, un miglioramento delle qualità del suolo e una competizione con la coltura ma questo richiede una scelta accurata della cover crop e della sua gestione in base alle specifiche condizioni colturali e climatiche (Tworkoski e Glenn 2012, Mauro et al 2015, Tursun et al 2018). Questo obiettivo rimane difficile perché le caratteristiche che rendono una cover crop molto efficace nel controllare le infestanti, cioè sviluppo veloce, buona copertura del suolo e produzione elevata di biomassa, sono le stesse che determinano la sua maggiore competitività nei confronti della coltura. L'utilizzo della cover su tutta la superficie è quindi da limitare a condizioni di elevata fertilità e disponibilità idrica oppure ai periodi dell'anno in cui il rischio di competizione con la coltura è minimo. L'uso di una cover crop permanente può rappresentare invece un efficace sistema per la gestione dell'inerbimento del solo interfila.

Una tecnica specifica per la gestione delle infestanti lunga la fila delle colture arboree è rappresentata dalla pacciamatura, ottenuta mediante l'uso di teli di varia natura oppure con la distribuzione di materiale di vario tipo come paglia, segatura, corteccia. In questo ultimo caso si definisce "dead mulch". Un'esaustiva trattazione di questo argomento è stata recentemente effettuata da Hammermeister (2016) a cui si rimanda per informazioni più dettagliate e specifiche, mentre in questo testo è opportuno soffermarsi sugli aspetti principali. I teli pacciamanti possono essere in vari materiali come plastica, carta, tessuto, biodegradabili o meno e generalmente riescono ad ottenere un buon controllo delle infestanti soprattutto nei primi anni dalla loro installazione. Possono essere installati solamente al momento dell'impianto della coltura arborea e la loro durata è molto importante in quanto determina la convenienza economica del loro utilizzo (Ingels et al 2013). La loro presenza può ostacolare alcune operazioni colturali come la concimazione e bisogna tener conto che sono necessarie operazioni di recupero e smaltimento, con relativi costi, nel caso non siano teli biodegradabili. Infine, occorre evidenziare che alcune infestanti perenni come i *Cyperus* possono forare i teli pacciamanti. Per quanto riguarda i dead mulches, sono stati testati vari materiali ciascuno con diversa capacità di contenimento delle infestanti però generalmente la loro efficacia è direttamente legata alla quantità di materiale presente sulla superficie e quindi, dato che si tratta di materiali biodegradabili, è necessario ricorrere ad periodiche operazioni di ripristino e questo può

comportare costi elevati. Complessivamente i dead mulches non possono garantire da soli un controllo efficace delle infestanti nelle colture arboree per un periodo prolungato di tempo (Granatstein et al 2014).

Sono da annoverare tra i mezzi di controllo non chimico delle infestanti anche i trattamenti termici, come il pirodiserbo, che però non hanno avuto nelle colture arboree la stessa diffusione che nelle orticole o erbacee. Un limite importante è rappresentato dal fatto che l'efficacia del pirodiserbo è di durata transitoria soprattutto nei confronti di specie prostrate o perenni e quindi sono necessari interventi ripetuti per garantire un controllo prolungato nel tempo (Shrestha et al 2012). Inoltre l'adozione del pirodiserbo per i fruttiferi è ostacolata da una serie di problematiche operative come la difficoltà di effettuare i trattamenti nel momento in cui le infestanti sono più sensibili, il rischio di danneggiare eventuali rami bassi o impianti di irrigazione, insieme al costo operativo non trascurabile (Hammermeister 2016, Guerra e Steenwerth 2012). Recentemente ha suscitato interesse la commercializzazione di macchinari per il controllo termico delle infestanti basati sull'uso di schiuma calda (www.weedingtech.com) una soluzione che dovrebbe permettere di prolungare l'azione del calore sulle infestanti e migliorare quindi l'efficienza energetica del sistema, ma non ci sono ancora esperienze sufficienti nel settore delle colture arboree.

Conclusioni

La perdita del glifosate comporterebbe un maggiore carico di lavoro, maggiore aleatorietà dei risultati (cioè sul controllo delle infestanti) e un inevitabile aumento di costi per la gestione delle infestanti nelle colture arboree. Questo è un aspetto importante perché negli ultimi anni la diffusione di alcune emergenze fitoiatriche (cimice asiatica, maculatura bruna, batteriosi varie, moniliosi) ha fatto incrementare i costi della difesa soprattutto per quanto riguarda la frutticoltura. Un ulteriore aumento dei costi legato alla gestione delle infestanti potrebbe mettere in discussione la convenienza economica di diversi sistemi produttivi.

Per quanto riguarda il controllo chimico, al momento non si intravedono molecole che possano sostituire in toto il glifosate e probabilmente la situazione non cambierà nei prossimi anni. Inoltre, anche se questa alternativa esistesse, non possiamo ripetere lo stesso errore di affidare ad un'unica molecola il controllo delle infestanti in una coltura perenne perché la pressione di selezione prodotta da tale molecola sulle infestanti sarebbe eccessiva e la conseguente evoluzione di resistenza praticamente inevitabile. Al momento l'opzione migliore è un più diffuso e miglior uso degli erbicidi residuali con il successivo supporto dagli erbicidi fogliari di post-emergenza disponibili. Tuttavia, questi erbicidi hanno generalmente un profilo ecotossicologico peggiore del glifosate. Aspetto cruciale per garantire la sostenibilità ambientale è limitarne la distribuzione ad una fascia lungo la

fila della coltura, in modo da ridurre la superficie da trattare per ettaro e quindi la dose di erbicida necessaria. Inoltre dove possibile, si può ipotizzare un'integrazione di diserbo chimico e meccanico lungo la fila per ridurre ulteriormente le dosi di erbicidi distribuite. Sarà comunque necessaria una maggiore competenza e attenzione da parte dei tecnici che dovranno stabilire uno specifico piano di diserbo in base alle specie infestanti presenti. Da questo punto di vista la riduzione dell'uso del glifosate potrebbe quindi rappresentare un'opportunità professionale per tecnici specializzati nella gestione delle infestanti nelle colture arboree.

Per quanto riguarda le alternative non chimiche, l'aspetto problematico è rappresentato dalla gestione della fila che diventa particolarmente critica nei frutteti o vigneti specializzati ad elevata densità per gli aspetti già descritti. In questo caso potrebbe essere necessario modificare completamente la tipologia di impianto e questa operazione avrebbe convenienza economica se accompagnata da una conversione alla produzione biologica. Negli impianti in cui la distanza tra le piante lungo la fila consente agevolmente il controllo meccanico, la soluzione migliore è rappresentata da un'integrazione di varie tipologie di controllo: installare al momento dell'impianto un telo pacciamante biodegradabile lungo la fila potrebbe contenere per i primi anni lo sviluppo delle infestanti, e il conseguente numero di interventi di controllo necessari. In seguito la gestione potrebbe prevedere in alternativa lavorazioni del suolo o trinciature superficiali lungo la fila però in base alla disponibilità delle macchine necessarie o alla possibilità di sostenere un investimento economico per acquistarle. Nel caso di sistemi colturali in cui il mantenimento del suolo nudo sia necessario almeno in certi periodi dell'anno, le lavorazioni meccaniche rappresentano l'unico strumento realmente disponibile, però sono in corso sperimentazioni per mettere a punto alternative con un minor impatto ambientale, come l'uso di specifiche cover crops con cicli vitali tali da non interferire con la coltura oppure l'impiego di varie tipologie di materiali organici come dead mulch.

Bibliografia

- Baumgartner K, Steenwerth KL, Veilleux L (2007). Effects of organic and conventional practices on weed control in a perennial cropping system. *Weed Science* 55: 352–358.
- Berti A, Sattin M (1993). Effetto della riduzione delle lavorazioni sulla gestione della flora infestante. *Atti del IX Convegno SILM “Gestione della vegetazione nel contesto della nuova politica agraria comunitaria”*, Bari 19-20/10/1993, 61-89.
- Castellini M, Pirastru M, Niedda M, Ventrella D (2013). Comparing physical quality of tilled and no-tilled soils in an almond orchard in southern Italy. *Italian Journal of Agronomy* 8: 149-157.
- Collavo A, Sattin M (2012). Resistance to glyphosate in *Lolium rigidum* selected in Italian perennial crops: bioevaluation, management and molecular bases of target-site resistance. *Weed Research* 52: 16-24.
- EFSA - European Food Safety Authority (2015). Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance glyphosate. *EFSA Journal* 13(11): 4302, 107 pp. doi:10.2903/j.efsa.2015.4302.
- EFSA - European Food Safety Authority (2017). Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the potential endocrine disrupting properties of glyphosate. *EFSA Journal* 15(9): 4979, 20 pp. doi.org/10.2903/j.efsa.2017.4979
- GIRE – Gruppo Italiano Resistenza Erbicidi (2018) - Database sulla resistenza agli erbicidi in Italia. Disponibile online www.resistenzaerbicidi.it. (visitato il 30/09/2018).
- Granatstein D, Andrews P, Groff A (2014). Productivity, economics, and fruit and soil quality of weed management systems in commercial organic orchards in Washington State, USA. *Organic Agriculture* 4: 197-207.
- Guerra B, Steenwerth K (2012). Influence of floor management technique on grapevine growth, disease pressure, and juice and wine composition: a Review. *American Journal of Enology and Viticulture* 63: 149-164.
- Guyton KZ, Loomis D, Grosse Y, El Ghissassi F, Benbrahim-Tallaa L, Guha N, Scoccianti C, Mattock H, Straif K, Blair A, Fritschi L, McLaughlin J, Sergi CM, Calaf GM, Le Curieux F, Baldi I, Forastiere F, Kromhout H, ‘T Mannetje A, Rodriguez T, Egeghy P, Jahnke GD, Jameson CW, Martin MT, Ross MK, Rusyn I, Zeise L (2015). Carcinogenicity of tetrachlorvinphos, parathion, malathion, diazinon, and glyphosate. *The Lancet Oncology* 16: 490-491.
- Hammermeister AM (2016). Organic weed management in perennial fruits. *Scientia Horticulturae* 208: 28–42.
- Ingels CA, Lanini T, Klonsky KM, Demoura R (2013). Effects of weed and nutrient management practices in organic pear orchards. *Acta Horticulturae* 1001: 175-184.
- ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (2014). Rapporto nazionale pesticidi nelle acque. Dati 2011-2012 - Edizione 2014. Disponibile online <http://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/rapporti/rapporto-nazionale-pesticidi-nelle-acque.-dati-2011-2012.-edizione-2014> (visitato il 30/09/2018).
- Keesstra S, Pereira P, Novara A, Brevik EC, Azorin-Molina C, Parras-Alcántara L, Jordán A, Cerdà A (2016). Effects of soil management techniques on soil water erosion in apricot orchards. *Science of the Total Environment* 551–552: 357–366.
- Mauro RP, Anastasi U, Lombardo S, Pandino G, Pesce R, Restuccia A, Mauromicale G (2015). Cover crops for managing weeds, soil chemical fertility and nutritional status of organically grown orange orchard in Sicily. *Italian Journal of Agronomy* 10: 101-104.

- Shrestha A, Moretti M, Mourad N (2012). Evaluation of thermal implements and organic herbicides for weed control in a nonbearing almond (*Prunus dulcis*) orchard. *Weed Technology* 26: 110-116.
- Shrestha A, Kurtural SK, Fidelibus MW, Dervishian G, Konduru S (2013). Efficacy and cost of cultivators, steam, or an organic herbicide for weed control in organic vineyards in the San Joaquin Valley of California. *HortTechnology* 23: 99-108.
- Soriano MA, Alvarez S, Landa BB, Gomez JA (2014). Soil properties in organic olive orchards following different weed management in a rolling landscape of Andalusia, Spain. *Renewable Agriculture and Food Systems* 29: 83-91.
- Tursun N, Isik D, Demir Z, Jabran K (2018). Use of living, mowed, and soil-incorporated cover crops for weed control in apricot orchards. *Agronomy* 8, 150; doi:10.3390/agronomy8080150.
- Tworkoski TJ, Glenn MD (2012). Weed suppression by grasses for orchard floor management. *Weed Technology* 26: 559-565.

POSSIBILI ALTERNATIVE AL GLIFOSATE NELLE COLTURE ERBACEE

FERRERO A., FOGLIATTO S., VIDOTTO F.

*DISAFA, Università di Torino
E-mail: aldo.ferrero@unito.it*

Riassunto

La valutazione delle possibili alternative all'utilizzo del glifosate nel periodo intercolturale prevede necessariamente l'esame di una gestione delle malerbe di tipo integrato, dove i mezzi non chimici assumono un ruolo fondamentale a causa della ridotta disponibilità di erbicidi alternativi (diquat, dicamba, ciclossidim e propaquizafop), che presentano, però, un più ridotto spettro d'azione e più limitati campi di applicazione. In queste condizioni, le possibili alternative sono soprattutto rappresentate dalle colture di copertura e da ripetuti interventi di sfalcio, di erpicatura e sarchiatura, che presentano, in generale, maggiori costi e appaiono molto più condizionati dalla natura del suolo e dell'andamento climatico. Nei sistemi conservativi, le alternative a questo erbicida sono limitate agli sfalci e all'applicazione di formulati contenenti diquat e dei graminicidi ciclossidim e propaquizafop, questi ultimi, autorizzati, però, soltanto nella coltura del riso. Anche nella falsa semina, le alternative al glifosate sono rappresentate dagli interventi meccanici e dall'applicazione dei graminicidi autorizzati in pre-semina del riso. La mancata disponibilità di prodotti contenenti glifosate renderebbe, in generale, più complessa ed economicamente più onerosa la gestione della vegetazione spontanea, non solo nei sistemi agricoli conservativi, ma anche in quelli convenzionali, in particolare in quelli più specializzati.

Parole chiave

Agricoltura conservativa; Falsa semina; Mezzi meccanici; Sfalcio; Erpicatura.

Summary

The assessment of the possible alternative options to glyphosate for fallow management of weeds necessarily involves the evaluation of an integrated management approach, where the non-chemical tools play a fundamental role, due to a reduced availability of alternative herbicides (Diquat, Dicamba, Cycloxydim and Propaquizafop), which, however, show a lower spectrum of activity and more restricted area of applications. Under these conditions, the possible alternatives are mainly represented by cover crops and repeated interventions of cutting and harrowing, which, generally show higher costs and are more affected by the soil and climate conditions. In the conservation agriculture the alternatives are limited to the cuttings and the application of herbicides based on Diquat, Cycloxydim and Propaquizafop, the last two authorised only in rice. Even in the stale seed bed, the possible alternatives to glyphosate are represented by the graminicides specifically applicable in rice. The non-availability of glyphosate-based herbicides would make weed management more complex and expensive, not only in conservation agricultural systems, but even in the conventional ones, in particular in those that are more specialized.

Keywords

Conservative agriculture; False seeding; Mechanical means; Cutting; Harrowing.

Introduzione

Caratteristiche del glifosate

Il glifosate è la sostanza attiva più utilizzata al mondo nella gestione delle malerbe, sia nelle colture agrarie, sia in ambito extra-agricolo. Il suo largo utilizzo è dovuto all'elevata efficacia della molecola, al suo basso costo e al suo profilo tossicologico storicamente considerato sicuro. Tali ragioni, unitamente alla costituzione di colture geneticamente modificate per resistere al glifosate, hanno ulteriormente aumentato i campi di impiego della molecola che, attualmente, da sola costituisce circa il 25% del mercato mondiale degli erbicidi (Glyphosate Task Force, 2013).

La molecola viene assorbita dalle parti verdi delle piante erbacee ed arboree ed agendo sistemicamente è traslocata in tutte le parti della pianta, compresi gli organi sotterranei. L'erbicida esplica la sua azione inibendo l'enzima EPSPS-sintasi che presiede alla sintesi degli aminoacidi aromatici fenilalanina, tirosina e triptofano, fondamentali per lo sviluppo delle piante (PAN Europe, 2018). L'efficacia della molecola è favorita dal suo facile assorbimento e dalla sua elevata capacità di traslocare nei diversi organi della pianta. Per queste loro caratteristiche, i prodotti a base di glifosate agiscono come erbicidi ad azione totale (Duke e Powles, 2008). Già a partire da alcune ore dopo il trattamento con glifosate, i residui presenti sul o nel terreno non dispongono più di attività biocida.

Nel nostro paese i prodotti a base di glifosate sono autorizzati per la gestione della vegetazione spontanea che si sviluppa nelle colture arboree da frutto o erbacee prima o dopo la loro semina, evitando però il contatto con le colture già emerse, nelle aree industriali, in alcune aree urbane e nelle aree rurali non destinate alle colture agrarie.

Lo spettro di azione del glifosate è piuttosto ampio e comprende diverse specie di malerbe annuali, biennali e perenni. L'efficacia del glifosate è tuttavia dipendente dalla dose di impiego, che a sua volta è influenzata dalla sensibilità delle malerbe e dal tipo di attrezzatura impiegata (Campagna e Geminiani, 2014). La maggior parte dei formulati commerciali, aventi una concentrazione di 360 g/L di sostanza attiva (s.a.), riporta in etichetta dosi di impiego variabili da 1 a 3 L/ha, nel caso di specie annuali ai primi stadi di sviluppo, a 5-10 L/ha, nel caso di malerbe perenni di più difficile controllo quali, ad esempio, sorghetta, tarassaco e convolvolo. In Tabella 1 sono riportate le dosi di glifosate (formulato commerciale) necessarie per controllare efficacemente alcune specie di infestanti con trattamenti effettuati su piante mature nel periodo intercolturale.

Tabella 1. Dosi di glifosate (formulato commerciale con concentrazione di 360 g/L di s.a.) necessarie al controllo di differenti malerbe che possono svilupparsi nel periodo interculturale.

Specie infestante	Dose di formulato (L/ha)	Specie infestante	Dose di formulato (L/ha)
<i>Abutilon theophrasti</i>	1,5	<i>Phragmites australis</i>	8
<i>Agropyron repens</i>	4	<i>Poa annua</i>	3
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	6	<i>Polygonum aviculare</i>	6
<i>Alopecurus myosuroides</i>	1,5	<i>Polygonum convolvulus</i>	10
<i>Amaranthus retroflexus</i>	1,5	<i>Polygonum persicaria</i>	3
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	5	<i>Portulaca oleracea</i>	3
<i>Anagallis arvensis</i>	1,5	<i>Raphanus raphanistrum</i>	3
<i>Artemisia</i> spp.	8	<i>Rumex</i> spp.	6
<i>Avena fatua</i>	3	<i>Senecio vulgaris</i>	1,5
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	2	<i>Setaria</i> spp.	2
<i>Chenopodium album</i>	1,5	<i>Sinapis arvensis</i>	1,5
<i>Cirsium arvense</i>	5	<i>Solanum nigrum</i>	3
<i>Convolvulus arvensis</i>	10	<i>Sonchus arvensis</i>	5
<i>Conyza canadensis</i> *	3	<i>Sorghum halepense</i>	5
<i>Cynodon dactylon</i>	9	<i>Stellaria media</i>	1,5
<i>Cyperus</i> spp.	6	<i>Taraxacum officinale</i>	6
<i>Echinochloa crus-galli</i>	2	<i>Trifolium</i> spp.	5
<i>Galinsoga parviflora</i>	2	<i>Tussilago farfara</i>	5
<i>Geranium</i> spp.	4	<i>Typha latifolia</i>	8
<i>Hordeum murinum</i>	1,5	<i>Urtica dioica</i>	8
<i>Lamium purpureum</i>	2	<i>Veronica persica</i>	3
<i>Matricaria chamomilla</i>	2	<i>Xanthium strumarium</i>	3
<i>Mercurialis annua</i>	3		

*presenza di popolazioni resistenti

Aspetti normativi e principali criticità ambientali e agronomiche

Secondo i criteri adottati per classificazione di tutti i prodotti fitosanitari, i formulati commerciali a base di glifosate attualmente registrati in Italia non appartengono alle categorie di pericolo più gravi e molti di essi, non riportando in etichetta alcuna indicazione di pericolo, non presentano alcun pittogramma previsto dal Regolamento (CE) n. 1272/2008. Altri formulati riportano come unica indicazione di pericolo, riferita alla salute umana, la frase “provoca grave irritazione oculare”. Per un numero consistente di formulati è indicata, come unica frase relativa al pericolo di contaminazione ambientale, la frase “può essere nocivo per gli organismi acquatici con effetti di lunga durata” e riportano in etichetta il relativo pittogramma. I formulati commerciali a base di glifosate contengono la molecola sotto forma di acido puro formulato come sale sodico, potassico o isopropilamminico per renderla più solubile e differiscono per l’aggiunta di diverse sostanze inerti, coadiuvanti o coformulanti (Campagna e Geminiani, 2014). L’aggiunta di diversi coformulanti comporta quindi una differente classificazione del prodotto commerciale come irritante o nocivo per l’ambiente

acquatico, anche se i formulati più moderni non contengono sostanze ritenute dannose per l'uomo e per l'ambiente (Campagna e Geminiani, 2014). Anche i consigli di prudenza riscontrabili nelle etichette dei formulati contenenti glifosate, indicano la bassa pericolosità del prodotto; infatti, le frasi più spesso riportate in etichetta sono quelle che suggeriscono di “tenere il prodotto fuori dalla portata dei bambini”, “non disperdere nell'ambiente” e solo alcuni formulati riportano le frasi “indossare guanti/indumenti protettivi e proteggere gli occhi e il viso”, “lavare accuratamente le mani dopo l'uso” o “evitare di respirare gli aerosol”.

I profili tossicologico ed eco-tossicologico del glifosate, ritenuti per decenni particolarmente favorevoli, sono da alcuni anni al centro di un acceso dibattito che ha come principale argomento la valutazione della potenziale cancerogenicità della molecola. Attualmente questo aspetto rappresenta la principale criticità che potrebbe portare ad un mancato rinnovo dell'autorizzazione all'utilizzo della molecola. Seguendo il normale iter previsto dalle normative europee (Dir. 91/414 CEE e Reg (CE) 1107/2009), nel 2012 è stato avviato, da parte dei paesi membri e dell'EFSA (Autorità europea per la sicurezza alimentare), il processo di revisione periodica del glifosate. Alla conclusione del processo di valutazione della molecola (2015), l'EFSA ha concluso come improbabile il rischio che il glifosate sia cancerogeno per l'uomo (European Food Safety Authority, 2015). Tuttavia, nello stesso anno, l'Agenzia internazionale per la ricerca sul cancro (IARC) ha classificato lo stesso prodotto come “potenzialmente cancerogeno per l'uomo”, inserendolo nel gruppo 2A (IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risk to Humans, 2017). La divergenza di pareri tra EFSA e IARC ha portato la Commissione europea a chiedere all'ECHA (Agenzia Europea sui Prodotti Chimici). Successivamente, la FAO e l'OMS hanno concluso che il rischio di cancerogenicità connesso con l'esposizione al glifosate attraverso la dieta sia da ritenere improbabile. Nel giugno 2017 l'ECHA ha comunicato il suo parere alla Commissione europea sostenendo che il prodotto non dovesse essere classificato come sostanza mutagena. Nel dicembre 2017, dopo votazione favorevole a maggioranza qualificata da parte degli Stati Membri chiamati a dibattere alla luce dei pareri delle diverse agenzie, la Commissione Europea ha approvato il rinnovo del glifosate per ulteriori 5 anni (European Commission, 2018).

Il rinnovo dell'autorizzazione per il glifosate è stato preceduto da un acceso dibattito politico e pubblico, che prosegue tutt'oggi, tanto che un milione di cittadini europei facenti parte di un numero significativo di Stati Membri, così come stabilito dal regolamento UE 211/2011, hanno avviato nel gennaio 2017 un'iniziativa per chiedere alla commissione europea di proporre agli Stati Membri di vietare gli erbicidi a base di glifosate (European Commission, 2017).

La dibattuta cancerogenicità del glifosate non è tuttavia l'unica caratteristica sfavorevole della molecola. Il glifosate e soprattutto l'AMPA, il suo metabolita, sono state definite dall'ultimo rapporto

ISPRA sulla presenza di pesticidi nelle acque, come le sostanze più frequentemente rilevate nelle acque superficiali e per le quali è stato riscontrato un maggior numero di superamenti dei limiti previsti dalla legge. Infatti, nel 2016 il glifosate è stato rilevato in circa il 47% dei 458 punti di campionamento delle acque superficiali, mentre l'AMPA è risultato presente in circa il 68% dei punti monitorati (ISPRA, 2018).

Un'altra problematica connessa all'utilizzo del glifosate è la comparsa di diverse specie di malerbe resistenti all'erbicida. La prima specie divenuta resistente al glifosate è stata *Lolium rigidum* rinvenuta nei meleti dell'Australia nel 1996, lo stesso anno in cui negli Stati Uniti è stata introdotta la coltivazione della soia resistente al glifosate. Sebbene a livello mondiale la maggior parte delle malerbe resistenti al glifosate sia stata rinvenuta proprio nelle colture geneticamente modificate, anche in altri sistemi colturali sono stati riportati casi di resistenza a questo erbicida. Attualmente, a livello mondiale, 38 specie di malerbe hanno sviluppato resistenza al glifosate e sono state rinvenute in 37 nazioni e in 34 differenti colture e in 6 sistemi non agricoli (Heap e Duke, 2018). In Italia, due specie hanno sviluppato resistenza al glifosate: popolazioni di *Conyza canadensis* e *Lolium rigidum* resistenti sono state rinvenute in frutteti, in particolare in suoli non lavorati (GIRE, 2018).

Conseguenze della revoca della registrazione dei prodotti a base di glifosate

Il dibattito sulla cancerogenicità del glifosate, unita al rischio di contaminazione ambientale e all'espandersi dei fenomeni di resistenza, potrebbero portare al bando della molecola o comunque ad una limitazione del suo utilizzo. Tale decisione avrebbe importanti ripercussioni negative sull'economia agricola e sulla sostenibilità economica del controllo della vegetazione spontanea nelle aree non-agricole. Le maggiori ricadute riguarderebbero la gestione della vegetazione infestante nelle colture arboree da frutto, nei vigneti e negli oliveti, oltreché nell'agricoltura conservativa, che attualmente interessano, nel loro insieme, una superficie complessiva di circa 2,5 milioni di ettari (Gonzalez-Sanchez et al., 2017; ISTAT, 2018). Si stima che i prodotti a base di glifosate vengano utilizzati con una o più applicazioni per stagione colturale, su almeno il 30% di questa superficie.

In questo contesto, appare necessario fare ricorso a soluzioni alternative al glifosate nella gestione della vegetazione spontanea. Attualmente, non è disponibile sul mercato un prodotto analogo che sostituisca il glifosate in tutti i suoi campi di impiego, occorre quindi fare ricorso a più prodotti o a differenti tecniche agronomiche per ottenere una simile efficacia nel controllo delle malerbe.

Il glifosate è utilizzato nella gestione delle malerbe nei periodi di assenza delle colture erbacee, in particolare nella gestione delle stoppie durante il periodo di intercoltura, per la devitalizzazione delle malerbe nella tecnica della falsa semina e prima della semina su suoli non lavorati. Una particolare modalità di impiego del glifosate è l'applicazione del prodotto sulle malerbe con l'uso di attrezzature

selettive (barre lambenti umettanti o a goccia), sfruttando il differente sviluppo in altezza fra infestante e coltura, come nel caso del controllo del riso crodo nel riso (Tamagnone e Ghigo, 2006). Di seguito verranno esaminate le possibili soluzioni alternative all'utilizzo del glifosate nei periodi di assenza delle colture erbacee.

Alternative al glifosate nella gestione delle malerbe nel periodo intercolturale

Le tecniche di controllo delle malerbe alternative all'utilizzo del glifosate nel periodo intercolturale possono variare in base alla modalità di preparazione del letto di semina della coltura successiva (aratura o non lavorazione).

Il controllo delle malerbe che si sviluppano sulle stoppie, nei casi in cui si scelga di eseguire l'aratura prima della semina, ha l'obiettivo di contenere la disseminazione delle specie annuali, per ridurre al minimo gli apporti alla banca semi del suolo, e la propagazione delle specie perennanti al fine di ridurre le infestazioni nelle colture successive. Nel periodo intercolturale, le malerbe che si osservano con maggiore frequenza sono, tra le perenni, diverse specie appartenenti al genere *Equisetum*, *Convolvulus arvensis*, *Cynodon dactylon*, *Sorghum halepense*; tra le annuali si riscontrano *Ambrosia artemisiifolia*, *Abutilon theophrasti*, *Xanthium strumarium*, *Conyza canadensis* e alcune graminacee, come *Setaria* spp. *Digitaria sanguinalis* e *Echinochloa crus-galli* (Figura 1) (Campagna e Rapparini, 2011).



Figura 1. Abbondante infestazione di *Ambrosia artemisiifolia* e *Sorghum halepense* in stoppie di frumento.

Tali malerbe vengono attualmente controllate con dei trattamenti a base di glifosate, con dosi variabili da 1,5 a 3 L/ha di formulato commerciale, ad una concentrazione di 360 g/L di s.a., nel caso di

graminacee e dicotiledoni fino alle 4 foglie vere, mentre dosi comprese tra i 3 e i 4,5 L/ha vengono impiegate nel caso di infestanti dicotiledoni più sviluppate (Coprob, 2017).

Attualmente, l'unico erbicida alternativo al glifosate, registrato per i trattamenti sulle stoppie, risulta essere il dicamba. Questa molecola è un derivato dell'acido benzoico, ad azione auxinica, autorizzato per l'applicazione su terreni agricoli senza coltura, oltre che per il diserbo selettivo di alcune colture agrarie. Il prodotto, a prevalente assorbimento fogliare, agisce in modo sistemico su un ampio numero di infestanti dicotiledoni annuali e poliennali ma non sulle graminacee ed è perciò dotato di un più limitato spettro d'azione rispetto al glifosate (Tabella 2). Tuttavia, il punto di forza di questo erbicida, rispetto al glifosate, è principalmente rappresentato dall'elevata azione nei confronti di malerbe poliennali quali *Convolvulus arvensis*, *Cirsium arvense* e *Phytolacca americana*. Il periodo che occorre lasciare intercorrere tra il trattamento con erbicidi a base di dicamba e la semina della coltura è di 20 giorni, mentre nel caso del glifosate è di soli 2 giorni.

Non potendo disporre di molti erbicidi per il trattamento sulle stoppie, al fine di contenere gli apporti alla banca semi e la diffusione delle specie perennanti, è necessario controllare nel miglior modo possibile le malerbe all'interno della coltura con i numerosi erbicidi disponibili. Tra le tecniche agronomiche alternative per il controllo delle malerbe nel periodo intercolturale, la falsa semina, che verrà esaminata nel paragrafo successivo, le lavorazioni, gli sfalci, le rotazioni e le colture di copertura (*cover crop*) assumono particolare rilevanza (Tabella 3). Le lavorazioni eseguite nel periodo intercolturale, a seconda della tipologia (erpicazione, fresatura) e della frequenza di esecuzione, possono stimolare la germinazione di alcuni semi di malerbe, a causa dell'esposizione dei semi alla luce e a temperature più elevate, o devitalizzare le malerbe già emerse attraverso l'azione di sradicamento e interrimento (Campagna e Rapparini, 2011; Pannacci et al., 2017).

L'efficacia degli interventi meccanici sul controllo delle malerbe dipende da numerosi fattori, tra i quali:

- *il ciclo delle malerbe*: le annuali e le biennali sono più efficacemente controllate dai trattamenti meccanici rispetto alle specie perennanti. Le graminacee sono di più difficile controllo a causa della loro capacità di accestimento.
- *lo stadio di sviluppo delle malerbe*: le lavorazioni eseguite sulle malerbe che si trovano ad uno stadio precoce di sviluppo sono maggiormente efficaci rispetto a quelle eseguite su piante ad uno stadio fenologico più avanzato.
- *la tipologia di suolo*: le lavorazioni eseguite su suoli leggeri e sabbiosi presentano una maggiore efficacia in quanto le malerbe sono più facilmente estirpate. Nel caso di suoli poco strutturati sono maggiormente indicate le lavorazioni superficiali. Nei terreni argillosi, il grado di umidità del suolo condiziona la possibilità di esecuzione della lavorazione. Nei suoli

limosi è necessario evitare di utilizzare organi di lavorazione rotanti per ridurre il rischio di formazione di crosta sulla superficie del suolo.

- *le precipitazioni*: le lavorazioni seguite da un periodo con abbondanti precipitazioni sono in genere meno efficaci in quanto le malerbe estirpate non vanno incontro a disseccamento e possono emettere ricacci; inoltre, le piogge favoriscono le germinazioni (AFPP-Columa vigne, 2018).

Al fine di devitalizzare le malerbe emerse, possono essere utilizzate diverse tipologie di attrezzature. Gli erpici a denti flessibili sono generalmente più indicati nei terreni sciolti, mentre quelli a denti rigidi nei terreni più compatti. Gli erpici a dischi consentono di ottenere un maggiore controllo della vegetazione rispetto a quelli dotati di denti flessibili, quando si è in presenza di un elevato grado di copertura delle infestanti (Manzone e Balsari, 2008). Alcuni studi hanno dimostrato un'efficacia variabile delle lavorazioni su differenti specie di malerbe; ad esempio, le lavorazioni superficiali sembrano abbastanza efficaci nel controllare diverse specie di *Rumex*, mentre gli organi lavoranti a denti ricurvi permettono di estirpare i rizomi di *Cynodon dactylon* e portarli sulla superficie del suolo, favorendone il disseccamento se il clima è caldo e secco. Queste tecniche non risultano invece efficaci nel controllare *Cirsium arvense* o il convolvolo (Reboud et al., 2017) (Figura 2).



Figura 2. Gli interventi meccanici possono avere una scarsa efficacia nei confronti delle specie perennanti (nella foto: *Fallopia convolvulus* su stoppia sottoposta a erpicatura).

Tabella 2. Dosi di impiego riportate nell'etichetta di un formulato commerciale contenente dicamba (contenente 243,8 g/L di s.a.) per un'azione efficace nei confronti delle malerbe, in assenza di coltura.

Specie	Dose L f.c./ha	Stadio infestante
<i>Abutilon theophrasti</i>	1,2	2-6 foglie
<i>Amaranthus retroflexus</i>	0,8	2-6 foglie
<i>Calystegia sepium</i>	0,8	20-30 cm di altezza

<i>Chenopodium album</i>	0,8	2-6 foglie
<i>Chrysanthemum segetum</i>	1,2	2-6 foglie
<i>Cirsium arvense</i>	0,8	15-20 cm di altezza
<i>Convolvulus arvensis</i>	1,2	20-30 cm di altezza
<i>Datura stramonium</i>	1,2	2-6 foglie
<i>Fumaria officinalis</i>	1,2	2-6 foglie
<i>Matricaria chamomilla</i>	1,2	2-6 foglie
<i>Phytolacca decandra</i>	0,8	2-6 foglie
<i>Polygonum aviculare</i>	0,8	2-6 foglie
<i>Polygonum convolvulus</i>	0,8	2-6 foglie
<i>Polygonum persicaria</i>	0,8	2-6 foglie
<i>Raphanus raphanistrum</i>	1,2	Stadio rosetta
<i>Rumex spp</i>	1,2	Stadio rosetta
<i>Sicyos angulatus</i>	1,2	2-6 foglie
<i>Sinapis arvensis</i>	1,2	Stadio rosetta
<i>Taraxacum officinale</i>	1,2	2-6 foglie
<i>Urtica urens</i>	1,2	2-6 foglie
<i>Veronica spp.</i>	1,2	2-6 foglie
<i>Xanthium spp.</i>	1,2	2-6 foglie

L'esecuzione di sfalci o lavorazioni frequenti delle malerbe che si sviluppano nel periodo intercolturale può contribuire sia a evitare la disseminazione, sia a limitare la capacità rigenerativa del sistema radicale delle specie perenni. Studi precedenti hanno dimostrato come il periodo migliore per l'esecuzione degli sfalci occorra quando le malerbe sono maggiormente sensibili alla rimozione della parte aerea, che per alcune specie perennanti si verifica nel momento in cui la pianta ha 6-8 foglie completamente sviluppate e che corrisponde alla fase in cui la biomassa radicale è minima, così come la sua capacità rigenerativa (Graglia et al., 2006). Altri studi suggeriscono di intervenire sulle specie perennanti allo stadio in cui l'energia prodotta dalla fotosintesi viene compensata dalla quantità di riserve radicali utilizzate per la crescita della pianta; tale momento viene definito punto di compensazione (Favrelière et al., 2016; Nkurunziza, 2010). A partire dal punto di compensazione, le malerbe si accrescono grazie all'energia prodotta dalla fotosintesi ed emettono nuovamente gli organi vegetativi, accrescendo la loro capacità rigenerativa e diventando maggiormente competitive (Figura 3).

Tabella 3: Utilizzi del glifosate e possibili alternative chimiche ed agronomiche (modificato da Falchier et al., 2018).

Malerbe da controllare	Trattamento con glifosate		Alternative chimiche	Tecniche agronomiche	
	Epoca trattamento	Efficacia			
graminacee annuali	primavera	buona	colture oleo-proteaginose: graminicidi	falsa semina lavorazioni	rotazioni <i>cover crop</i>
graminacee perenni (gramigna, <i>Agrostis...</i>)	su stoppie o in primavera	buona con 1000 g/ha di s.a.	dicamba su stoppie diquat per semina su sodo mais: sulfoniluree colture oleo-proteaginose: graminicidi	lavorazioni <i>cover crop</i>	
dicotiledoni annuali	primavera preparazione letto semina	buona/media	dicotiledonicidi sulle colture	falsa semina lavorazioni	rotazioni <i>cover crop</i>
dicotiledoni perenni	<i>Rumex</i>	su stoppie o in primavera	media cereali vernini: metsulfuron-metile e fluroxipir mais: dicamba/prosulfuron dicamba su stoppie	lavorazioni sfalci <i>cover crop</i>	
	<i>Cirsium arvense</i>	su stoppie	media cereali vernini: metsulfuron-metile/clopiralid mais: dicamba/clopiralid dicamba su stoppie	introduzione colture perenni (es. prati con almeno 2 sfalci per esaurire risorse dei rizomi), <i>cover crop</i> lavorazioni	
	<i>Convolvulus arvensis</i>	su stoppie	bassa cereali vernini: fluroxipir/2,4 D mais: dicamba/ fluroxipir dicamba su stoppie	lavorazioni <i>cover crop</i>	

Il punto di compensazione può variare sensibilmente a seconda delle specie; infatti, per *Cirsium arvense* si verifica allo stadio di 6-8 foglie, mentre per *Sonchus olearaceus* occorre a 4-7 foglie (Favrelière et al., 2016). Tuttavia, per alcune specie, gli sfalci tardivi si sono dimostrati in grado di ridurre la biomassa radicale che supera l'inverno, in modo più consistente rispetto agli sfalci eseguiti ad uno stadio più giovanile della malerba (Graglia et al., 2006). Il periodo che intercorre tra gli interventi meccanici che hanno lo scopo di esaurire le risorse radicali delle perennanti dovrebbe essere sufficientemente lungo da consentire alle infestanti di produrre nuovi germogli, ma abbastanza breve da impedire la ricostituzione delle riserve; tale periodo è generalmente variabile da 2 a 4 settimane (Favrelière et al., 2016). Infatti, in tale periodo, a seguito di interventi che riducono la parte aerea, come gli sfalci, le malerbe sono indotte ad utilizzare le risorse degli organi di moltiplicazione sotterranea per produrre nuovi germogli. Il numero degli interventi necessari all'esaurimento delle

risorse delle perennanti dipende dal livello di infestazione. La realizzazione di un solo intervento meccanico dovrebbe essere evitata, in quanto non porterebbe all'esaurimento delle riserve sotterranee ma contribuirebbe soltanto alla diffusione di tali malerbe attraverso la frammentazione degli organi di moltiplicazione (Boström e Fogelfors, 1999; Favrelière et al., 2016). Soltanto un numero frequente di interventi potrebbe esaltare gli effetti positivi che la frammentazione degli organi di moltiplicazione delle perennanti comporta come, la l'induzione della formazione di nuovi germogli che attingono risorse dalle riserve. Di conseguenza, maggiore è il numero di frammenti formati, maggiore è il numero di germogli prodotti e maggiore è l'esaurimento delle riserve. Studi precedenti hanno evidenziato come la frammentazione delle radici consenta di esaurire le riserve più rapidamente della distruzione delle parti aeree (Favrelière et al., 2016). Il controllo delle malerbe perennanti può essere attuato sia attraverso l'esaurimento delle risorse degli organi di moltiplicazione sotterranea, sia attraverso l'esecuzione di lavorazioni, ad esempio erpicature, in grado di portare in superficie tali organi per poi favorirne il disseccamento. Tale strategia può limitare notevolmente il numero degli interventi, ma deve essere eseguita solo in caso di clima secco e con assenza di precipitazioni nei giorni successivi all'intervento ed è efficace su specie che presentano un apparato radicale superficiale, facilmente raggiungibile dagli organi lavoranti, come quello ad esempio di diverse specie di *Rumex* e *Elytrigia repens* (Favrelière et al., 2016). Al contrario, le lavorazioni che mirano ad esaurire le risorse degli organi sotterranei sono più indicate per le specie dotate di un apparato radicale troppo profondo per essere estratto, quale quello di *Cirsium arvense* e *Sonchus oleraceus* (Nkurunziza, 2010).

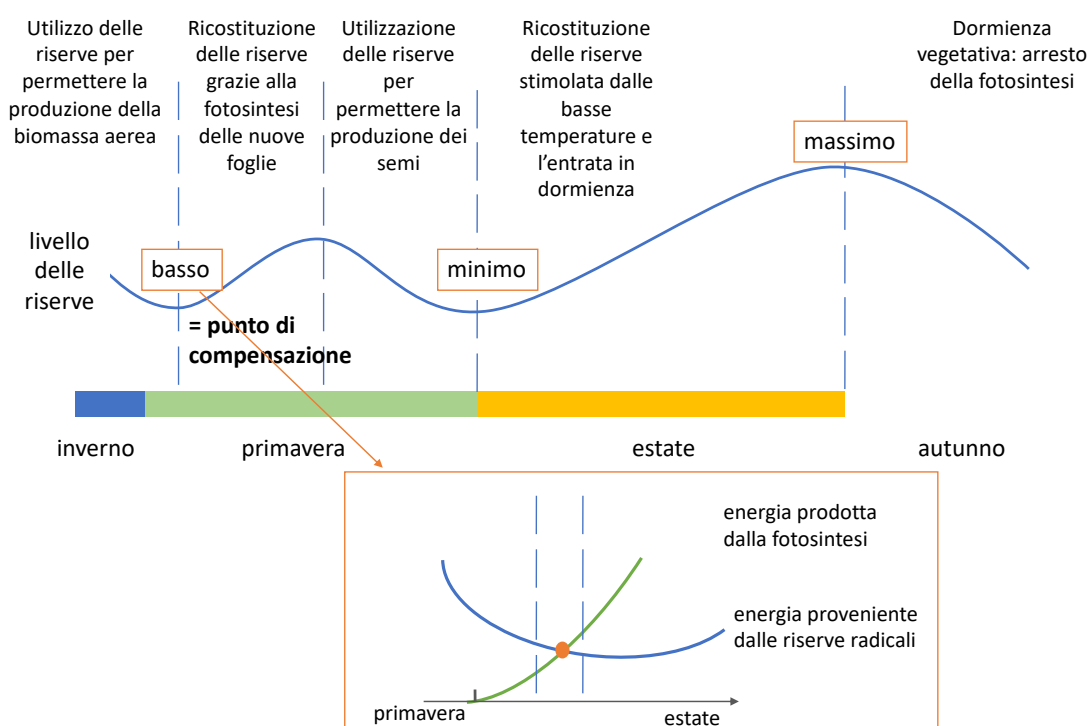


Figura 3. Evoluzione delle riserve radicali delle specie perennanti nel corso dell'anno (modificato da Favrelière et al., 2016).

Un'altra strategia che può contribuire notevolmente al controllo delle malerbe sia nelle colture, sia durante il periodo intercolturale, è la rotazione delle colture, che contribuisce ad evitare la specializzazione di alcune tipologie di malerbe. L'introduzione di prati nella rotazione, utilizzando ad esempio specie come l'erba medica, che prevedono frequenti sfalci, possono portare all'esaurimento delle risorse di alcune perennanti, quali *C. arvense* (Reboud et al., 2017). L'alternanza di colture con diverso ciclo, autunno-vernine e primaverili-estive, può contribuire a ridurre il periodo di assenza della coltura, limitando le difficoltà di gestione delle malerbe.

Un'ulteriore alternativa ai trattamenti con il glifosate nel periodo intercolturale è rappresentata dall'introduzione delle colture di copertura intercalari, inserite tra due colture principali da reddito, che permettono di fornire una serie di vantaggi agronomici e ambientali (Tabaglio, 2011). Le specie utilizzate per ottenere una copertura erbacea permanente sono in grado di esercitare un'azione competitiva nei confronti della vegetazione spontanea, per effetto del loro rapido sviluppo ed elevata aggressività, limitando la disponibilità di luce e di altre risorse ambientali limitate. Le specie più adatte a questo scopo, quindi, sono quelle dotate di rapida crescita e con elevata aggressività, come per esempio, segale, loiessa, veccia vellutata, trifoglio incarnato, e alcune brassicacee, tra cui senape, colza e ravizzone (Yenish et al., 1996). Alcuni studi hanno dimostrato come la loiessa, il trifoglio sotterraneo e quello incarnato, siano in grado di sopprimere le malerbe piuttosto efficacemente e in modo simile, mentre la veccia vellutata ha mostrato una minore capacità di ricoprimento (Yenish et al., 1996). Simili risultati sono stati ottenuti nell'ambito di una sperimentazione condotta dal Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari dell'Università di Torino, con l'utilizzo di colture di copertura in risaia e con diverse tecniche di devitalizzazione (rullatura e trinciatura) (Calvo, 2018). In tale studio, la loiessa ha prodotto un'elevata biomassa e ha permesso un buon controllo delle malerbe, mentre la veccia vellutata è risultata piuttosto sensibile alle gelate, facendo rilevare un modesto sviluppo della biomassa, che ha lasciato uno spazio maggiore alla crescita delle malerbe (Figura 4; Figura 5).

La scelta di colture di copertura a semina tardo-estiva o autunnale, cosiddette gelive perché sensibili alle gelate invernali, assume particolare rilevanza nel caso si applichino le tecniche di agricoltura conservativa in quanto tali specie non necessitano di interventi chimici o meccanici per la loro terminazione, ma sono sufficienti le basse temperature invernali per devitalizzarle (Bartolini, 2017a). Tra le *cover crop* gelive di più recente introduzione, il rafano americano appare promettente in quanto la radice fittonante permette una buona aerazione e migliora la struttura del terreno; inoltre, le gelate invernali ne permettono una completa devitalizzazione, in quanto i fittoni a fine inverno appaiono molli e marcescenti, mentre la biomassa aerea è completamente disseccata (Bartolini, 2017b).

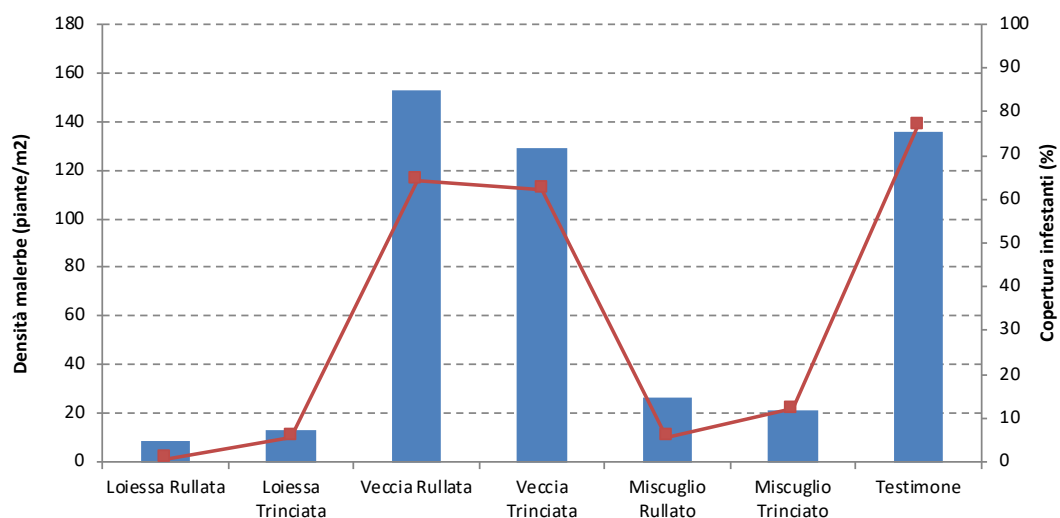


Figura 4. Efficacia dell'utilizzo di cover crop e della tecnica della pacciamatura verde in risaia.



Figura 5. Cover crop di veccia vellutata utilizzata nel periodo intercolturale del riso.

Il trifoglio incarnato e il trifoglio alessandrino, la veccia comune e villosa e il favino sono anch'esse *cover crop* considerate gelive e che, essendo leguminose, sono in grado di arricchire il terreno di azoto grazie all'azione dei batteri azotofissatori; inoltre, la loro biomassa è dotata di un basso rapporto C/N che ne favorisce una elevata e rapida degradabilità nel terreno (Bartolini, 2017a).

L'azione delle *cover crop* non è, generalmente, limitata al solo controllo delle infestanti, poiché molte delle piante utilizzate sono dotate della capacità di contenere l'erosione, migliorare la struttura e la fertilità del terreno, mettere a disposizione elementi nutritivi ed aumentare il contenuto di sostanza organica nel suolo. Alcune specie si comportano come *catch crop*, permettendo di evitare la lisciviazione dell'azoto (graminacee), altre sono in grado di fissare l'azoto atmosferico con cessione di parte dell'elemento alle colture (leguminose), altre, ancora, di contrastare lo sviluppo di parassiti (crucifere nematocide) e di migliorare la biodiversità (Tabaglio, 2011).

Le colture di copertura da sovescio vengono terminate con un'aratura e il loro scopo principale è quello di migliorare la fertilizzazione. Le *cover crop* possono però essere anche utilizzate nella tecnica della pacciamatura verde, in cui le colture vengono trinciate o rullate, in modo da lasciare sul terreno un compatto strato organico pacciamante che ostacola l'emergenza delle malerbe. Tale tecnica trova spazio in particolare nell'agricoltura biologica o nel caso si scelga la non lavorazione per la preparazione del letto di semina (Hartwig e Ammon, 2002).

Alternative al glifosate nei sistemi conservativi e nella semina su sodo

La gestione della vegetazione presente al momento della semina, costituita da specie infestanti o da rinascite della coltura precedente, rappresenta un aspetto fondamentale per il successo dei sistemi gestionali conservativi, basati sull'applicazione della semina diretta.

Questi sistemi, fortemente sostenuti dagli indirizzi della politica agricola europea, nazionale e regionale per la loro rilevante valenza ambientale (minori emissioni di gas serra, riduzione della lisciviazione dei nutrienti e prodotti fitosanitari, contenimento dei fenomeni erosivi, ecc.) ed agronomica (aumento del contenuto di sostanza organica e incremento della biodiversità nel terreno), richiedono, nel caso della semina diretta, l'adozione di interventi in grado di assicurare la completa devitalizzazione della vegetazione presente sul terreno.

Nei sistemi agricoli convenzionali, si ricorre, a questo scopo, quasi esclusivamente ad applicazioni di formulati contenenti glifosate.

Le alternative all'impiego di questi prodotti si basano, nella maggior parte dei sistemi colturali, sull'applicazione di pratiche agronomiche e tecniche colturali, risultando disponibile solo un numero molto limitato di diserbanti autorizzati per questa specifica utilizzazione. In tali condizioni risulta fondamentale ricorrere a strategie e sistemi operativi basati sulla combinazione di pratiche in grado di mantenere basso il livello di infestazione della vegetazione spontanea, permettendo di contenerne lo sviluppo all'interno delle colture mediante il ricorso ai diversi strumenti disponibili, sia chimici, sia non chimici (Chikowo et al., 2009; Lechenet, 2017).

Le diverse linee di intervento proponibili si basano su un approccio strategico integrato ed assumono una caratterizzazione e una specificità variabili in relazione alle colture inserite nel sistema colturale e alla tipologia prevalente di vegetazione presente nei periodi intercolturali.

Le tecniche utilizzabili sono nel complesso le stesse previste per gli interventi intercolturali, tenendo presente che in questa situazione viene meno la possibilità di ricorrere alle lavorazioni del terreno per la preparazione del letto di semina.

In generale, come chiaramente riportato nelle “Linee guida per l’applicazione e diffusione dell’Agricoltura conservativa” nel nostro paese, definite nell’ambito del progetto HelpSoil, l’aggressività e la competitività delle malerbe, la maggior diversificazione colturale prevista con l’adozione dei sistemi conservativi e l’adozione di tecniche di gestione intercolturali idonee e colture dotate di buona capacità competitiva consentirebbe di limitare la diffusione della vegetazione spontanea, soprattutto di quella di più difficile gestione all’interno delle colture (Brenna e Tabaglio, 2017).

In queste condizioni è fondamentale il ruolo assunto dalla rotazione ed in particolare quello esercitato dalle foraggere, sia poliennali inserite nell’avvicendamento, sia annuali, utilizzate nel periodo intercolturale.

Le foraggere, soprattutto poliennali, quali ad es. l’erba medica o i trifogli (bianco o violetto) consentono, da un lato, di limitare l’accrescimento della vegetazione spontanea con la fittezza della loro vegetazione e, dall’altro, a seguito degli sfalci ripetuti, di esaurire le sostanze di riserva delle specie perennanti. L’azione delle foraggere annuali è correlata alla durata del periodo di copertura e delle tecniche di gestione. I migliori effetti sono, in genere, ottenuti effettuando la trasemina nei cereali autunno-vernini, che abbinano l’azione di contrasto allo sviluppo della vegetazione spontanea, tipica delle colture di copertura, a quella degli interventi di sfalcio.

Nei sistemi conservativi con semina su sodo in cui non è previsto l’inserimento di colture foraggere poliennali, il contenimento della vegetazione spontanea nei periodi intercolturali può anche essere ottenuto ricorrendo alle varie pratiche adottabili nei sistemi colturali convenzionali, con la sola eccezione legata alla mancata possibilità di intervenire con le lavorazioni del terreno.

In queste condizioni, come anche nel caso dell’inserimento delle colture foraggere, con la semina diretta, il principale aspetto critico è rappresentato dalla terminazione della coltura, non essendo prevista la sua devitalizzazione a mezzo della lavorazione del terreno.

A seconda delle situazioni operative e colturali, per la gestione della vegetazione spontanea nei periodi intercolturali dei sistemi sodivi sono essenzialmente applicabili le seguenti opzioni operative:

- interventi di sfalcio
- utilizzazione di colture di copertura gelive
- utilizzazione di colture di copertura con devitalizzazione meccanica
- diserbo chimico.

L'obiettivo principale di queste pratiche è essenzialmente quello di eliminare il maggior numero di piante spontanee possibile nel periodo intercolturale, ponendo le condizioni per una buona gestione delle stesse anche all'interno della coltura con interventi chimici o meccanici.

Sfalcio

Gli interventi di sfalcio, già in precedenza esaminati per i sistemi colturali convenzionali, mirano a devitalizzare le specie poliennali mediante l'esaurimento delle sostanze di riserva, oltre ad interrompere la crescita di quelle annuali.

Colture di copertura gelive

Le colture gelive, come già osservato in precedenza, sono prevalentemente rappresentate da crucifere, quali senape e rafano, che, seminate nel mese di settembre, sono in grado di sviluppare un'abbondante biomassa, prima di venire devitalizzate dai rigori invernali. Sono disponibili varietà di rafano in grado di sviluppare un fittone di grandi dimensioni che a partire dal mese di febbraio, si disgrega facilmente lasciando il terreno ben smosso e idoneo alla semina.

Colture di copertura con devitalizzazione meccanica

La terminazione delle colture di copertura con interventi meccanici richiede la disponibilità di idonee attrezzature in grado di devitalizzarle, anche in presenza di un'abbondante vegetazione. L'operazione di terminazione con queste tecniche è rapida e relativamente di basso costo, ma il suo successo è condizionato da una serie di fattori. È indispensabile intervenire su piante ben sviluppate e di altezza elevata, allo scopo di aumentare l'area di contatto della vegetazione con gli organi meccanici determinando una lacerazione dei tessuti, con la conseguenza di esporre le piante agli effetti della perdita di acqua, delle basse o alte temperature e a quelle dei patogeni. Va, inoltre, considerato che le piante risultano più sensibili a questa modalità di distruzione quando si trovano nello stadio di fine fioritura, quando, cioè, le riserve dei vegetali vengono destinate in gran parte agli organi riproduttivi. In queste condizioni tende ad essere favorita anche la diffusione degli insetti pronubi.

L'azione di terminazione è più rapida ed incisiva se è accompagnata da basse temperature e, in particolare, dalle gelate che favoriscono lo sbriciolamento dei tessuti e un loro leggero interrimento nel suolo. Va posta in queste condizioni molta attenzione ad evitare di utilizzare trattori eccessivamente pesanti per non compromettere le caratteristiche strutturali del terreno.

Molto importanti sono anche le caratteristiche del rullo. Un semplice rullo liscio, o meglio un rullo tipo crosskill o a barre manifesta una sufficiente efficacia, solo a condizione di operare in condizioni di terreno gelato e in presenza di una vegetazione della copertura sufficientemente sviluppata. Meno le condizioni climatiche, lo stadio e il tipo di vegetazione sono propizie e più il rullo dovrà presentare specifiche caratteristiche. Un rullo di diametro elevato permette di limitare la velocità di rotazione, esercitando una maggiore azione di compressione sulla biomassa. Un ruolo importante è anche esercitato dalla inclinazione delle lame inserite sulla superficie del rullo; maggiore è l'angolo d'attacco e più elevata è l'aggressività del rullo. La scelta di questo parametro è legata oltretutto al volume della biomassa, anche al grado di legnosità dei tessuti.

La disposizione delle lame in senso trasversale a quello di avanzamento tende a limitare l'uniformità e la continuità della pressione sulla vegetazione, con sobbalzi e rischi di instabilità dell'attrezzatura. I migliori risultati si ottengono, in genere, ricorrendo a rulli tipo "*crimper*", caratterizzati dalla presenza sulla superficie del rullo di elementi in rilievo di foggia elicoidale (Figura 6).



Figura 6. Rullo crimper, dotato di lame elicoidali. L'attrezzo nell'immagine è progettato per essere portato anteriormente dalla trattrice.

Un aspetto importante è anche quello legato alle caratteristiche delle piante che costituiscono la coltura di copertura, soprattutto nel caso di interventi di terminazione effettuati al di fuori dei periodi

freddi, prima di una semina autunnale o tardo primaverile. Le specie con uno stelo elevato sono più facilmente distrutte di quelle che tendono ad avere un portamento strisciante o a rosetta. Altrettanto importanti sono la specie e lo stadio fenologico delle colture di copertura. La rullatura ha in genere un'elevata efficacia devitalizzante su una copertura di favino o di trifoglio incarnato, mentre esercita un'azione incompleta nei riguardi dell'erba medica o del trifoglio violetto. Una pianta di rafano ancora verde viene facilmente distrutta, a differenza di una in piena fioritura, che dispone di uno stelo già lignificato. Caratteristico, a questo riguardo, è il comportamento dei cereali e delle graminacee; queste vengono, in genere, stimulate ad accestire e sono rinvigorite dalla rullatura, quando sono ancora in fase di pre-levata, mentre vengono fortemente danneggiate quando si trovano nello stadio di spigatura. Va altresì ricordato che l'intervento meccanico deve, come già osservato, consentire di lacerare i tessuti e non di tagliarli, per evitare che le piante diano luogo a nuovi ricacci, come avviene in molte foraggere, quando sono sottoposte ad uno sfalcio o ad un pascolamento.

Diserbo chimico

Attualmente, il quadro dei diserbanti autorizzati per la gestione della vegetazione spontanea nel periodo intercolturale o prima della semina è limitato soltanto a formulati contenenti diquat, dicamba, ciclossidim e propaquizafop. In generale, ciascuno di questi erbicidi presenta uno spettro d'azione significativamente più ridotto rispetto a quella dei prodotti a base di glifosate e nel caso di ciclossidim e propaquizafop dispone anche di un più limitato campo applicativo.

Diquat è un erbicida dipiridilico, non residuale, ad assorbimento fogliare, ad esclusiva attività di contatto e non attivo sulle parti lignificate. È specificamente autorizzato per la devitalizzazione della vegetazione per la semina su terreno sodo oltretutto per il diserbo dei medica. L'efficacia di questo prodotto è da considerarsi pressoché completa nei confronti delle infestanti annuali con l'esclusione di alcune specie, quali *Avena* spp., *Poa annua*, *Lolium* spp. e *Xanthium* spp., mentre quella nei confronti delle specie perennanti si limita al disseccamento della parte aerea (Tabella 4). Il prodotto si disattiva rapidamente appena giunge a contatto con il terreno, consentendo la semina a breve distanza di tempo dal trattamento.

Tabella 4. Dosi di impiego riportate nell'etichetta di un formulato commerciale contenente diquat (contenente 200 g/L di s.a.) per un'azione efficace nei confronti delle malerbe, in assenza di coltura (fonte: AFPP, 2006).

Specie	Dose L f.c. ha ⁻¹	Specie	Dose L f.c. ha ⁻¹
<i>Agropyron repens</i>	4,0-5,0	<i>Lolium</i> spp.	insufficiente
<i>Agrostis stolonifera</i>	4,0	<i>Lamium</i> spp.	3,3-4,0
<i>Amaranthus retroflexus</i>	3,3	<i>Malva sylvestris</i>	3,3-4,0

<i>Anagallis arvensis</i>	3,3	<i>Matricaria</i> spp.	3,3-4,0
<i>Avena</i> spp.	insufficiente	<i>Papaver rhoeas</i>	4,0
<i>Bromus sterilis</i>	4,0	<i>Plantago</i> spp.	5,0
<i>Calistegia sepium</i>	4,0	<i>Poa annua</i>	insufficiente
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	3,3	<i>Poa trivialis</i>	4,0
<i>Chenopodium album</i>	3,3	<i>Polygonum</i> spp.	3,3-4,0
<i>Cirsium arvense</i>	4,0-5,0	<i>Senecio vulgaris</i>	3,3
<i>Conyza canadensis</i>	4,0	<i>Setaria viridis</i>	4,0
<i>Convolvulus arvensis</i>	4,0	<i>Sinapis arvensis</i>	3,3
<i>Cynodon dactylon</i>	4,0-5,0	<i>Solanum nigrum</i>	3,3
<i>Digitaria sanguinalis</i>	3,3	<i>Sonchus oleraceus</i>	3,3
<i>Diploaxis tenuifolia</i>	3,3	<i>Sorghum halepense</i>	5,0
<i>Echinochloa crus-galli</i>	4,0-5,0	<i>Stellaria media</i>	3,3
<i>Epilobium hirsutum</i>	4,0-5,0	<i>Veronica persica</i>	3,3
<i>Equisetum arvense</i>	4,0-5,0	<i>Veronica hederifolia</i>	3,3
<i>Fumaria officinalis</i>	5,0	<i>Xanthium spinosum</i>	insufficiente
<i>Galium aparine</i>	3,3-4,0	<i>Xanthium strumarium</i>	insufficiente

Gli erbicidi contenenti dicamba, già in precedenza esaminati per i sistemi colturali convenzionali, sono registrati per i trattamenti sulle stoppie e sono quindi applicabili anche nel periodo precedente la semina su sodo.

I formulati contenenti ciclossidim e propaquizafop, due sostanze attive appartenenti, rispettivamente, alla famiglia chimica degli arilossifenossipropionati e dei cicloesenoni, sono autorizzati specificamente per l'applicazione in pre-semina del riso, per la lotta contro il riso crodo (*Oryza sativa*) e i giavoni (*Echinochloa* spp.). Come tutti i composti appartenenti a queste famiglie chimiche, i due prodotti sono caratterizzati da un'esclusiva azione nei confronti delle graminacee e possono venire impiegati in modo selettivo su molte colture dicotiledoni.

Entrambi gli erbicidi sono caratterizzati da azione sistemica e possono, di fatto, trovare applicazione per la gestione delle infestanti, sia in abbinamento con la tecnica della falsa semina, sia con la semina diretta del riso su terreno sodo. Per l'impiego di formulati contenenti queste sostanze è opportuno tener conto che devono trascorrere almeno 48 ore prima che si realizzi il loro completo assorbimento. Questo ampio arco temporale, legato alla variabilità delle condizioni climatiche, del tipo di infestanti presenti e del loro stato di vigore, deve essere tenuta in attenta considerazione nel caso intervengano piogge o si debba procedere a operazioni di sommersione (per la semina del riso) o di sfalcio oppure ad interventi meccanici per eliminare la parte aerea della vegetazione infestante (Romagnoli et al., 2006). L'assorbimento di questi prodotti può essere sensibilmente migliorato con l'aggiunta di specifici coadiuvanti.

Lo spettro d'azione di entrambi i diserbanti nei confronti delle graminacee non è molto dissimile da quello dei prodotti a base di glifosate, anche se il grado di efficacia risulta alquanto variabile a seconda

della specie considerata. In generale, le infestanti poliennali sono meno sensibili e richiedono le dosi di etichetta più elevate (Tabella 5).

Rispetto ai prodotti a base di glifosate, i diserbanti precedentemente esaminati oltre a presentare, nel complesso, un'efficacia erbicida meno completa, sono, in generale, caratterizzati anche da un profilo sanitario ed ambientale meno favorevole.

Facendo riferimento alle sole "Indicazioni di pericolo" riportate sulle etichette dei formulati commerciali che contengono tali sostanze, si può osservare che molti prodotti a base di glifosate presentano in generale il quadro più favorevole, sia dal punto di vista del rischio tossicologico sia di quello ambientale (Tabella 6).

Tabella 5. Dosi di impiego riportate nell'etichetta di formulati commerciali contenenti ciclossidim (contenente 100 g/L di s.a.) e propaquizafop (contenente 100 g/L di s.a.) per un'azione efficace nei confronti delle malerbe, in assenza di coltura.

Specie	Dose formulato (L ha ⁻¹)	
	Ciclossidim ¹	Propaquizafop ²
<i>Agropyron repens</i>	5,0	1,5-2,0
<i>Alopecurus myosuroides</i>	1,5-2,5	1,5-2,0
<i>Avena</i> spp.	1,5-2,5	0,8-1,2
<i>Bromus sterilis</i>	1,5-2,5	0,8-1,2
<i>Cynodon dactylon</i>	5,0	1,5-2,0
<i>Digitaria sanguinalis</i>	1,5-2,5	1,5-2,0
<i>Echinochloa crus-galli</i>	2,0-2,5	0,8-1,2
<i>Festuca</i> spp.	5,0	-
<i>Hordeum vulgare</i>	1,5-2,5	0,8-1,2
<i>Leptochloa fascicularis</i>	1,5-2,5	-
<i>Lolium multiflorum</i>	2,0-2,5	0,8-1,2
<i>Oryza sativa</i> (riso crodo)	4,0	1,5-2,0
<i>Panicum dichotomiflorum</i>	1,5-2,5	0,8-1,2
<i>Panicum miliaceum</i>	1,5-2,5	0,8-1,2
<i>Phalaris</i> spp.	1,5-2,5	0,8-1,2
<i>Poa</i> spp.	1,5-2,5	1,5-2,0
<i>Setaria</i> spp.	1,5-2,5	0,8-1,2
<i>Sorghum halepense</i>	5,0	0,8-1,2
<i>Triticum</i> spp.	1,5-2,5	0,8-1,2

Tabella 6. Principali caratteristiche sanitarie ed ambientali di alcuni erbicidi autorizzati nell'intercoltura (fonte: etichette ministeriali).

Erbicida	Formulato commerciale	Indicazioni di pericolo	Pittogrammi
Glifosate	Roundup	Nessuno	Nessuno
	Platinum		

Diquat	Reglone W	- Può essere corrosivo per i metalli - Nocivo se ingerito - Tossico se inalato - Può irritare le vie respiratorie - Provoca danni agli organi in caso di esposizione prolungata o ripetuta - Molto tossico per gli organismi acquatici, con effetti di lunga durata	   
Dicamba	Mondak 21S	- Provoca grave irritazione oculare - Nocivo per gli organismi acquatici con effetti di lunga durata	 Attenzione
Ciclossidim	Stratos Ultra	- Provoca grave irritazione oculare - Provoca irritazione cutanea - Può essere mortale in caso di ingestione e di penetrazione nelle vie respiratorie - Può provocare sonnolenza o vertigini - Sospettato di nuocere al feto - Tossico per gli organismi acquatici di lunga durata	   Pericolo
Propaquizafop	Agil	- Può essere letale in caso di ingestione penetrazione nelle vie respiratorie - Provoca grave irritazione oculare - Nocivo se inalato - Tossico per gli organismi acquatici con effetti di lunga durata	   Pericolo

Alternative al glifosate nella falsa semina

La falsa semina si basa sulla preparazione anticipata del letto di semina, con lo scopo di creare le condizioni favorevoli alla germinazione delle malerbe, e sulla loro successiva eliminazione, prima della semina della coltura. Si tratta di un intervento in grado di favorire il flusso germinativo dei semi dotati di scarsa dormienza e capaci di emergere contemporaneamente alla specie da coltivare (Rasmussen, 2004). Il risultato di questa pratica è strettamente correlato al numero di semi posizionati nello strato in cui può avvenire la germinazione (in media fino a 5-10 cm), al contenuto idrico del suolo, alla tipologia di malerbe e alle caratteristiche del suolo (Boyd et al., 2006). Per stimolare l'emergenza delle malerbe è consigliabile ricorrere a lavorazioni superficiali e ad interventi irrigui, nel caso di assenza di precipitazioni. In generale, la tecnica della falsa semina è efficace in particolare sulle infestanti annuali con semi poco dormienti; infatti, le lavorazioni hanno lo scopo di portare i semi in superficie, esponendoli a condizioni più favorevoli all'interruzione della dormienza e alla germinazione (Pelce, 2013). Il periodo di dormienza è specifico per ogni malerba: ad esempio, il bromo sterile ha semi non dormienti e può quindi essere facilmente controllato con la falsa semina. Altre specie, come *Alopecurus myosuroides* o *Lolium* spp., sono dotate di un certo grado di dormienza e l'efficacia della tecnica può pertanto essere variabile (Pelce, 2013). La falsa semina risulta scarsamente efficace sulle specie perennanti come convolvolo, *Rumex* spp. e *Cirsium arvense* (Pinel et al., 2018).

In seguito all'emergenza delle malerbe, trascorso un periodo di 2-4 settimane, è necessario devitalizzare la vegetazione. La devitalizzazione delle malerbe può essere realizzata con diverse modalità operative, sia con diserbanti totali non residuali, come il glifosate, sia con mezzi meccanici o fisici (erpiculture o pirodiserbo). Ipotizzando l'impossibilità di utilizzare il glifosate per devitalizzare le malerbe emerse, l'impiego di erbicidi alternativi autorizzati è limitata alla sola coltura del riso. Infatti, per tale coltura sono registrati alcuni erbicidi da applicare in pre-semina con le infestanti emerse, quali il ciclossidim e il propaquizafop. Considerando la scarsa disponibilità di erbicidi alternativi, è quindi necessario fare ricorso alle lavorazioni per l'eliminazione delle malerbe emerse. La devitalizzazione delle malerbe con mezzi meccanici può essere effettuata con fresature, erpicature o estirpature. I risultati di una sperimentazione condotta in Toscana nel 2015 hanno fatto rilevare una più elevata efficacia, in termini di riduzione della banca semi, quando le malerbe erano devitalizzate con passaggi ripetuti di frese o erpici rotativi, rispetto alla lavorazione eseguita con un estirpatore; la riduzione della banca semi superficiale con tali lavorazioni è stata pari a circa 1/3 rispetto alla banca semi iniziale (Benvenuti et al., 2016). Le fresature e le erpicature hanno indotto una maggiore frantumazione delle zolle rispetto alle estirpature, migliorando l'arieggiamento del suolo e favorendo quindi una maggiore germinazione delle malerbe. L'estirpatura ha però permesso un miglior controllo

delle malerbe perennanti, quali *Convolvulus arvensis* e *Cirsium arvense* (Benvenuti et al., 2016). L'erpatura fornisce in genere risultati inferiori a quelli ottenuti con gli altri mezzi di lotta nella devitalizzazione delle malerbe; tuttavia, se realizzata superficialmente, essa determina un rimescolamento del terreno, con un trasporto in superficie di semi vitali e la creazione di condizioni favorevoli alla loro germinazione (esposizione alla luce, arieggiamento, ecc.) (Pannacci et al., 2017). Per migliorare l'efficacia della tecnica, possono essere realizzate false semine ripetute: il numero di cicli di falsa semina è dipendente dal tempo a disposizione tra la lavorazione e la semina, dalle condizioni meteorologiche e dalle rotazioni praticate. Nel caso di false semine ripetute è necessario eseguire le lavorazioni in modo superficiale e ad una profondità costante, in modo da diminuire la consistenza della banca semi ed evitare di portare in superficie altri semi dagli strati più profondi (Pelce, 2013).

La tecnica della falsa semina può essere combinata con altri interventi per il controllo delle malerbe nelle stoppie, per l'interramento delle paglie e per la preparazione del letto di semina (Tabella 7). La scelta della tipologia di organi lavoranti può quindi permettere di eseguire la falsa semina combinata ad altre operazioni. L'utilizzo di organi lavoranti rotativi e di erpici a dischi indipendenti permette di ottenere una buona efficacia nella falsa semina, ma anche di devitalizzare i ricacci, di interrare le stoppie e di eseguire la preparazione del letto di semina. Gli organi lavoranti a denti rigidi risultano i meno adatti all'esecuzione delle diverse operazioni, in quanto risultano solo efficaci nel devitalizzare le malerbe emerse (Pinel et al., 2018) (Tabella 7).

Tabella 7. Efficacia delle operazioni di falsa semina, devitalizzazione dei ricacci interrimento delle paglie e preparazione del letto di semina di diversi organi lavoranti (modificato da Pinel et al., 2018).

Operazioni	Organi lavoranti a denti			Organi lavoranti animati da presa di potenza		Organi lavoranti a dischi	
	rigidi+ dischi rotanti	rigidi	flessibili	ad asse orizzontale (rotovator)	ad asse verticale (erpice rotante)	a dischi standard	a dischi indipendenti
Falsa semina	+	-	+	+++	+++	+	+++
Devitalizzazione ricacci	+++	++	+++	++	++	++	++
Interramento delle paglie	++	-	-	++	+	++	+++
Preparazione del letto di semina	++	-	++	+++	+++	+	+++

+: efficacia scarsa; ++: efficacia media, +++: efficacia buona.

Una tecnica di devitalizzazione delle malerbe emerse, attuabile soprattutto nelle colture intensive, è il pirodiserbo. Le attrezzature per il pirodiserbo sono costituite da bruciatori alimentati a seguito della decompressione del GPL contenuto in bombole in fase liquida. L'efficacia di tale metodo di lotta è da attribuirsi alla distruzione delle membrane cellulari e alla coagulazione delle proteine, che avviene a temperature superiori ai 50 – 70°C all'interno delle cellule vegetali (Aldo Ferrero e Casini, 2001). L'efficacia della tecnica dipende dallo stadio di sviluppo delle malerbe e dalla loro morfologia (Ulloa et al., 2012, 2010b, 2010a). Generalmente, le specie dicotiledoni ai primi stadi di sviluppo sono più sensibili rispetto alle specie monocotiledoni adulte. Nelle dicotiledoni, infatti, i meristemi non sono protetti sotto la superficie del suolo come nelle monocotiledoni, e sono quindi esposti all'azione del fuoco (Pannacci et al., 2017). Un altro fattore che può condizionare l'efficacia del trattamento è l'ora del giorno in cui questo eseguito: trattamenti effettuati nel pomeriggio sono più efficaci rispetto a quelli effettuati nella mattina, in quanto la vegetazione presenta un inferiore contenuto idrico (Ulloa et al., 2012). Attualmente, l'utilizzo del pirodiserbo è economicamente conveniente solo nelle colture intensive a causa degli elevati costi del carburante, dell'attrezzatura e della manodopera necessaria, nonostante la tecnica abbia dimostrato una buona efficacia nelle applicazioni su mais, girasole, in frutticoltura e in orticoltura (Ferrero e Vidotto, 1998; Pannacci et al., 2017).

Alternative al glifosate negli impieghi in presenza della coltura

Gli attuali impieghi del glifosate nelle colture erbacee in presenza della coltura riguardano varie tipologie di intervento. Oltre ad applicazioni localizzate su infestazioni a macchia (spesso realizzate con attrezzature manuali), il glifosate può essere impiegato su numerose colture erbacee utilizzando opportune attrezzature selettive: umettanti, lambenti, a gocciolamento o schermate. Una applicazione degna di nota è quella relativa all'uso di barre lambenti in interventi di soccorso per evitare la disseminazione di infestanti di taglia superiore a quella della coltura (es. riso crodo nel riso). Un'altra applicazione è il diserbo con attrezzature schermate nell'interfila delle colture a file distanziate. Formulati a base di glifosate sono inoltre utilizzabili in numerose colture erbacee per il controllo delle infestanti emerse dopo la semina e prima dell'emergenza della coltura.

Possibili erbicidi alternativi utilizzabili in questi ambiti di impiego possono essere rappresentati da erbicidi selettivi per le colture interessate e dal diquat. Quest'ultimo deve essere utilizzato con le stesse modalità di applicazione previste per il glifosate (attrezzature selettive), in quanto erbicida ad azione totale.

Tutti gli interventi meccanici (es. sarchiature, rincalzature, strigliature, sfalcio nell'interfila, ecc.) e fisici (es. pirodiserbo) utilizzabili con la coltura in atto possono rappresentare una alternativa all'uso

del glifosate in questo campo di impiego. Nel caso delle barre lambenti, queste possono essere sostituite da attrezzature dotate di organi di taglio o di trinciatura di varia tipologia.

Considerazioni economiche e applicabilità delle alternative al glifosate

Il costo delle tecniche alternative all'utilizzo del glifosate nell'intercoltura può variare a seconda della lunghezza del periodo intercolturale che è funzione della rotazione colturale adottata. Il periodo intercolturale più breve si ha quando si adotta una monosuccessione tra due cereali vernini o una rotazione tra un cereale vernino e il colza; in questo caso, il periodo intercolturale va dalla metà di giugno fino al momento che precede la preparazione del letto di semina, a circa fine settembre. Nell'intercoltura estiva è possibile eseguire un trattamento con il glifosate, nel mese di agosto, con lo scopo di impedire la disseminazione delle malerbe annuali e di controllare le specie perennanti, come ad esempio la sorghetta. In alternativa al trattamento con il glifosate potrebbero essere eseguiti 3 sfalci o lo stesso numero di lavorazioni, ad esempio erpicature o discature. Un eventuale trattamento con dicamba potrebbe essere eseguito sulla vegetazione che si sviluppa sulle stoppie, per il controllo di infestanti specifiche (es. convolvolo), mentre un trattamento con diquat potrebbe essere eseguito alla fine del periodo intercolturale per completare l'azione degli interventi meccanici (Figura 7).

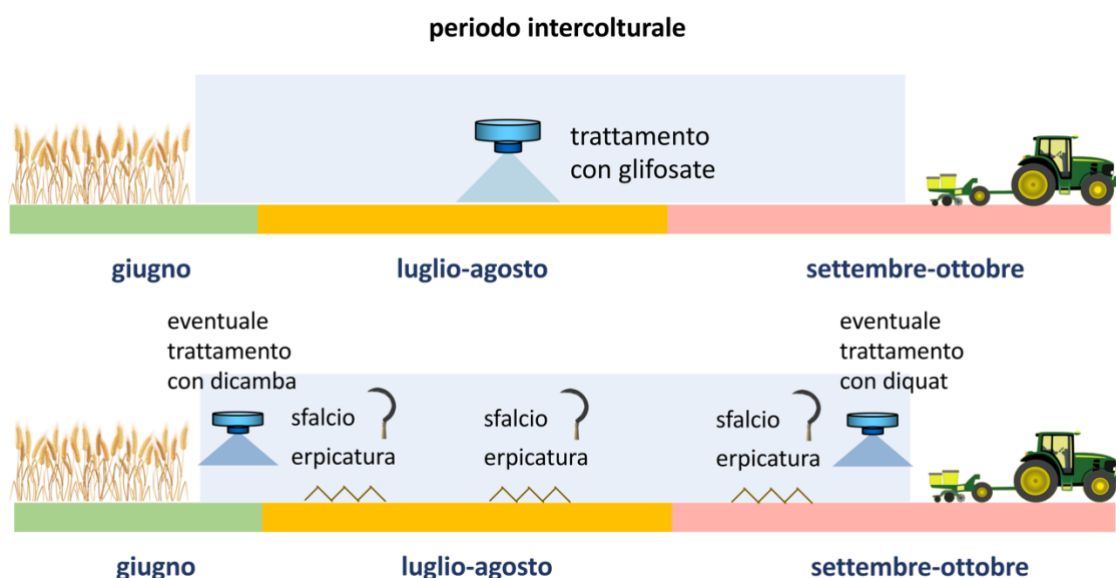


Figura 7. Interventi di erpicatura o sfalci eseguiti come alternativa al trattamento con glifosate nel periodo intercolturale estivo tra due cereali vernini o tra un cereale vernino e il colza. I trattamenti con dicamba e diquat possono essere effettuati a completamento dell'azione degli interventi meccanici.

Il costo del trattamento con il glifosate, con il dicamba o il diquat è stato stimato considerando il costo di esecuzione del trattamento, sommato al costo del formulato commerciale impiegato ad ettaro. Per quanto riguarda l'esecuzione del trattamento si è fatto riferimento alle Tariffe agromeccaniche per l'anno 2018 rese disponibili dell'Unione Nazionale Contoterzisti Agromeccanici Industriali, che è stimato a circa 63 €/ha (Tabella 8). Il costo degli erbicidi è invece stato stimato mediando il prezzo di diversi formulati commerciali, contenenti la molecola considerata, applicato dai rivenditori di prodotti fitosanitari, moltiplicato per la dose ad ettaro utilizzata. Il costo del trattamento con il glifosate, ipotizzando di applicare una dose di 4 L/ha (di un formulato a 360 g/L di s.a.) sulle malerbe cresciute sulle stoppie, è stimato a circa 90 €/ha (Tabella 8). Il costo del trattamento alternativo con diquat o dicamba, risulterebbe leggermente più elevato rispetto a quello con il glifosate: 119 e 107 €/ha, rispettivamente, a causa del maggiore costo del prodotto. Tali trattamenti non sarebbero però in grado di controllare completamente la vegetazione a causa del loro limitato spettro di azione (dicamba) o dell'assenza di sistemicità (diquat). Nello scenario ipotizzato, i trattamenti con dicamba e diquat potrebbero eventualmente essere eseguiti in aggiunta a 3 interventi di erpicatura o di sfalcio. Nel caso dello sfalcio, il costo di esecuzione della singola operazione è stimato, sulla base delle tariffe agromeccaniche, a 49 €/ha; l'esecuzione di 3 interventi avrebbe quindi un costo totale di 147 €/ha (Tabella 9). Il costo di esecuzione della singola operazione di erpicatura è di 89 €/ha, che porta a un costo di 267 €/ha, considerando 3 interventi.

In generale, l'esecuzione di 3 sfalci o 3 erpicature avrebbe un costo più elevato rispetto al singolo trattamento con glifosate, rispettivamente del 61% e del 193%; inoltre, l'eventuale scelta di eseguire un trattamento con dicamba o diquat, aumenterebbe ulteriormente i costi.

Tabella 8. Stima del costo di un trattamento con glifosate, diquat o dicamba.

costo trattamento		glifosate	diquat	dicamba
esecuzione trattamento ¹	€/ha	63	63	63
costo prodotto ²	€/ha	24	56	44
totale costo trattamento	€/ha	87	119	107

¹(Unione Nazionale Contoterzisti Agromeccanici Industriali, 2018)

²dose di impiego (glifosate 4 L/ha, diquat 4 L/ha, dicamba 1,2 L/ha) e prezzo del prodotto al rivenditore (glifosate 6 €/L, diquat 14€/L, dicamba 37 €/L)

Tabella 9. Stima del costo dell'esecuzione di 3 sfalci o 3 erpature nel periodo intercolturale.

costo 3 sfalci		
esecuzione sfalcio ¹	€/ha	49
numero sfalci	n	2-3
totale	€/ha	98-147
costo 3 erpature		
esecuzione erpicatura ¹	€/ha	89
numero erpature	n	2-3
totale	€/ha	178-267

¹(Unione Nazionale Contoterzisti Agromeccanici Industriali, 2018).

Considerando un periodo intercolturale più lungo, come nel caso della rotazione tra un cereale vernino e una coltura estiva, le alternative al trattamento estivo con il glifosate potrebbero essere rappresentate, anche in questo caso, da 2-3 sfalci o 2-3 lavorazioni eseguite in particolare per controllare delle specie perennanti prima dell'inverno (Figura 8). Un ulteriore possibilità è rappresentata dall'inserimento di una coltura di copertura seminata successivamente alla raccolta del cereale vernino e terminata in primavera prima della semina del mais.

Il costo dell'introduzione di una coltura di copertura comprende il costo dell'intervento di semina della coltura, circa 62 €/ha, da sommare a quello della semente, stimato in circa 100 €/ha. A questi si deve aggiungere il costo per la terminazione della *cover crop* (es. attraverso uno sfalcio/trinciatura, al costo di 49 €/ha). La coltura di copertura potrebbe anche essere rappresentata da un erbaio per produzione di foraggio, per il quale si deve prevedere il costo di 2-3 sfalci complessivi (Tabella 10). In questo caso parte dei costi possono essere coperti dal valore della biomassa raccolta. Va inoltre osservato che con le colture di copertura, come già evidenziato in precedenza, non è sempre possibile ottenere un completo contenimento della vegetazione spontanea.

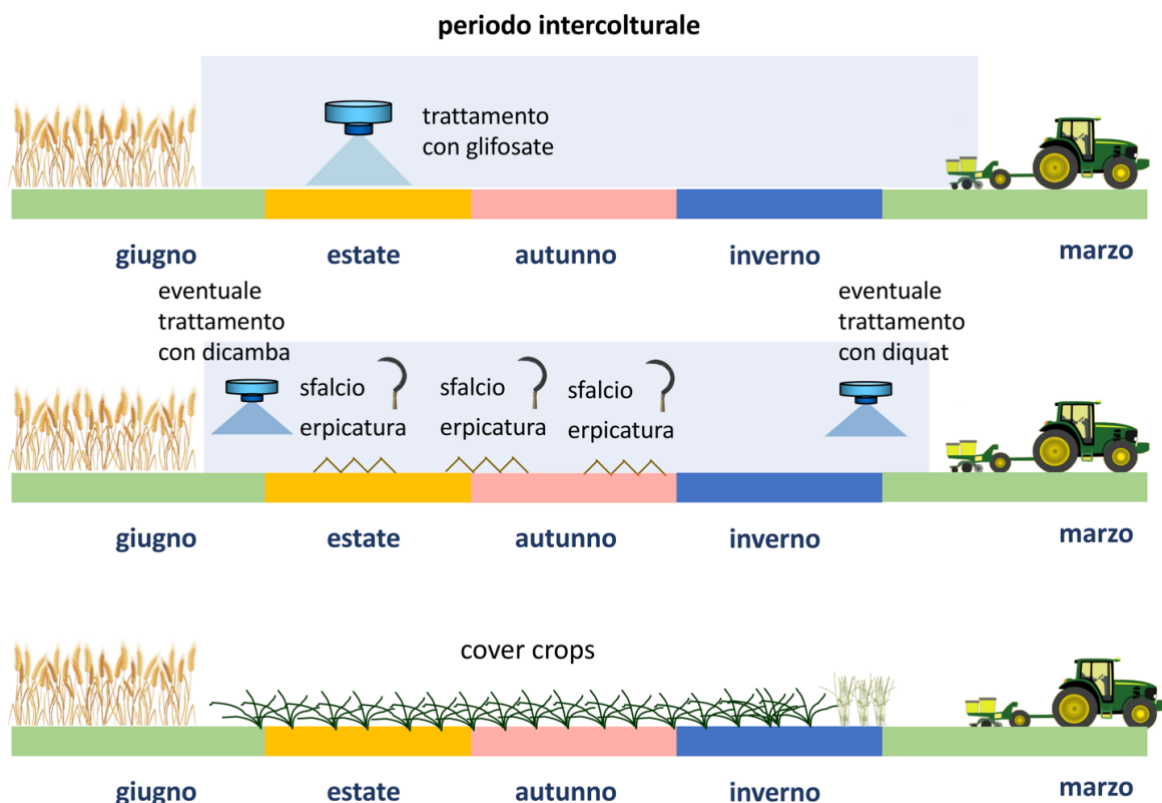


Figura 8. Interventi di erpicatura o sfalci eseguiti come alternativa al trattamento con glifosate o semina di colture di copertura nel periodo intercolturale tra un cereale vernino e la semina di una coltura estiva. I trattamenti con dicamba e diquat possono essere effettuati a completamento dell'azione degli interventi meccanici.

Tabella 10. Stima del costo della coltivazione di una cover crop nel periodo intercolturale.

costo introduzione cover crop		
semina cover crop ¹	€/ha	62
costo semente ²	€/ha	100
costo sfalci (1-3)	€/ha	49-147
totale (con 1-3 sfalci)	€/ha	211-309

¹(Unione Nazionale Contoterzisti Agromeccanici Industriali, 2018)

²dose media di semente (4 kg/ha) e prezzo medio al rivenditore (25 €/kg) nel caso di semina di loiessa o di un miscuglio di crucifere

Interessanti sono i risultati di uno studio realizzato nel 2017 dall'INRA per conto del Ministero dell'Agricoltura francese per analizzare l'impatto organizzativo ed economico della mancata disponibilità del glifosate su un complesso di 996 aziende distribuite in gruppi omogenei per indirizzo produttivo ed organizzazione aziendale (indirizzo zootecnico o non; accesso all'irrigazione o non,

presenza o non di colture industriali, monocoltura di mais, presenza di prati avvicendati, ecc.) (Reboud et al., 2017).

In mancanza del diserbante si rileva un aumento del numero di lavorazioni nell'80% dei casi in cui si adottano sistemi conservativi e nel 30% di quelli convenzionali. Le variazioni più significative si registrano soprattutto nelle aziende zootecniche con semina su sodo, in cui la gestione della vegetazione nel periodo intercolturale richiede fino a 4 interventi meccanici in assenza di glifosate contro 1 solo previsto nel caso di utilizzo del diserbante. In generale, tale aumento non determina un corrispondente incremento nel carico di macchine agricole nei diversi contesti produttivi, ma rallenta i tempi necessari per la realizzazione delle diverse operazioni di preparazione del letto di semina. In queste condizioni l'abbandono del diserbante ha un'influenza sfavorevole sull'organizzazione del lavoro delle grandi aziende molto specializzate (Reboud et al., 2017).

Conclusioni

L'applicabilità delle alternative all'impiego del glifosate nella gestione delle malerbe per la preparazione dei letti semina, nel periodo intercolturale e in sistemi conservativi è di difficile valutazione. Oltre al semplice esame analitico delle possibili alternative, occorre considerare il fatto che, al momento, non sono disponibili strumenti con livelli di efficacia e praticità applicativa totalmente sovrapponibili a quelle del glifosate (Tabella 11).

L'analisi delle tecniche alternative deve, pertanto, necessariamente collocarsi in un quadro globale di gestione integrata delle malerbe, dove i mezzi non chimici assumono un ruolo fondamentale. In effetti sotto il solo profilo economico ed agronomico, il glifosate presenta vantaggi tali da renderlo, di fatto, non facilmente sostituibile.

Per tratteggiare un quadro generale dei più significativi punti di forza e di debolezza delle tecniche alternative, si richiamano in modo sintetico i principali aspetti che le differenziano rispetto all'uso del glifosate e che ne condizionano il ruolo ed il possibile impatto agronomico, economico ed ambientale nella gestione della vegetazione spontanea nell'intercoltura e nei sistemi conservativi:

- **spettro d'azione:** attualmente è disponibile un numero molto ridotto di erbicidi alternativi (diquat, dicamba, ciclossidim e propaquizafop), caratterizzati da uno spettro d'azione più ristretto e dalla possibilità di essere impiegati in settori più limitati rispetto al glifosate.
- **infestanti "difficili":** nel caso di specie dotate di organi di moltiplicazione vegetativa le possibili alternative meccaniche (sfalci, sarchiature, erpicature, ecc.) richiedono il ricorso a più interventi e la loro efficacia è fortemente condizionata dalla natura del suolo e dell'andamento climatico. Tra gli erbicidi impiegabili in sostituzione del glifosate, è possibile

ricorrere soltanto a formulati contenenti dicamba, esclusivamente efficaci nei confronti di specie a foglia larga, o a base di diquat, erbicida ad azione disseccante autorizzato per applicazioni in assenza di aratura.

Tabella 11. Analisi del livello di applicabilità e grado di efficacia delle principali strumenti alternativi al glifosate per la gestione delle infestanti nell'intercoltura e nella semina su sodo.

	Applicabilità	Efficacia					
		Dicotiledoni annuali	Graminacee annuali	Dicotiledoni perenni	Graminacee perenni	Devitalizzazione cover crop dicotiledone	Devitalizzazione cover crop graminacea
Glifosate	Elevata	Elevata	Elevata	Elevata	Elevata	Elevata	Elevata
Altri erbicidi	Elevata	Buona	Buona	Buona	(1) Buona	Discreta	(1) Discreta
Cover crop	Buona	Buona	Buona	Appena sufficiente	Appena sufficiente		
Rotazione	Discreta	Discreta	Discreta	Discreta	Discreta		
Aratura	Buona	Elevata	Elevata	Buona	Buona	Elevata	Elevata
Erpicatura	Buona	Elevata	Elevata	Buona	Discreta	Discreta	
Falsa semina	Elevata	Discreta	Buona	Buona	Discreta	(1) Discreta	Discreta
Rullatura e gelo	Buona	Discreta				Discreta	(2) Discreta
Sfalcio	Elevata	Discreta	Buona	Buona	Discreta	Appena sufficiente	Discreta

Applicabilità Elevata Buona Discreta
Efficacia Elevata Buona Discreta Appena sufficiente Insufficiente

(1) solo nel caso del riso

(2) variabilità legata ai giorni di gelo

- **sistemi conservativi:** le possibili alternative più efficaci sono basate sullo sfalcio e sul ricorso a *cover crop*, il cui ciclo può essere terminato dalle basse temperature (*cover crop* gelive) o attraverso un intervento meccanico. Tra gli erbicidi alternativi al glifosate si possono impiegare formulati contenenti diquat e i graminicidi ciclossidim e propaquizafop, autorizzati soltanto nella coltura del riso.
- **falsa semina:** le alternative chimiche al glifosate sono possibili per la sola coltura del riso e si limitano al controllo delle graminacee. L'eliminazione delle infestanti tramite mezzi

meccanici necessita di più interventi per ottenere elevati valori di efficacia e possono stimolare nuove emergenze.

- **caratteristiche sanitarie e ambientali:** gli erbicidi impiegabili come alternativa al glifosate nei contesti discussi in questo lavoro presentano, nel complesso, caratteristiche sanitarie ed ambientali intrinseche tendenzialmente più sfavorevoli rispetto a quelle del glifosate, come evidenziato dalle indicazioni di pericolo e dai pittogrammi riportati in etichetta.

I numerosi aspetti favorevoli legati all'applicazione dei prodotti contenenti glifosate si traducono in evidenti vantaggi economici, rispetto ai diversi mezzi alternativi attualmente disponibili.

L'analisi di alcuni possibili scenari di gestione del periodo intercolturale che non prevedono l'uso di glifosate ha evidenziato costi generalmente superiori, oltre alla necessità di effettuare un maggior numero di interventi e quindi di richiedere maggiori tempi complessivi di esecuzione. Anche l'impiego di altri erbicidi utilizzabili evidenzia un importante svantaggio economico, dovuto sia ai loro maggiori costi unitari, sia soprattutto ai costi legati alla necessità di ricorrere ad altri interventi integrativi, per raggiungere un analogo livello di efficacia.

Nella valutazione delle possibili alternative è necessario anche porre l'attenzione su alcuni aspetti critici del glifosate, e in particolare sui rischi di contaminazione delle acque, soprattutto superficiali, e sull'induzione di fenomeni di resistenza nelle malerbe.

La mancata disponibilità di prodotti contenenti glifosate renderebbe, in generale, più complessa ed economicamente più onerosa la gestione delle malerbe nei sistemi colturali erbacei. L'assenza di erbicidi alternativi altrettanto efficaci e versatili, comporterebbe la necessità di affidarsi, quasi esclusivamente, a strumenti agronomici e meccanici di non sempre possibile applicazione nei programmi di gestione conservativa e con importanti vincoli sull'organizzazione dei sistemi colturali più specializzati.

Bibliografia

- AFPP. (2006). Diquat. Disponibile all'indirizzo internet: <http://www.afpp.net/columa/fichesherbicides2006/reglone.pdf>
- AFPP-Columa vigne. (2018). Les techniques d'entretien mécanique des sols viticoles.
- Bartolini R (2017a). Come scegliere le migliori cover crops, piante che aumentano la fertilità del suolo – Il Nuovo Agricoltore. Disponibile all'indirizzo internet: <http://www.ilnuovoagricoltore.it/come-scegliere-le-migliori-cover-crops-piante-che-aumentano-la-fertilita-del-suolo/>
- Bartolini R (2017b). Cover crops: “Tillage Radish”, il rafano americano che lavora il terreno al posto dell'aratro. Disponibile all'indirizzo internet: <http://www.ilnuovoagricoltore.it/cover-crops-tillage-radish-il-rafano-americano-che-lavora-il-terreno-al-posto-dellaratro/>
- Benvenuti S, Mercati S, Selvi M, Cardinali G, Fulceri S, Mercati V (2016). Efficacia agronomica di false semine mirate alla sostenibilità malerbologica in sistemi colturali di tipo biologico. In *ATTI Giornate Fitopatologiche*, Chianciano Terme, Vol. 1, pp. 611–620.
- Boström U, Fogelfors H (1999). Type and time of autumn tillage with and without herbicides at reduced rates in southern Sweden 2. Weed flora and diversity. *Soil & Tillage Research*, 50: 11.
- Boyd NS, Brennan E B, Fennimore S A (2006). Stale Seedbed Techniques for Organic Vegetable Production. *Weed Technology*, 20: 1052–1057.
- Brenna S, Tabaglio V (2017). Linee guida per l'applicazione e diffusione dell'Agricoltura conservativa. Progetto Life Helpsoil. Disponibile all'indirizzo internet: http://www.lifehelpsoil.eu/wp-content/uploads/downloads/2017/06/HelpSoil_LineeGuida_low-1.pdf
- Calvo G. (2018). *Efficacia della pacciamatura verde nella gestione delle infestanti in risicoltura biologica* (Tesi magistrale). Università degli Studi di Torino.
- Campagna G, Geminiani E (2014). Come ottimizzare l'efficacia del glifosate sulle malerbe. *L'Informatore Agrario*, 14: 50–54.
- Campagna G, Rapparini G (2011). L'importanza del diserbo nel periodo intercolturale. *L'Informatore Agrario*, 28: 5.
- Chikowo R, Faloya V, Petit S, Munier-Jolain N M (2009). Integrated Weed Management systems allow reduced reliance on herbicides and long-term weed control. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 132: 237–242.
- Coprob (2017). Affinamento del terreno e diserbo pre-semina. Bollettino n. 1. Disponibile all'indirizzo internet: http://www.coprob.com/wp-content/uploads/2016/12/coprob_Bollettino_1_PRESEMINA.pdf
- Duke S O, Powles S B (2008). Glyphosate: a once-in-a-century herbicide. *Pest Management Science*, 64: 319–325.
- European Commission (2017). Comunicazione della Commissione sull'iniziativa dei cittadini europei «Vietare il glifosato e proteggere le persone e l'ambiente dai pesticidi tossici». European Commission. Disponibile all'indirizzo internet: <http://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/3/2017/IT/C-2017-8414-F1-IT-MAIN-PART-1.PDF>
- European Commission (2018). Glyphosate. Disponibile all'indirizzo internet: https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/glyphosate_en
- European Food Safety Authority (2015). *La valutazione del rischio spiegata dall'EFSA: il glifosato*. Parma: EFSA. Disponibile all'indirizzo internet: <http://bookshop.europa.eu/uri?target=EUB:NOTICE:TM0415780:IT:HTML>

- Falchier M, Le Roux L, Moquet M, Méry Y, Neveux S (2018). Glyphosate usages et alternatives. Chambres d'agriculture de Bretagne. Disponibile all'indirizzo internet: https://opera-connaissances.chambres-agriculture.fr/doc_num.php?explnum_id=102017
- Favrelière É, Ronceux A, Bétencourt E (2016). Biologie et moyens de gestion des adventices vivaces sans herbicides: fiches thématiques. Estrées Mons: Agro-transfert ressources et territoires. Disponibile all'indirizzo internet: <http://www.agro-transfert-rt.org/projets/agri-bio/>
- Ferrero A, Vidotto F (1998). Mezzi alternative al diserbo chimico nelle colture orticole. Atti del XI convegno SIRFI "Il controllo della flora infestante nelle colture orticole", Bari, pp 71-104.
- Ferrero A, Casini P (2001). Mezzi fisici. In *Malerbologia* Bologna (Italy): Pàtron Editore. pp 287–296.
- GIRE (2018). Banca dati sulla resistenza agli erbicidi in Italia. Disponibile all'indirizzo internet: <http://gire.mlib.cnr.it/>
- Glyphosate Task Force (2013). Agronomic & other benefits of glyphosate for the EU. Disponibile all'indirizzo internet: https://www.glyphosate.eu/system/files/sidebar-files/agronomic_benefits_of_glyphosate_for_european_agriculture.pdf
- Gonzalez-Sanchez E, García M, Kassam A, Holgado Cabrera A, Triviño-Tarradas P, Carbonell R, Basch G (2017). *Conservation Agriculture: Making Climate Change Mitigation and Adaptation Real in Europe*.
- Graglia E, Melander B, Jensen R K (2006). Mechanical and cultural strategies to control *Cirsium arvense* in organic arable cropping systems. *Weed Research*, 46: 304–312.
- Hartwig N L, Ammon H U (2002). Cover crops and living mulches. *Weed Science*, 50: 688–699.
- Heap I, Duke S O (2018). Overview of glyphosate-resistant weeds worldwide. *Pest Management Science*, 74.
- IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risk to Humans (2017). *Some organophosphate insecticides and herbicides. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans* (Vol. 112). Lyon, France: IARC. Disponibile all'indirizzo internet: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK436774/>
- ISPRA (2018). *Rapporto nazionale pesticidi nelle acque* (No. 282/2018) (pp. 1–95). Roma: ISPRA. Disponibile all'indirizzo internet: http://www.isprambiente.gov.it/files2018/pubblicazioni/rapporti/Rapporto_282_2018.pdf
- ISTAT (2018). Data warehouse. STAT - Agricoltura, Coltivazioni: Superficie e produzione. Disponibile all'indirizzo internet: http://dati.istat.it/Index.aspx?DataSetCode=DCSP_COLTIVAZ#
- Lechenet M (2017). *Peut-on concilier un faible usage de pesticides, une bonne performance économique et environnementale?* Université de Bourgogne Franche-Comté. Disponibile all'indirizzo internet: <http://prodinra.inra.fr/record/403698>
- Manzone M, Balsari P (2008). Valutazione delle prestazioni di alcune macchine per il controllo delle infestanti negli impianti per la produzione di biomassa legnosa. *ATTI Giornate Fitopatologiche*, Cervia, Vol. 2, pp 81–88.
- Nkurunziza L (2010). *Phenology and source-sink dynamics of carbohydrates in relation to management of perennial weeds: Cirsium arvense (L.) Scop. and Tussilago farfara L.* (PhD thesis). University of Copenhagen. Disponibile all'indirizzo internet: <http://orgprints.org/18240/1/18240.pdf>
- PAN Europe (2018). Alternatives methods in weed management to the use of glyphosate and other herbicides. Pesticide Action Network Europe. Disponibile all'indirizzo internet: <https://www.greens-efa.eu/files/doc/docs/ef14a7e5fc8eb8191b3e742610d28cf2.pdf>

- Pannacci E, Lattanzi B, Tei F (2017). Non-chemical weed management strategies in minor crops: A review. *Crop Protection*, 96: 44–58.
- Pelce L (2013). Le faux semis permet de réduire le stock semencier d'adventices. Disponible all'indirizzo internet: <http://arvalisinstitutduvegetal.fr:443/le-faux-semis-permet-de-reduire-le-stock-semencier-d-adventices-@/view-13945-arvarticle.html>
- Pinel G, Trayssac J, Roche N, Flas O, Rigal P (2018). La technique du faux semis. *Fiche technique «Ecophyto»*, 3: 1-2.
- Rasmussen I A (2004). The effect of sowing date, stale seedbed, row width and mechanical weed control on weeds and yields of organic winter wheat. *Weed Research*, 44: 12–20.
- Reboud X, Blanck M, Aubertot J, Jeuffroy M H, Munier-Jolain N, Thiollet-Scholtus (2017). *Usages et alternatives au glyphosate dans l'agriculture française*. (No. TR507024), pp. 85.
- Romagnoli S, Vandini G, Geminiani E, Bucchini R, Rapparini G (2006). Verifica dei tempi di assorbimento dei graminicidi “fop” e “dim” impiegati su colture a foglia larga. *ATTI Giornate Fitopatologiche*, Riccione, pagg. 443–452.
- Tabaglio V (2011). Le Cover Crop per l'AgricolturaBLU. *Terra E Vita*, 52: 10–12.
- Tamagnone M, Ghigo D (2006). Analisi della funzionalità di una barra irroratrice umettante per il diserbo in risaia. *ATTI Giornate Fitopatologiche*, Riccione, Vol. 1, pp. 487–492.
- Ulloa S M, Datta A, Bruening C, Gogos G, Arkebauer T J, Knezevic S Z (2012). Weed control and crop tolerance to propane flaming as influenced by the time of day. *Crop Protection*, 31: 1–7.
- Ulloa S M, Datta A, Knezevic S Z (2010a). Growth Stage-Influenced Differential Response of Foxtail and Pigweed Species to Broadcast Flaming. *Weed Technology*, 24: 319–325.
- Ulloa S M, Datta A, Knezevic S Z (2010b). Tolerance of selected weed species to broadcast flaming at different growth stages. *Crop Protection*, 29: 1381–1388.
- Unione Nazionale Contoterzisti Agromeccanici Industriali (2018). Tariffe agromeccaniche. Disponibile all'indirizzo internet: <http://www.contoterzisti.it/tariffari.php>
- Yenish J P, Worsham A D, York A C (1996). Cover Crops for Herbicide Replacement in No-tillage Corn (*Zea mays*). *Weed Technology*, 10: 815–821.

IL CONTROLLO DELLA VEGETAZIONE INFESTANTE LUNGO LE LINEE FERROVIARIE E NELLE AREE URBANE IN ASSENZA DEL GLIFOSATE

OTTO S.¹, VIDOTTO F.², IMPERATORE G.³, ZANIN G.³

1. IBAF-CNR

2. DISAFA, Università di Torino

3. DAFNAE, Università di Padova

E-mail: stefan.otto@ibaf.cnr.it

Riassunto

La gestione della vegetazione spontanea infestante lungo le linee ferroviarie e nelle aree urbane richiede un notevole impegno sia nella fase di progettazione delle linee sia nella fase di manutenzione. L'attuale contesto normativo pone notevoli vincoli all'uso di erbicidi ed è necessario organizzare una strategia di gestione che integri la lotta chimica con quella fisica, e utilizzi sostanze ritenute più sostenibili dal lato ecotossicologico.

Parole chiave

Glifosate; Acido pelargonico; Ferrovie; Aree urbane; Gestione delle infestanti.

Summary

Weed management along railways and roads and in residential areas requires considerable effort both in the design phase of the lines and in the maintenance phase. The current regulatory framework imposes several constraints on the use of herbicides and it is necessary to organize a management strategy that integrates chemical and physical methods, and uses substances considered more sustainable from the ecotoxicological point of view.

Keywords

Glyphosate; Pelargonic acid; Railways; Urban areas; Weed management.

Introduzione

L'efficacia, l'affidabilità, il costo ridotto e il grande utilizzo del glifosate nel diserbo delle aree extra-agricole sono argomenti già abbondantemente affrontati (Watts et al., 2016). Questa relazione si concentrerà sulle alternative attualmente disponibili per il diserbo ferroviario e delle aree urbane, in caso di revoca dell'autorizzazione del glifosate. L'impatto ambientale delle soluzioni alternative sarà trattato solo brevemente perché l'uso di altri erbicidi è comunque ritenuto da cittadini e politici preferibile al glifosate.

PARTE A: IL CONTROLLO DELLA VEGETAZIONE SPONTANEA LUNGO LE LINEE FERROVIARIE

1. La linea ferroviaria

Le alternative esistenti devono essere opportunamente integrate con la realtà operativa e con l'organizzazione del cantiere di lavoro, dove diventano sostanziali i tempi (durata del trattamento in relazione alle finestre di utilizzo della linea e all'andamento climatico) e il numero di interventi necessari. La lentezza delle soluzioni alternative e/o la necessità di più passaggi rappresentano le difficoltà maggiori, causando un aumento sproporzionato dei costi di gestione della flora spontanea: secondo l'Union International des Chemins de fer (UIC), in Europa i costi aumenteranno da 10 a 16-17 volte a seguito della proibizione del glifosate (EUROPATODAY, 2017). Oltre a tutti questi aspetti bisogna poi considerare che un obiettivo non secondario da prendere in considerazione è la riduzione della permanenza del personale operante in situazioni di pericolosità lungo la linea, esigenza che si scontra con la maggiore lentezza di soluzioni tecniche alternative.

Non esistono soluzioni generalizzate applicabili a tutte le situazioni ma solo soluzioni specifiche, perché anche dentro la stessa linea ci sono aree diverse con problemi e necessità di controllo diversi. La Figura 1 evidenzia le aree di una linea ferroviaria: massicciata, unghiatura, sentiero, area di prossimità interna, zona esterna (scarpata); a queste poi si devono aggiungere i depositi, i piazzali, le aree frequentate delle stazioni.

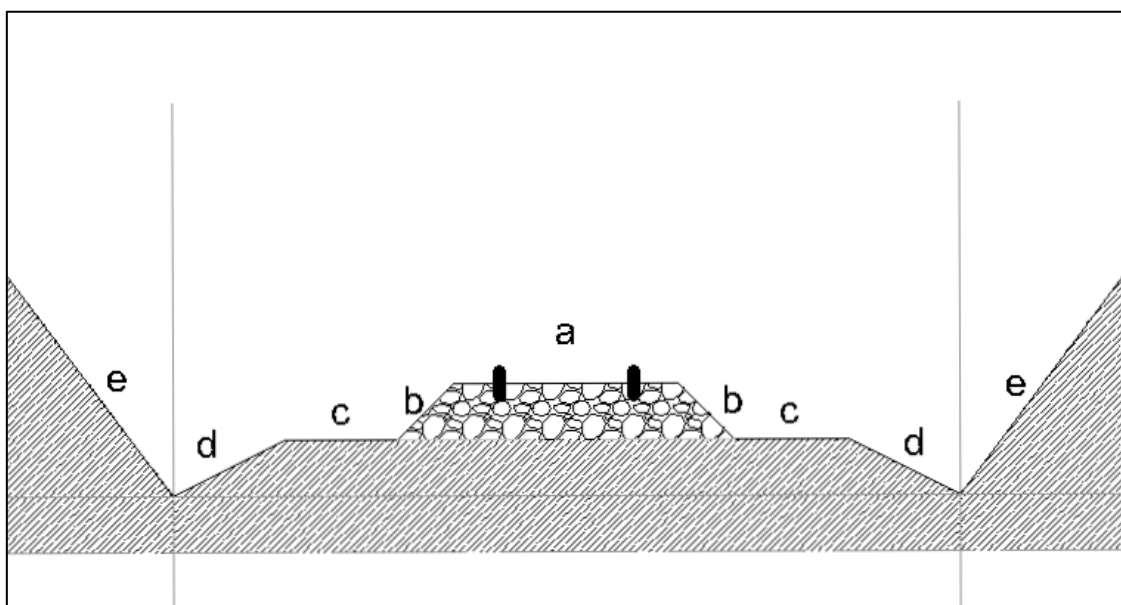


Figura 1. Le diverse aree di una linea ferroviaria: a=massicciata; b=unghiatura; c=sentiero; d=area di prossimità interna; e=area di prossimità esterna.

Le soluzioni alternative dovranno essere modulate sulle diverse comunità di specie vegetali presenti lungo la linea, ognuna delle quali potrà richiedere un intervento specifico. Il glifosate, invece,

garantisce una buona efficacia su un complesso di situazioni sia spaziali (tutte le aree), sia di infestanti (annuali o vivaci, graminacee o dicotiledoni, erbacee o arbustive), sia fenologiche (piante a diverso sviluppo vegetativo); l'ampio spettro di azione e la flessibilità di impiego è il grande vantaggio del glifosate, che semplifica molto il lavoro con risparmio di tempo e di organizzazione.

Le alternative al glifosate possono essere valutate con la classificazione proposta da Reboud et al. (2017), che per una certa tecnologia considera **Maturità**, **Efficacia**, **Fattibilità**.

Il livello di **Maturità** di una tecnologia (*Technology Readiness Level*, acronimo TRL) può essere valutato con la scala messa a punto originariamente dalla NASA (EARTO, 2014): detta scala considera valori da 1 a 9, dove 1 è il livello più basso (definizione dei principi di base della tecnologia) e 9 è il più alto (sistema già utilizzato in ambiente operativo). Le alternative al glifosate verranno qui classificate sulla base della “TRL semplificata” come considerato da Reboud et al. (2017), con 5 livelli di maturità:

- Livello 1: principi di base del metodo/tecnologia semplicemente formalizzati;
- Livello 2: fase di ricerca attiva, tecnologia concettualmente valida;
- Livello 3: metodo valido in condizioni/aree specifiche;
- Livello 4: tecnologia che ha dimostrato la sua efficacia in molti casi;
- Livello 5: tecnologia già commercializzata e/o utilizzata.

Inoltre, sempre sulla base del lavoro di Reboud et al. (2017), si è valutata anche l'**Efficacia** e la **Fattibilità** del metodo/tecnologia alternativo al glifosate con una scala da 1 a 5: 1 molto bassa, 2 bassa, 3 media, 4 elevata, 5 molto elevata. Per **Fattibilità** si intende l'insieme dei problemi legati all'operatività più o meno complessa: numero di interventi, segmentazione delle aree e delle comunità di infestanti da trattare, lentezza dei lavori, costi annessi. Le tecnologie alternative al glifosate, allo stato attuale delle conoscenze sono più di processo che di prodotto, per cui le valutazioni portano con sé un inevitabile margine di soggettività, ma comunque sono utili per il confronto tra le diverse soluzioni in campo.

In sintesi, con l'eliminazione del glifosate bisogna mettere a punto soluzioni integrate e gestire la fase di transizione con intelligenza individuando bene le priorità.

Il controllo della vegetazione spontanea in ferrovia si ottiene con interventi **preventivi** nella fase di costruzione della linea o di manutenzione soprattutto straordinaria, e con interventi di **controllo** direttamente sulla vegetazione (Figura 2).

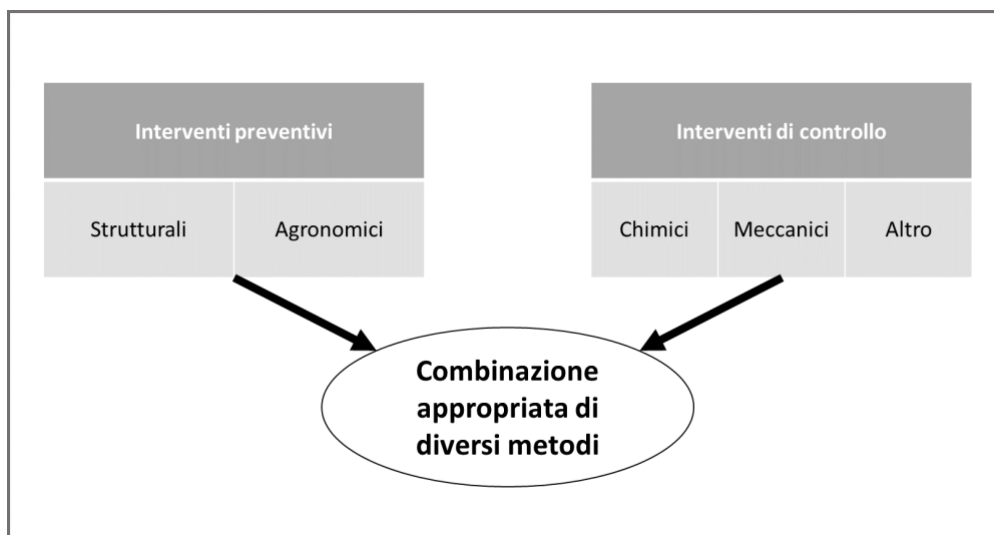


Figura 2. Una gestione razionale della vegetazione si basa sulla combinazione di interventi e metodi.

2. Interventi preventivi

Possono essere di tipo strutturale e di tipo agronomico.

2.1 Interventi strutturali

2.1.1 A livello di costruzione della linea o di manutenzione straordinaria

Non sono interventi di tipo agronomico ma hanno effetti notevoli e duraturi sulla vegetazione, e comportano l’inserimento di barriere fisiche sotto la massicciata e/o di lato al sentiero di ispezione per impedire l’emergenza delle malerbe.

Sotto la massicciata si può inserire uno **strato di asfalto** o, più frequentemente, un **film plastico** che fuoriuscendo dalla massicciata copre anche il sentiero. È un film che lascia passare l’acqua e che non permette alle malerbe di emergere, neanche a quelle dotate di strutture di riproduzione vegetativa sotterranee. Questo metodo è costoso e viene utilizzato, per esempio, dalle ferrovie francesi al momento della costruzione di nuove linee, oppure all’atto del rifacimento della massicciata nelle linee che attraversano zone di ricarica degli acquiferi dove l’uso di erbicidi è proibito.

Lateralmente al sentiero si possono inserire delle **barriere di cemento** che però non devono impedire il drenaggio dell’acqua dalla massicciata, interferire con le operazioni di manutenzione ordinaria o essere di ostacolo a quelle future. L’obiettivo è di evitare che le specie lianose o dotate di rizomi e stoloni, partendo dall’area di prossimità esterna possano raggiungere il sentiero e la massicciata, compromettendo la sicurezza del sistema.

In certi casi si può sostituire la massicciata con “**slab track**”, soluzione usata principalmente nei sistemi di trasporto urbano (linee tramviarie e metropolitane) o nelle nuove linee ad alta velocità. Con questa particolare “massicciata” i binari vengono appoggiati su piastre di cemento armato dove la crescita delle malerbe non è possibile.

Rask e Kristoffersen (2007) sottolineano il costo elevato di queste azioni preventive, ma anche la loro importanza perché nella costruzione delle nuove linee il controllo della vegetazione spontanea deve essere attentamente considerato.

2.1.2 Pulizia della massicciata

Con gli anni la polvere e le impurità si depositano dentro la massicciata creando, assieme al trattenimento dell'umidità, una situazione favorevole alla germinazione delle malerbe. La pulizia della massicciata nei periodi più secchi dell'anno è una delle più importanti operazioni preventive di controllo delle malerbe, in quanto rimuove il substrato che ne permette la germinazione e la crescita, con qualche eccezione (es. equiseti). Questa operazione è eseguita con una macchina specifica che solleva le pietre della massicciata che passano poi attraverso uno specifico sistema di pulizia che elimina la polvere e le impurità. Le pietre ripulite vengono poi ridistribuite nella posizione iniziale. Con questo intervento una massicciata adiacente a un vialetto ben gestito può restare pulita anche per 20-40 anni.

2.1.3 Aspirazione della massicciata (Ballast Vacuuming)

In Germania si sono sviluppate procedure di aspirazione della polvere dalla massicciata fino a una profondità di 10-20 cm. Lo strato superficiale è smosso da grandi rastrelli e simultaneamente avviene l'aspirazione di polvere e impurità varie. L'intervento è piuttosto lento, per questo viene di solito impiegato solo nei binari che attraversano le stazioni.

2.2 Interventi agronomici

Sono interventi che hanno l'obiettivo di favorire le specie pluriennali tipiche dei prati in grado di competere con le specie più invadenti per rapidità di crescita, altezza, ecc. In sostanza si tratta di favorire con uno sfalcio regolare soprattutto le graminacee e le leguminose prative che grazie all'accestimento e alla capacità stolonifera chiudono rapidamente il terreno ostacolando l'inserimento di altre specie. Sono operazioni che si possono fare, dove è possibile, solo lungo i sentieri o le aree di prossimità interne (area **c** in Figura 1). Questa strategia di intervento è matura, conosciuta e praticata ma i costi legati alla lentezza del lavoro sono elevati. In questa logica si inserisce anche la pratica dell'**idrosemina**, più regolarmente eseguita lungo le scarpate delle nuove linee ma anche utilizzata nella manutenzione di linee già esistenti. I terreni idroseminati saranno poi sottoposti a regolare sfalcio. La tecnologia è già consolidata ma numerose sono le variabili che influenzano la sua efficacia: scelta del miscuglio, del collante, del momento di intervento, della qualità del terreno, la pendenza, l'andamento meteo, ecc. (ISPRA, 2010).

3. Interventi di controllo

3.1 Erbicidi tradizionali

Gli erbicidi più utilizzati attualmente in ferrovia sono prodotti di pre-emergenza, residuali, (**flazasulfuron, oryzalin, isoxaben, oxifluorfen, penoxsulam**) e di post-emergenza ad assorbimento prevalentemente fogliare (**aminopyralid, fluroxipir, MCPA, nicosulfuron, pyraflufen, triclopyr, 2,4 D**) (Tabella 1). La maggior parte di questi erbicidi viene proposta in miscela per ampliarne lo spettro di azione. È da sottolineare che i prodotti di post-emergenza non sono attivi contro le graminacee tranne il nicosulfuron (efficace su graminacee e dicotiledoni).

Gli erbicidi di pre-emergenza sono dotati di buona persistenza e sono in grado di contenere le emergenze da aprile a giugno, dopo questo periodo, solitamente, è necessario almeno un intervento con erbicidi ad assorbimento fogliare. Una soluzione, in assenza di glifosate, potrebbe essere flazasulfuron in primavera e poi fluroxipir+triclopyr in estate. Per particolari infestanti si potrebbero usare erbicidi specifici, per esempio 2,4 D e MCPA contro l'equiseto.

Con la strategia pre + post-emergenza si intravedono comunque delle criticità. Una di queste è il controllo delle graminacee vivaci quali *Sorghum halepense*, *Cynodon dactylon* e *Imperata cylindrica*, e delle graminacee più termofile ad emergenza scalare (*Setaria italica*, *Digitaria sanguinalis*, ecc.) in quanto per il loro controllo è disponibile solo il nicosulfuron. In presenza di comunità di malerbe semplificate, con infestanti che richiedono soluzioni specifiche (*Sorghum halepense* + *Equisetum* spp., rovi + *Sorghum halepense*, ecc.) sarà necessario intervenire con miscele di prodotti, con risultati che saranno molto dipendenti dallo stadio fenologico delle piante al momento del trattamento.

Pochissimi prodotti **che riportano in etichetta l'utilizzo in ferrovia** superano i criteri imposti dal PAN, mentre sono ancor meno quelli indicati dai Criteri Minimi Ambientali-CAM (**Decreto 15 febbraio 2017 punti 4.1.3.1 e 4.2.3.1**), rendendo particolarmente difficile la gestione della vegetazione spontanea.

I CAM si suddividono in criteri ambientali «di base» e criteri «premianti» e sono finalizzati a promuovere una maggiore sostenibilità ambientale, economica e sociale dei servizi offerti, garantendo comunque il rispetto delle leggi nazionali e regionali. Lo scopo di questi ultimi è di fornire al mercato un segnale adeguato: è opportuno, infatti, che le stazioni appaltanti assegnino ai criteri premianti un punteggio in misura non inferiore al 15% del punteggio totale.

Oltre all'esclusione dei prodotti fitosanitari che contengono sostanze classificate per la cancerogenesi, la mutagenesi e la tossicità riproduttiva in categoria 1A e 1B, e di quelli che recano in etichetta le indicazioni di pericolo H400, H410, H413, come indicato dal PAN, si devono escludere i prodotti che soddisfano una o più delle seguenti condizioni:

- riportare in etichetta le frasi di precauzione SPe1, SPe2, SPe3, da sole o in combinazione;
- essere classificati tossici (T) molto tossici (T+);
- recare in etichetta una o più delle seguenti frasi di rischio (R40, R42, R43, R62, R63, R64, R68) e una delle seguenti indicazioni di pericolo (H300, H301, H310, H311, H317, H330, H331, H334, H341, H351, H361, H362, H370, H371, H372).

In presenza di situazioni specifiche c'è la possibilità di chiedere una deroga seguendo una procedura ben definita nei CAM: detta deroga diventerà prassi, vanificando quindi lo spirito della norma. A questo punto bisognerebbe che la normativa recepisce i due seguenti concetti: le limitazioni degli erbicidi dovrebbero essere basate sul rischio e non sul pericolo, quindi si dovrebbe considerare attentamente l'esposizione differenziale dei singoli soggetti (operatori, astanti, residenti) e inoltre dare una chiara definizione delle zone del sistema ferroviario evidenziando che certe aree (es. piazzali) non sono frequentate dalla popolazione ma solo dagli operatori con i dovuti DPI che riducono l'esposizione.

Tabella 1. Erbicidi che in etichetta riportano la dicitura “impiego nelle ferrovie” o “impiego nelle strade”.

Erbicida	Classe HRAC	Ferrovie	Strade	Frasi H o SPe
Ac. pelargonico	n.c.	no	si	
Ac. pelargonico + idrazide maleica	n.c.	si	si	
Flazasulfuron	B	si	si	H410
Fluroxipir + aminopyralid	O	si	si	H410
Glifosate	G	si	si	
Glifosate + oxifluorfen	G+E	si	si	H410
Glifosate + pyraflufen-etile	G+E	si	no	H410
Isoxaben	L	si	si	H410
Nicosulfuron	B	si	si	H410, SPe3
Oryzalin + penoxsulam	K1+B	si	si	H410
Oxifluorfen	E	si	si	H410
Triclopir + aminopyralid	O	si	si	H410
Triclopir + 2,4 D	O	si	si	H410
Triclopir + fluroxipir	O	si	si	H410

Nella scelta degli erbicidi va considerato poi anche il problema della resistenza. Secondo la banca dati di Heap (WeedScience.org, 2018) le specie resistenti presenti lungo le ferrovie sono 15 (Figura 3). In particolare, le specie resistenti al solo nicosulfuron, **tra ferrovie e ambito agricolo sono in totale 20**, circa metà graminacee e metà dicotiledoni. Le specie dove la resistenza è più diffusa sono

Sorghum halepense, *Echinochloa crus-galli*, *Setaria viridis* e *Digitaria sanguinalis* rispettivamente in 8, 6, 3 e 2 Paesi.

Se si sviluppano graminacee resistenti al nicosulfuron la gestione diventerebbe complicata non essendoci in post-emergenza prodotti alternativi efficaci. Per prevenire il problema anche in ferrovia andrebbe praticata la rotazione dei meccanismi di azione (MoA) dei diversi erbicidi.

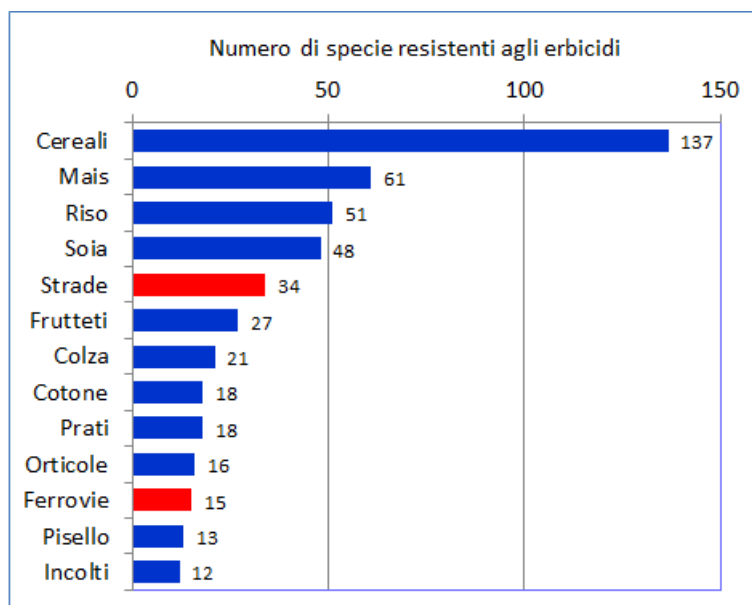


Figura 3. Specie resistenti agli erbicidi a livello mondiale nelle diverse colture e situazioni (WeedScience.org, 2018).

3.2 Erbicidi nuovi

L'acido pelargonico non è certamente una novità assoluta perché la prima notizia in Italia risale a fine anni '90 (Contemori e Covarelli, 1998), ma è definito “nuovo” in quanto solo ultimamente, con le difficoltà del glifosate, è stato riproposto in vari ambiti. È utilizzabile da solo o in miscela con l'idrazide maleica. È un erbicida di contatto che dissecca le piante in poche ore. Il suo meccanismo di azione consiste nell'immediata disidratazione delle cellule cuticolari e parenchimatiche con cui viene a contatto. Non essendo lisciviabile e non avendo persistenza nel terreno può essere impiegato in situazioni molto diverse: dai letti di semina alle aree extra-agricole. Per avere i risultati migliori il prodotto deve essere applicato su vegetazione non bagnata, in condizioni di buona luminosità, con una temperatura di almeno 15°C e umidità minima del 60%. È importante utilizzarlo su infestanti giovani in attiva crescita, che non siano stressate. Tuttavia, non essendo un p.a. sistemico, e non inibendo particolari vie biochimiche, su piante pluriennali e vivaci dotate di gemme radicali esercita un effetto limitato. È irritante in particolare per gli occhi e quindi va manipolato con attenzione.

Mentre in condizioni quali il diserbo urbano, della vite e dei letti di semina si ha già un po' di esperienza, l'impiego in ferrovia deve essere ancora messo a punto. Le problematiche sono numerose in un contesto difficile con associazioni floristiche molto diversificate, con piante spesso stressate dal clima o dal substrato, e disomogenee fenologicamente. In particolare sono ancora da definire con precisione **le dosi e il numero di interventi**. Inoltre, nel medio periodo può verificarsi un'eventuale selezione di piante meno controllate. Da non sottovalutare poi l'adeguamento dei treni diserbatori al prodotto, in particolare nelle fasi di miscelazione e di distribuzione.

Il costo è al momento ancora molto elevato sia per l'acquisto del prodotto sia per il numero di interventi che probabilmente serviranno (2 o 3).

L'acido pelargonico è utilizzabile in ferrovia solo in formulazioni che contengono l'idrazide maleica. L'idrazide maleica è un regolatore di crescita, si muove attraverso la cuticola ed è attivamente trasportata ai tessuti, dove inibisce la divisione cellulare. L'allungamento delle cellule non è bloccato, quindi non sono attaccate le cellule già formate che si trovano nelle strutture sotterranee della pianta o che non sono raggiunte perché la struttura della pianta non lo permette (es. foglie arrotolate o protette da guaine). È per questo che per certe infestanti si impone un secondo trattamento. L'idrazide aumenta la persistenza di azione del prodotto, rallentando il ricaccio delle piante in particolare di quelle pluriennali (dotate di gemme secondarie nelle radici fittonanti) e di quelle vivaci (dotate di gemme primarie nelle strutture sotterranee di riproduzione vegetativa).

L'acido acetico in ferrovia, invece, pare dare risultati meno soddisfacenti rispetto all'acido pelargonico.

3.3 Integrazione tra erbicidi tradizionali e erbicidi nuovi

Probabilmente, allo stato attuale delle conoscenze e delle disponibilità, la strategia migliore potrebbe essere l'utilizzo di prodotti residuali in primavera, seguito in estate da più interventi (da 2 a 4) con l'acido pelargonico da solo o meglio miscelato con idrazide maleica. Ovviamente su infestanti specifiche, come equiseti, rovi, ecc. serviranno interventi *ad hoc*.

3.4 Interventi meccanici

Comprendono lo sfalcio meccanico e lo sfalcio manuale.

Lo sfalcio meccanico si realizza con motocarrelli ferroviari o con mezzi strada/rotaia dotati di bracci telescopici e teste trincianti che possono operare lungo la linea, in trincea e nei rilevati in particolare nelle aree "d" ed "e" della linea ferroviaria (Figura 1). Per le aree di prossimità esterna sono stati di recente proposti anche mezzi senza conduttore comandati da remoto.

Lo sfalcio manuale è utilizzato in quelle aree dove per motivi tecnici e/o operativi non possono operare mezzi meccanici semoventi e/o in vicinanza di aree sensibili come i corsi d'acqua, inoltre richiede molta manodopera ed è costoso e lento.

Demandare allo sfalcio meccanico e manuale la maggior parte del controllo della vegetazione lungo le linee ferroviarie non è pensabile perché le finestre operative sono molto strette, inoltre, con questi interventi, si corre il rischio di danneggiare gli impianti tecnologici del sentiero.

3.5 Interventi fisici

Il pirodiserbo della linea ferroviaria appare poco adatto per il rischio di incendi e il danneggiamento dei cavi e degli apparati tecnologici presenti. Merita sottolineare che specie pluriennali con apparato vegetativo sotterraneo (es. *Taraxacum officinale*, *Equisetum* spp.) sono favorite dal pirodiserbo per mancanza di competizione. Il consumo di energia è poi notevole, come elevata è anche la produzione di gas a effetto serra (CO₂).

Nelle zone frequentate dalla popolazione nelle vicinanze delle stazioni il pirodiserbo può essere preso in considerazione assieme al vapore, all'acqua calda (Hansson and Ascard, 2002) o alla schiuma.

Un metodo fisico proposto di recente è l'elettrodiserbo (Zasso Technologies). Utilizzabile solo su superfici continue (piazzali), richiede macchinari molto ingombranti e la tecnologia non è ancora applicabile alle linee ferroviarie.

4. Gestione integrata

In un quadro così complesso, per rispettare le indicazioni del PAN e i CAM, bisogna assolutamente sviluppare strategie integrate (Bajwa et al., 2015) basate su un utilizzo più mirato degli erbicidi, sia sulle diverse aree della linea ferroviaria, sia sulle diverse comunità di infestanti.

La base per un tale miglioramento è la conoscenza delle specie vegetali e dei loro raggruppamenti lungo la linea. Tale monitoraggio viene fatto dai tecnici con una valutazione a occhio sul campo, ma come ha evidenziato Nyberg (2015), i risultati non sono affidabili: affinché il metodo visivo funzioni è necessaria una rigorosa standardizzazione dello stesso, che nella miriade di situazioni presenti nella linea ferroviaria non è facile da ottenere. Si stanno sviluppando sistemi automatizzati, come algoritmi di elaborazione elettronica delle immagini (Yella et al., 2013; Nyberg et al., 2013), in grado di quantificare la copertura vegetale e di processare la quasi totalità delle immagini provenienti dalla linea con un'accuratezza del 95%.

Il passo successivo è quello di attivare treni diserbatori in grado di distribuire specifiche miscele di erbicidi sulla base delle indicazioni del monitoraggio della flora infestante. Per questo si ritiene che

sia opportuno attribuire a livello di valutazione dell'offerta un punteggio premiale a chi dimostra di avere una conoscenza particolareggiata della vegetazione spontanea nelle varie aree della linea.

Nell'ambito della gestione integrata interessante è anche l'impiego di sensori ottici per individuare la vegetazione presente. Il sistema "Weedseeker® selective spray system", è in grado di individuare le piante con clorofilla attivando gli ugelli solo in loro presenza. È reputato un sistema efficace per ridurre l'input chimico nei **trattamenti di post-emergenza** su vegetazione già presente. Questa tecnica, invece, non è così vantaggiosa quando si impiegano erbicidi residuali che devono eliminare sia la vegetazione presente sia impedire l'emergenza di nuove piante. In questo caso l'erbicida deve essere applicato su tutta la superficie, sia infestata sia non infestata. Un sistema basato su sensori ottici è stato messo a punto in Ungheria dalla G&G Ltd. (Wegener et al., 2014), che ha realizzato un treno diserbatore con sensori in grado di individuare e mappare le malerbe e un sistema di irrorazione capace di applicare l'erbicida in 9 diversi segmenti trasversali della linea ferroviaria. Un approccio analogo è seguito anche dalle ferrovie austriache per il controllo della *Fallopia japonica* (ÖBB, 2014). Si tratta ovviamente di sistemi in grado ridurre le quantità distribuite irrorando solo dove è necessario, non si eliminano gli erbicidi ma si utilizzano in maniera mirata recependo in pieno l'indicazione del PAN che recita "è necessario ridurre e/o sostituire per quanto possibile l'uso dei prodotti fitosanitari".

5. Comparazione tra strategie di intervento

Considerate le soluzioni a disposizione, è possibile ipotizzare alcune strategie alternative all'impiego del glifosate. La Tabella 2 mette a confronto 4 strategie sulla base della maturità della tecnologia, della loro efficacia e fattibilità pratica.

Tabella 2. Strategie di intervento sulla base della TRL semplificata.

Strategia	Maturità	Efficacia	Fattibilità
Strategia 1			
erbicidi tradizionali senza limitazioni CAM (comma 4.1.3.1.)	5	4	4
Strategia 2			
erbicidi tradizionali con limitazioni CAM + nuovi prodotti (ac. pelargonico)	3/4	3	3
Strategia 3			
erbicidi tradizionali con limitazioni CAM + sfalcio	3	3	2/3
Strategia 4			
solo ac. pelargonico + sfalcio	2/3	3	2

Con le soluzioni più restrittive della Strategia 2 (adeguamento alle indicazioni dei CAM e utilizzo di nuovi prodotti) sia l'efficacia sia la fattibilità sono limitati: questa strategia non è ancora matura e deve essere messa a punto.

La transizione verso un approccio più sostenibile richiede molti anni, bisogna avviare subito una sperimentazione ampia per capire come combinare le poche soluzioni disponibili e soprattutto capire le vere potenzialità dell'acido pelargonico, da solo o con l'idrazide maleica, nella realtà floristica complessa delle ferrovie italiane.

PARTE B: IL CONTROLLO DELLA VEGETAZIONE SPONTANEA NELLE AREE URBANE

1. L'ambiente urbano

La gestione della vegetazione infestante nelle aree urbane presenta numerosi elementi di similitudine con quanto già discusso in precedenza per le linee ferroviarie. Rispetto a queste, tuttavia, l'ambiente urbano è generalmente caratterizzato da una complessità maggiore. Gli ambienti e le strutture urbane nei quali è possibile lo sviluppo di vegetazione indesiderata sono infatti sensibilmente più diversificati rispetto all'ambito ferroviario. Oltre ad una maggiore varietà di possibili strutture riscontrabili (marciapiedi, strade, parcheggi, parchi, giardini pubblici, campi sportivi, cortili, scale e altre vie

pedonali, ecc.), le stesse strutture possono essere realizzate con materiali, metodologie costruttive e dimensionamenti estremamente diversificati e meno vincolati, rispetto al contesto ferroviarie, al soddisfacimento di standard costruttivi ben definiti.

Da un punto di vista ecologico, l'estrema varietà di ambienti presenti in ambito urbano ha come conseguenza lo sviluppo di una flora infestante ampiamente diversificata, che a sua volta rende complessa la sua gestione, non facilmente riconducibile a soluzioni semplici e applicabili ovunque. Negli ambienti artificiali o comunque profondamente modificati presenti tanto nelle aree urbane quanto in quelle extra-urbane (ad esempio ferrovie, strade, autostrade) sono inoltre riscontrabili i valori più elevati di frequenza e densità di specie esotiche invasive (Celesti-Grapo et al., 2010).

La vegetazione infestante presente nelle città è inoltre condizionata dalle peculiari caratteristiche climatiche locali che caratterizzano gli ambienti urbani, in particolare gli insediamenti di grandi dimensioni. Rispetto alle aree rurali, negli insediamenti urbani è spesso riscontrabile una maggiore concentrazione di CO₂ e più elevate temperature dell'aria e del suolo (Ziska et al., 2003). Quando non sussistono altre limitazioni (es. in presenza di un substrato limitato e/o ridotta disponibilità idrica), le infestanti delle aree urbane possono svilupparsi maggiormente rispetto alle aree rurali. Ad esempio, in *Chenopodium album* è stata osservata una maggiore crescita, sia in termini di taglia che di biomassa prodotta (Ziska et al., 2004). L'effetto "isola di calore" degli ambienti urbani può inoltre condizionare significativamente la durata delle fenofasi e addirittura il ciclo biologico nel suo insieme (Gorton et al., 2018). Non è infatti raro riscontrare in alcune zone particolarmente esposte e/o protette degli ambienti urbani il superamento dell'inverno da parte di individui di specie annuali, che sarebbero altrimenti destinati a soccombere a causa delle basse temperature (Figura 4).



Figura 4. Piante mature di *Ambrosia artemisiifolia* rilevate il 2 marzo 2017 nel territorio urbano di Torino (45.0937 °N, 7.6536 °E. Foto M. Milan).

Una ulteriore complicazione nella gestione della flora infestante in ambito urbano è rappresentata dalla presenza di vegetazione ornamentale e tecnica, pubblica e privata, di varia tipologia (es. aiuole, alberate, giardini privati, parchi pubblici, campi sportivi) e costituita da numerose specie con caratteristiche molto diversificate. I piani di gestione della flora infestante devono pertanto conciliare l'esigenza di ottenere un buon contenimento delle specie indesiderate con la necessità di non arrecare danno alla vegetazione che si intende, viceversa, salvaguardare. Per certi versi, in tale contesto si presenta un problema analogo a quello che comunemente si riscontra in ambito agricolo, dove i mezzi di lotta devono necessariamente svolgere una azione selettiva nei confronti delle colture; tuttavia, mentre in ambito agricolo la specie da salvaguardare è in genere una sola (la coltura presente in un dato momento), in ambito urbano i mezzi impiegati devono permettere di salvaguardare un numero spesso elevato di specie vegetali desiderate.

1.1 L'uso di erbicidi e i vincoli normativi specifici dell'ambiente urbano

Nonostante la notevole complessità dell'ambiente urbano, l'impiego degli erbicidi può consentire una significativa semplificazione delle operazioni di gestione delle malerbe. Similmente all'ambito ferroviario, anche in questo caso l'ampio spettro di azione e la flessibilità di impiego, oltre alla azione sistemica e alla possibilità di impiego su infestanti a vari stadi di sviluppo, rendono il glifosate uno strumento **efficace e in grado di semplificare il lavoro** e la pianificazione degli interventi. Con opportuni accorgimenti in fase di distribuzione (es. ugelli schermati) è inoltre possibile, in molti casi, impiegare tale erbicida anche in prossimità della vegetazione che si intende proteggere. Da un punto di vista tecnico, l'impiego del glifosate è particolarmente vantaggioso dove gli interventi con mezzi meccanici (es. decespugliatori) sono difficoltosi o presentano una efficacia limitata. È il caso, ad esempio, delle infestanti perennanti che si sviluppano all'interno di crepe, sconnessioni o altre soluzioni di continuità di superfici pavimentate (es. marciapiedi) già parzialmente deteriorate e nei confronti delle quali gli interventi meccanici hanno una efficacia parziale e limitata nel tempo.

L'uso di erbicidi in ambito urbano può presentare tuttavia delle criticità di carattere sia ambientale sia relativo al potenziale impatto sulla salute umana, soprattutto nelle aree per le quali è più intensa la fruizione da parte della popolazione. Questo assunto viene indicato tra le premesse della Direttiva 2009/128/CE, che vincola gli Stati Membri a ridurre “i rischi e gli impatti sulla salute umana e sull'ambiente promuovendo l'uso della difesa integrata e di approcci o tecniche alternativi, quali le alternative non chimiche ai pesticidi” (Art. 1). Il Piano di Azione Nazionale (PAN) per l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari, previsto dalla Direttiva, si prefigge di implementare questo obbligo sia in ambito agricolo che in aree extra agricole frequentate dalla popolazione.

L'attuale PAN in vigore prescrive che per le “aree frequentate dalla popolazione o da gruppi vulnerabili” le autorità locali individuino aree dove il diserbo è vietato o integrato con mezzi non chimici. Oltre a tali aree, il PAN fornisce un elenco non esaustivo di aree “frequentate dalla popolazione o da gruppi vulnerabili” nelle quali il diserbo è comunque vietato: parchi e giardini pubblici, campi sportivi, aree ricreative, cortili e aree verdi all'interno e confinanti con plessi scolastici, parchi gioco per bambini, superfici in prossimità di strutture sanitarie, piste ciclabili, zone di interesse storico-artistico e paesaggistico e loro pertinenze, aree monumentali e loro pertinenze, aree archeologiche e loro pertinenze, aree cimiteriali e loro aree di servizio (Art. A.5.6).

Nel caso specifico del glifosate, il Ministero della Salute ha emesso un decreto (9 agosto 2016) e una successiva nota di chiarimento (7 aprile 2017) con i quali viene revocato l'impiego di questo erbicida in parchi, giardini, campi sportivi e aree ricreative, cortili e aree verdi all'interno di plessi scolastici, aree gioco per bambini e aree adiacenti alle strutture sanitarie. Secondo tali norme, l'uso del glifosate sarebbe invece ammesso in altre aree non incluse in questo elenco, come ad esempio le aree cimiteriali. Tali provvedimenti, se da un lato hanno fornito indicazioni precise sulle possibilità di impiego del glifosate, dall'altro hanno creato una incongruenza con quanto previsto dal PAN, ovvero il divieto di uso di erbicidi in tutte le aree indicate nel già citato Art. A.5.6. Paradossalmente, il glifosate presenterebbe, stanti le attuali norme, campi di impiego più ampi, di altri erbicidi tecnicamente impiegabili in ambito urbano.

Oltre ai vincoli posti dal PAN, si richiamano le ulteriori restrizioni definite dal Decreto 15 febbraio 2017 relativo ai Criteri Ambientali (decreto CAM), già citato per la gestione della vegetazione lungo le ferrovie e che riguardano anche le gare d'appalto per l'esecuzione dei trattamenti fitosanitari sulle o lungo le strade e le autostrade.

Le restrizioni imposte dalla normativa, ma soprattutto l'incertezza con la quale la norma stessa può essere interpretata nella sua applicazione pratica, fanno sì che gli enti preposti alla gestione delle infestanti nelle aree pubbliche urbane (ovvero le Amministrazioni comunali) si trovino spesso in difficoltà ad adeguarsi a quanto previsto dal PAN. In questo clima di incertezza, la tendenza è quella di rinunciare integralmente agli erbicidi di sintesi, scelta che è comunque coerente con quanto indicato dal PAN e che riduce il rischio di eventuali contestazioni, soprattutto da parte di una opinione pubblica che è sempre meno favorevole all'utilizzo di questi mezzi di lotta.

Questo insieme di circostanze rendono particolarmente urgente la ricerca di mezzi alternativi al diserbo chimico e al glifosate in particolare.

2. Interventi preventivi

Analogamente a quanto visto per l'ambito ferroviario, anche per l'ambiente urbano è possibile ricorrere ad alcuni interventi preventivi per ridurre la comparsa delle infestanti. Tali interventi vanno tenuti in considerazione a prescindere dal mezzo di lotta diretta che si intende applicare, non solo nel caso in cui non si possano utilizzare mezzi chimici di lotta.

2.1 Scelte progettuali e costruttive

Questo campo di intervento è stato relativamente poco esplorato, ma offre interessanti spunti per la prevenzione dello sviluppo della vegetazione infestante. Nell'ambito delle molteplici strutture urbanistiche che compongono un nucleo abitato, è infatti possibile individuare vari esempi nei quali un diverso approccio alla progettazione potrebbe tradursi in una minore presenza di infestanti. Lo stesso esercizio potrebbe riguardare anche strutture pertinenti alle infrastrutture extra-urbane, come ad esempio la rete stradale e autostradale.

Un esempio comune di struttura sulla quale possono svilupparsi infestanti sono i marciapiedi. Le tipologie costruttive attualmente presenti sono molteplici, ma molte di esse condividono alcuni elementi particolarmente vulnerabili allo sviluppo di infestanti. Le parti più frequentemente infestate sono due: lo spigolo di raccordo fra il piano di calpestio e l'eventuale struttura verticale (ad esempio muro di edificio, recinzione, ecc.) a ridosso del marciapiede, e la linea di giunzione tra il piano di calpestio e il cordolo che divide il marciapiede dalla carreggiata destinata al transito dei veicoli (Figura 5).



Figura 5. Marciapiede con vegetazione sviluppatasi nello spigolo fra marciapiede e muro adiacente (striscia inerbita a sinistra) e lungo la linea di giunzione fra piano di calpestio e cordolo (Torino. 45.0517° N, 7.5825° E. Foto F. Vidotto).

In queste due parti, le modalità di costruzione e i materiali impiegati favoriscono il depositarsi di polvere e sedimento e la conseguente formazione di un substrato che consente lo sviluppo delle infestanti. Il rivestimento della superficie di calpestio poggia in genere su un sottofondo realizzato in modi diversi rispetto alla base (in genere in calcestruzzo gettato in opera) sulla quale poggia il cordolo. Nel tempo, le due strutture possono assestarsi in modo differenziato, anche in conseguenza del diverso modulo di dilatazione termica, formando o aumentando la larghezza della giunzione fra le due parti o alterando l'allineamento iniziale, formando così delle asperità sulla superficie che favoriscono la formazione di substrato.

Sulle nuove realizzazioni sarebbe auspicabile prevedere una progettazione che tenga conto anche della necessità di sfavorire l'insediamento delle infestanti. Sono ipotizzabili soluzioni che prevedano piccole variazioni rispetto alle modalità attuali di realizzazione. Ad esempio, la riduzione della sopraelevazione del marciapiede rispetto alla carreggiata e l'utilizzo di cordoli di raccordo senza spigoli vivi potrebbe consentire una più agevole pulizia meccanica attraverso l'uso di spazzatrici (Figura 6).



Figura 6. Marciapiede a limitata sopraelevazione con cordolo di raccordo e cunetta di scolo integrata. Oltre ad agevolare la pulizia, questo tipo di marciapiede può essere eccezionalmente utilizzato per la manovra di veicoli (ad esempio per aggirare un ostacolo presente sulla carreggiata) (Trofarello, TO, 44.9831° N, 7.7432° E; Immagine a sinistra tratta da Google StreetView, Google, Inc. 2018; Foto a destra F. Vidotto).

In ambito urbano è molto diffuso l'impiego di masselli autobloccanti in calcestruzzo, giustificato da numerosi vantaggi sia di tipo estetico che funzionale, come ad esempio la possibilità di realizzare pavimentazioni drenanti che consentono di ridurre i coefficienti di afflusso durante gli eventi meteorici e i fenomeni di allagamento dovuti a sovraccarico della rete fognaria. Le superfici realizzate con questi materiali possono, tuttavia, favorire lo sviluppo delle infestanti, soprattutto nel caso di transiti (pedonali e/o veicolari) a ridotta frequenza. Tra le possibili misure preventive, è stato dimostrato come scegliendo opportunamente i materiali di riempimento delle fughe e le dimensioni delle fughe stesse, sia possibile sfavorire lo sviluppo delle infestanti (Figura 7). Tra i materiali

utilizzabili, buoni risultati sono stati ottenuti con sabbie derivate da rocce calcaree, ma sono anche disponibili prodotti commerciali contenenti miscele di sabbie di diversa natura in grado di limitare l'insediamento delle malerbe (Cauwer et al., 2014b, 2014a).

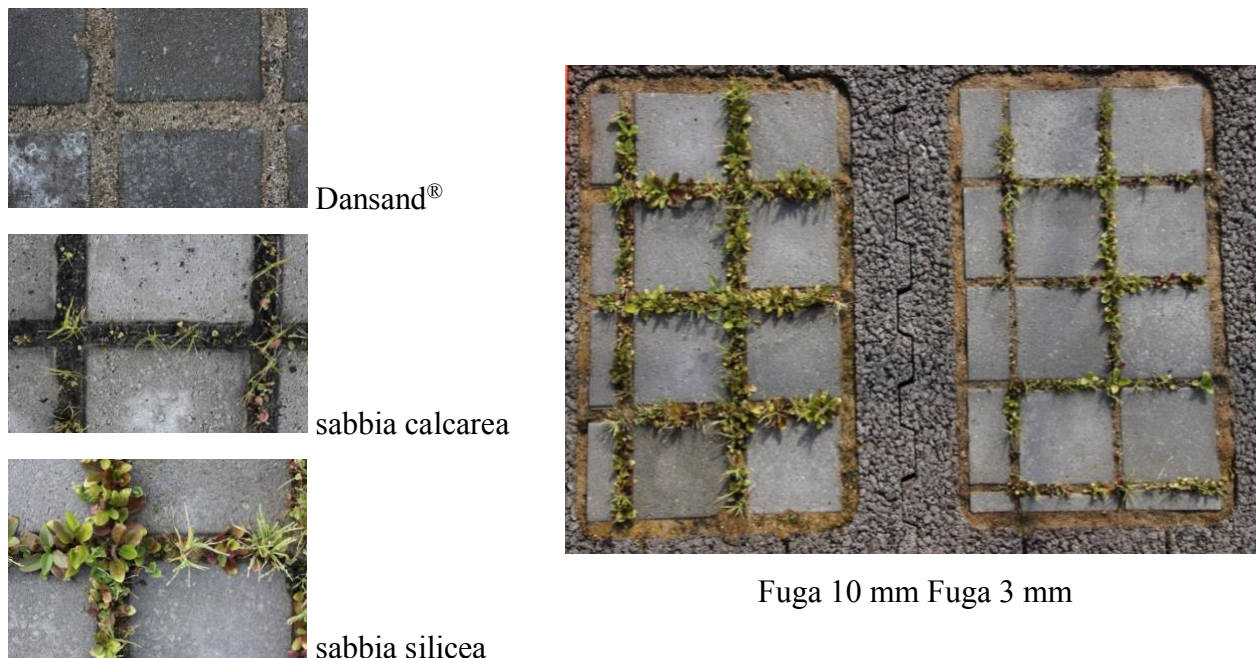


Figura 7. Effetto del materiale di riempimento delle fughe (a sinistra) e dello spessore delle fughe (a destra) in pavimentazioni masselli prefabbricati (Cauwer et al., 2011).

La progettazione in funzione della prevenzione dello sviluppo delle infestanti dovrebbe riguardare anche una parte dell'arredo urbano. Le transenne parapedonali stradali di sicurezza collocate sui marciapiedi in prossimità di incroci o punti ritenuti potenzialmente pericolosi creano zone nelle quali si possono facilmente sviluppare infestanti poiché è difficile garantire una regolare pulizia (Figura 8).



Figura 8. Le transenne di sicurezza possono interferire con le operazioni di pulizia, favorendo l'insediamento della vegetazione infestante (a sinistra: Grugliasco, TO, 45.0687° N, 7.5889° E; a destra: Torino, 45.0744° N, 7.6897° E. Foto F. Vidotto).

2.2 Manutenzione

Tutte le operazioni di manutenzione che hanno come principale scopo quello di prevenire il dissesto (ammaloramento) delle strutture urbane o il ripristino delle loro funzionalità possono contribuire a prevenire lo sviluppo delle infestanti. Tralasciando gli interventi di manutenzione straordinaria, tra le operazioni più facilmente attuabili si segnalano gli interventi di pulizia delle superfici orizzontali (strade, marciapiedi, ecc.). La **spazzatura meccanica**, ad esempio, se attuata con regolarità può svolgere la duplice funzione di eliminare le giovani plantule e rimuovere il sedimento sul quale la vegetazione può attecchire.

3. Interventi di controllo

3.1 Erbicidi

Il numero di erbicidi impiegabili in ambito urbano è, come si è visto, piuttosto limitato e strettamente condizionato dai vincoli indicati dalla normativa attuale. Oltre a dover soddisfare i requisiti di tossicità indicati nel PAN, i formulati impiegabili devono necessariamente essere registrati per l'impiego in tali aree e tale informazione deve essere riportata in etichetta. Il Consiglio tecnico-scientifico sull'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari, istituito con decreto del Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali e del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ha effettuato una verifica dei formulati che risultano conformi ad ambedue le disposizioni, raccogliendoli in una "Lista dei prodotti fitosanitari utilizzabili nelle aree frequentate dalla popolazione e da gruppi vulnerabili in conformità alle disposizioni del PAN di cui ai punti A.5.6.1 e A.5.6.2" (anche nota come "lista verde").

Al momento in cui questo contributo è stato scritto, la lista comprende, per quanto riguarda gli erbicidi, formulati contenenti **acido pelargonico, flazasulfuron e glifosate**. I formulati contenenti le prime due sostanze attive sono impiegabili in tutte le aree frequentate dalla popolazione o da gruppi vulnerabili, mentre nel caso del glifosate se ne esclude l'impiego in parchi, giardini pubblici, campi sportivi e aree ricreative, cortili e aree verdi all'interno di plessi scolastici, aree gioco per bambini e aree adiacenti alle strutture sanitarie.

Nel caso di revoca del glifosate, le sostanze impiegabili (ancorché in formulati registrati per l'impiego in aree ed opere civili) si ridurrebbero all'acido pelargonico e al flazasulfuron. Le considerazioni circa l'efficacia e le possibilità di impiego di tali erbicidi sono le stesse di quelle già indicate per le ferrovie. Nel caso specifico dell'acido pelargonico, si evidenzia che attualmente il costo di una gestione basata su questo erbicida in sostituzione completa del glifosate comporta un costo notevolmente superiore. Ipotizzando di effettuare quattro interventi con acido pelargonico, in luogo di due soli interventi con

glifosate, è stato stimato un costo complessivo annuo per chilometro di oltre 6 volte superiore (Lugaresi, 2017).

Oltre all'acido pelargonico, da alcuni considerato erroneamente come il sostituto “naturale” del glifosate, vi è un crescente interesse per l'impiego in ambito urbano dell'acido acetico (Massone, 2018). L'acido acetico derivante da fermentazione di vino e frutta è attualmente inserito nella lista dei “corroboranti” utilizzabili in agricoltura convenzionale, biologica e biodinamica ai sensi del Decreto del Presidente della Repubblica n.55 del 28 febbraio 2012. L'acido acetico a concentrazioni superiori al 12% presenta un'azione erbicida di contatto nei confronti di numerose malerbe. La sua modalità di azione è simile a quella vista per l'acido pelargonico e, in particolare, l'assenza di azione sistemica lo rende poco efficace su piante pluriennali e vivaci e anche nel caso delle annuali la sua efficacia è condizionata dallo stadio di sviluppo. In alcune prove preliminari di confronto, l'acido acetico ha mostrato un'efficacia generalmente inferiore all'acido pelargonico (Fogliatto et al., 2018). L'acido acetico è attualmente inserito nell'Allegato 1 del Regolamento (EC) N. 1107/2009 e la sua autorizzazione a livello nazionale è in corso per l'Italia. Tra gli usi per i quali è attualmente incluso nell'Allegato 1 è previsto l'impiego lungo le strade, con formulati contenenti 102 g/L o 240 g/L di acido acetico e dosi di impiego variabili da 250 L/ha a 1000 L/ha di formulato (European Food Safety Authority, 2013).

3.2 Interventi meccanici

Lo **sfalcio** costituisce la tecnica di elezione per la gestione degli inerbimenti di varia estensione presenti nelle aree pubbliche e non rappresenta pertanto di per sé una alternativa all'impiego degli erbicidi. Nel caso di revoca di glifosate, occorrerà comunque tenere conto del fatto che sarà più difficile realizzare eventuali trattamenti spot per il controllo di specie perennanti indesiderate presenti all'interno delle aree inerbite (come ad esempio *S. halepense*). Dovrà pertanto essere ottimizzata la gestione agronomica degli inerbimenti, anche attraverso una accurata pianificazione del numero e dell'epoca di esecuzione degli sfalci.

È prevedibile che con la riduzione della possibilità di impiego di erbicidi in ambito urbano vi sia un decisivo aumento degli interventi con decespugliatori. Con l'impiego di queste macchine si possono ottenere in genere buoni risultati, soprattutto se si interviene con una certa frequenza su vegetazione non particolarmente sviluppata. Come tutti i mezzi meccanici, presentano una efficacia minore su specie vivaci o perennanti, a meno di non effettuare numerosi interventi consecutivi nella stagione. Con le macchine e gli accessori attualmente disponibili non si prevede che ci possano essere significativi miglioramenti in termini di livello di efficacia e di tempi operativi degli interventi. Sono tuttavia già disponibili alcune soluzioni che possono ridurre l'impatto dell'intervento in termini

ambientali, di disturbo arrecato alla popolazione e di costi. Una forte spinta in questo senso viene data dalla disponibilità di macchine alimentate a batteria, le cui caratteristiche di potenza e autonomia sono in continuo miglioramento. Per alcune operazioni di gestione del verde le macchine a batteria stanno già sostituendo gradualmente quelle con motore a combustione, anche in ambito professionale. L'uso di queste macchine è di minore disturbo alla popolazione, grazie alle minori emissioni rumorose. L'operatore è sottoposto a minori vibrazioni e non è esposto ai fumi di combustione. I maggiori costi di acquisto attualmente richiesti sono ampiamente compensati da minori costi di gestione. Per migliorare ulteriormente la compatibilità ambientale di questi interventi, sono già disponibili sul mercato fili biodegradabili per decespugliatori. Tra i numerosi accessori disponibili per queste macchine si segnala la recente comparsa di dischi di taglio cosiddetti "reciprocatori" (Figura 9) costituiti da due dischi dentati accoppiati. A seconda del costruttore, i due dischi possono essere controrotanti, oppure uno rotante e l'altro oscillante o uno rotante e l'altro fisso. Il vantaggio principale di questo accessorio è che non provoca la proiezione di pietre, detriti o altro materiale che possa colpire l'operatore, gli astanti o danneggiare beni posti nelle vicinanze (es. auto parcheggiate o in transito). Rispetto ad altri organi di taglio, lo stesso accessorio può essere impiegato su vari tipi di vegetazione. Per contro, presenta una capacità di lavoro al momento inferiore alle tradizionali testine a filo.

Tra i possibili interventi meccanici si ricorda nuovamente l'uso delle **spazzatrici meccaniche** stradali, che possono avere una duplice azione preventiva di rimozione del substrato e di azione diretta nel confronto delle plantule. Oltre ai mezzi semoventi utilizzati per la pulizia dell'intera carreggiata, esistono spazzolatrici di più ridotte dimensioni utilizzabili per il controllo delle infestanti presenti alla base dei cordoli dei marciapiedi o su altre strutture a prevalente sviluppo lineare. Alcuni tipi di spazzole possono essere applicati direttamente al decespugliatore.



Figura 9. Decespugliatore dotato di testa di taglio reciprocante in azione su un bordo stradale. In questo modello i due dischi sono controrotanti (foto F. Vidotto).

3.3 Interventi fisici

3.3.1 Pirodiserbo

In ambito urbano il pirodiserbo è una tecnica interessante in quanto si presta all'applicazione su superfici dure, anche parzialmente sconnesse, sulle quali gli interventi di sfalcio con mezzi meccanici possono avere un'efficacia parziale (Peruzzi et al., 2009). Questa tecnica risulta efficace quando applicata su giovani plantule e permette un buon controllo della vegetazione urbana solo se viene effettuata una accurata pianificazione degli interventi. È stato infatti osservato che il passaggio da una gestione convenzionale (basata sullo sfalcio o sul diserbo chimico) al pirodiserbo richiede un elevato numero di interventi durante il primo anno di gestione (anche superiore a 15), mentre già nel secondo anno il numero si riduce drasticamente. Questo comportamento sembra caratterizzare non solo il pirodiserbo, ma anche altre tecniche di diserbo termico quali l'uso di vapore e acqua calda (Rask et al., 2013). Rispetto alle tecniche di gestione convenzionali, il numero di interventi e i tempi di lavoro restano comunque più elevati. In prove condotte nel 2006 per un biennio in aree urbane di Pisa e Livorno, sono stati rilevati tempi complessivi (somma dei due anni di prova) richiesti dal pirodiserbo variabili da 2,4 a 3,8 volte i tempi richiesti e dal diserbo chimico e da 0,8 a 1,4 volte in tempo richiesto dall'impiego del decespugliatore; i costi di esercizio (riferiti ai prezzi del periodo in cui si è svolta la prova) sono risultati compresi fra 0,9 e 1,2 volte il diserbo chimico e fra 0,3 e 0,5 volte l'impiego del decespugliatore (Frasconi et al., 2010). Questo mezzo di controllo può trovare applicazione in alcuni contesti urbani, quali ad esempio i centri storici, dove è più semplice prevedere un elevato numero di interventi e dove i vincoli normativi rendono più critico l'utilizzo di erbicidi. La tecnica mal si presta, viceversa, all'impiego in aree a ridotta frequenza degli interventi, dove il maggior sviluppo della vegetazione riduce fortemente l'efficacia del pirodiserbo, oltre a creare potenziali rischi di incendio nel caso di interventi su vegetazione secca. Per l'impiego del pirodiserbo in ambito urbano sono state sviluppate numerose macchine, anche spalleggiate, adatte all'utilizzo su superfici dure di dimensioni variabili (Figura 10) e la loro diffusione è in forte crescita, soprattutto in conseguenza delle recenti limitazioni all'uso di erbicidi.



Figura 10. Pirodiserbatrice carrellata per il diserbo di superfici piane pavimentate (sinistra) e modello spalleggiato per l'impiego su piccole superfici (foto F. Vidotto).

3.3.2 *Vapore e acqua calda*

L'impiego del vapore in agricoltura è una delle pratiche più antiche di lotta ai patogeni tellurici e alle piante infestanti. Gli elevati costi delle attrezzature, l'alta richiesta di manodopera e l'alto costo energetico ne limitano tuttavia l'impiego alle colture di alto pregio. Il vapore viene impiegato in ambito agricolo quasi esclusivamente in trattamenti al suolo di pre-semina, mentre sono rare le applicazioni di post-emergenza. L'uso del vapore in post-emergenza sta invece riscontrando, insieme all'uso dell'acqua calda, un recente interesse per l'uso in ambito urbano come alternativa all'impiego del diserbo chimico. Le macchine attualmente disponibili in commercio prevedono per lo più la applicazione di vapore o acqua calda tramite una lancia manovrata da un singolo operatore. L'effetto sulle infestanti è simile a quello ottenuto con il pirodiserbo, rispetto al quale non presentano rischi di innesco di incendio. Il fabbisogno energetico può variare a seconda delle caratteristiche costruttive: considerando uno stesso numero di interventi per stagione, il costo annuo per unità di superficie trattata è simile superiore a quello del pirodiserbo (Lugaresi, 2017; Rask et al., 2013). Alcune Amministrazioni si sono dimostrate interessate a questa tecnica e recenti sperimentazioni hanno confermato che si tratta di una tecnica dispendiosa.

3.3.3 *Schiuma calda*

In questa tecnica il calore viene applicato alle piante in forma di acqua calda addizionata di un agente schiumogeno biodegradabile. La schiuma che si forma al momento dell'erogazione e che viene depositata sulla vegetazione ha lo scopo di creare uno **strato coibente** che riduce gli scambi di calore con l'atmosfera (Figura 11). In questo modo, l'acqua calda applicata si raffredda più lentamente, trasferendo una maggiore quantità di calore alla vegetazione trattata. Un agente bagnante presente nella schiuma coadiuva l'azione termica. La tecnica è molto efficace e può consentire una azione più duratura della sola applicazione di acqua calda.

Uno degli svantaggi di questa tecnica, rispetto agli altri mezzi fisici, è rappresentato da un maggior costo di ammortamento e manutenzione dell'attrezzatura (Lugaresi, 2017). Come nel caso di uso di vapore e acqua calda, la tecnica è applicabile su superfici molto diversificate, inclusi asfalto, autobloccanti, ghiaia. Come nel caso dell'acqua calda e del vapore, l'uso di schiuma calda può determinare un parziale aumento di temperatura anche a livello del suolo. Nel caso di superfici con elevata presenza di residui vegetali di questo fenomeno può essere trascurabile a causa dell'azione coibente, ma nel caso di infestazioni di modesta entità con elevata presenza di substrato "nudo", è possibile che il calore abbia un parziale effetto anche sui semi presenti in superficie. È noto come la vitalità di questi ultimi possa ridursi in funzioni di relazione di tipo tempo/temperatura, ma si è visto

che per specie diverse esistono valori diversi di temperatura efficaci anche per esposizioni di brevissima durata (Vidotto et al., 2013).



Figura 11. Applicazione di schiuma calda (sinistra) ed effetto su un tappeto erboso (destra) trattato a scopo dimostrativo (foto F. De Palo).

4. Gestione integrata

L'applicazione della gestione integrata nell'ambiente urbano deve seguire necessariamente criteri specifici che la differenziano significativamente dalla gestione integrata applicata al contesto agricolo e in parte anche a quanto descritto per l'ambito ferroviario. Con la riduzione della disponibilità dei mezzi chimici, diventa imperativo considerare con seria attenzione le possibili misure preventive e in particolare le scelte progettuali e costruttive. Queste ultime impongono la conoscenza di aspetti malerbologici (relativi sia all'ecologia che alla biologia sia di conoscenza delle tecniche di gestione) nella progettazione delle strutture urbane e richiedono ai professionisti normalmente impegnati in questo ambito di coinvolgere specifiche competenze. In questo senso è auspicabile un maggior scambio di conoscenze fra progettisti dell'ambiente urbano e agronomi, e diventa indispensabile avviare una sperimentazione *ad hoc* per individuare le soluzioni costruttive che riescano a contemplare adeguatamente le molteplici esigenze (estetiche, funzionali, economiche, di gestione della flora infestante, ecc.) che le strutture urbane devono essere in grado di soddisfare.

L'integrazione fra i mezzi di lotta diretti (chimici, meccanici, fisici) è sicuramente possibile, ma al momento le informazioni derivanti da attività sperimentali e dimostrative sono ancora piuttosto limitate. Senza contare che in una gestione integrata gli unici mezzi chimici a disposizione attualmente sono l'**acido pelargonico** e l'**acido acetico**.

Se tuttavia si guarda all'ambiente urbano come ad un unico sistema complesso da gestire, un tipo di integrazione che si può ragionevolmente attuare consiste nell'applicare tecniche diverse nei diversi ambienti che lo costituiscono. Oltre a prevedere ovunque il ricorso a misure di tipo preventivo, si può pensare, ad esempio, di ricorrere al pirodiserbo in porzioni dei centri storici, su scalinate, alla base dei monumenti o per altri interventi eseguiti frequentemente e di limitata estensione. Dove sono

presenti strade con banchine non pavimentate e dove non è possibile intervenire con elevata frequenza si potrebbe invece intervenire con acqua calda o schiume, che garantiscono una efficacia maggiore in presenza di inerbimenti più abbondanti rispetto a quelli gestibili attraverso il pirodiserbo. In condizioni in cui diventa indispensabile utilizzare mezzi ad alta capacità operativa, o nei luoghi di difficile accesso si può infine ricorrere ai pochi erbicidi che sono ancora impiegabili.

In ogni caso occorre considerare che, riferendosi ai costi e ai mezzi attuali, qualsiasi tecnica alternativa al diserbo con glifosate comporta un sensibile incremento dei costi del controllo della flora infestante. In un recente confronto fra le tecniche basate sulla stima delle principali voci di costo per il diserbo di strutture a prevalente sviluppo lineare, è stato stimato che il costo annuo per chilometro riferito a tecniche alternative all'impiego del glifosate sarebbe compreso da un minimo di 4.8 a circa 7 volte il costo del trattamento con glifosate (Tabella 3).

Tabella 3. Stima dei costi al chilometro di singoli interventi effettuati con diverse tecniche e del costo annuo al chilometro, in relazione al diverso numero di interventi annui necessari (Lugaresi, 2017).

	Glifosate	Ac. pelar- gonico	Decespu- gliatore	Spazzo- latrice	Vapore	Schiuma	Piro- diserbo
Costo al km singolo intervento*	134,7	447,5	310,1	435,4	416,5	433,1	391,0
N° interventi/anno	2	4	6	3	4	4	4
Costo al km annuo	269	1790	1861	1306	1666	1732	1564
Costo indicizzato**	1	6,6	6,9	4,8	6,2	6,4	5,8

*: nel calcolo dei costi sono stati considerati manodopera, ammortamento e manutenzione, costo prodotto distribuito, carburante, spese generali; **indice 1 = costo al km annuo della gestione con glifosate.

Conclusioni

Nelle aree urbane le situazioni in cui si sviluppa la flora spontanea sono molto diverse come substrato, frequentazione, specie vegetali, accessibilità, così come numerose sono anche le possibili soluzioni. È evidente che non esiste una soluzione di validità generale. La sfida quindi è di ottimizzare gli interventi nelle diverse situazioni usando una combinazione di tecniche. L'ottimizzazione comporta necessariamente l'attivazione di un servizio tecnico con elevata professionalità e organizzazione, che dovrà prima mappare lo stato delle diverse aree della città e poi pianificare gli interventi. Tutto questo ha un costo che le Amministrazioni si devono accollare per mantenere decorosa la città, ma solo con organizzazione e adeguate conoscenze è possibile farlo senza usare erbicidi. Si può comunque puntare a un buon risultato, anche sfruttando il fatto che il controllo della vegetazione in città ha un effetto auto-catalitico, nel senso che con un controllo **efficace e ripetuto** la situazione migliora nettamente,

con la possibilità di ridurre nel futuro i tempi di intervento e i costi. È poi interessante considerare che quando si ottiene una situazione di pulizia è più facile che il cittadino la mantenga tale, addirittura l'Amministrazione può appellarsi al senso civico dei residenti.

Tralasciando gli effetti negativi sulla pulizia e lo stato dei manufatti e focalizzandosi solo sulle piante può essere importante che il cittadino aumenti il proprio livello di accettazione della flora spontanea in città, ma qual è il livello accettabile? Le azioni di diserbo in città oltre alla dimensione tecnica hanno infatti anche una dimensione sociale e culturale. Per esempio, in Francia i cittadini più sensibili alla pulizia della città sono le persone più anziane e meno acculturate mentre quelli più giovani e della classe media sono più favorevoli a una città con una certa presenza di malerbe e valutano una certa naturalità come positiva. Poi, nell'immaginario comune le malerbe sono piante da campagna, nella città come spazio antropizzato non devono esserci e quindi devono essere eliminate. Se poi le strade sono mantenute pulite nel centro storico ma non nelle periferie i cittadini di quelle si sentono di serie B, lasciati al degrado. La tecnica di gestione deve inevitabilmente fare i conti con questi **aspetti sociali**.

Bibliografia

Bajwa AA, Mahajan G, Chauhan BS (2015). Nonconventional Weed Management Strategies for Modern Agriculture. *Weed Science* 63: 723–747.

Cauwer BD, Fagot M, Beeldens A, Boonen E, Bulcke R, Reheul D (2014a). Effectiveness of water permeable joint filling materials for weed prevention in paved areas. *Weed Research* 54: 532–540. doi:10.1111/wre.12091

Cauwer BD, Fagot M, Beeldens A, Boonen E, Bulcke R, Reheul D (2014b). Reduced weed growth with different paving constructions. *Weed Research* 54: 151–161. doi:10.1111/wre.12059

Cauwer BD, Fagot M, Reheul D, Bulcke R, Boonen E, Beeldens A (2011, marzo 28). *Weed inhibitory effect of different paving constructions*. Presentato al 9th Workshop of the EWRS working group: physical and cultural weed control, Samsun, Turkey. Recuperato da http://www.ewrs.org/pwc/Samsun_presentations.asp

Celesti-Grapow L, Alessandrini A, Arrigoni PV, Assini S, Banfi E, Barni E, ... Blasi C (2010). Non-native flora of Italy: Species distribution and threats. *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 144: 12–28. doi:10.1080/11263500903431870

Contemori R, Covarelli L (1998). Efficacia erbicida di un nuovo dissecante ad azione di contatto. *Giornate Fitopatologiche* 423-428.

EARTO (2014). European Association of Research and Technology Organizations. *The TRL Scale as a Research & Innovation Policy Tool, EARTO Recommendations*. Bruxelles.

EUROPATODAY (2017). Glifosato, le ferrovie europee lanciano l'allarme: "Con il divieto costi alle stelle". <http://europa.today.it/ambiente/glifosato-ferrovie-europee-lanciano-allarme.html>

European Food Safety Authority. (2013). Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance acetic acid: Peer review of the pesticide risk assessment of the

active substance acetic acid. *EFSA Journal*, 11: 3060. doi:10.2903/j.efsa.2013.3060

Fogliatto S, Milan M, De Palo F, Ferrero A, Vidotto F (2018). Crop selectivity and weed control efficacy of vinegar and pelargonic acid. In A. Simončič (A c. Di), *18th European Weed Research Society Symposium - EWRS 2018* (pag. 276). Ljubljana, Slovenia: Kmetijski inštitut Slovenije.

Frasconi C, Fontanelli M, Sorelli F, Ginanni M, Martelloni L, Peruzzi A (2010). Strategie e macchine innovative per la gestione termica della flora infestante in area urbana su superfici dure e su tappeti erbosi. In Andrea Peruzzi (A c. Di), *Impiego di mezzi termici per la disinfezione del terreno e per il controllo della flora infestante* (pagg. 67–79). San Piero a Grado (PI): Accademia dei Georgofili.

Gorton AJ, Moeller DA, Tiffin P (2018). Little plant, big city: A test of adaptation to urban environments in common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*). *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 285. doi:10.1098/rspb.2018.0968

Hansson D, Ascard J (2002). Influence of developmental stage and time of assessment on hot water weed control. *Weed Research* 42: 307-316.

ISPRA (2010). Mitigazioni a verde con tecniche di rivegetazione e ingegneria naturalistica nel settore delle strade. Manuali e linee di ricerca, 65.4/2010.

Lugaresi D (2017, marzo 21). *Analisi dei costi gestionali con diverse modalità di diserbo nel verde pubblico*. Presentato al Il Piano di azione nazionale e l'utilizzo dei prodotti fitosanitari nelle aree frequentate dalla popolazione, Verona.

Massone M (2018, agosto 22). Città infestata dalla sorghetta: “È la più resistente al mondo”. *La Stampa*. Recuperato da <http://www.lastampa.it/2018/08/22/cronaca/citt-infestata-dalla-sorghetta-la-più-resistente-al-mondo-GjHeVa2axncEruiqf6eZ3K/pagina.html>

Nyberg RG, Gupta NK, Yella S, Dougherty M (2013). Detecting Plants. on Railway Embankments. *Journal of Software Engineering and Applications* 6: 8-12.

Nyberg RG (2015). Automating condition monitoring of vegetation on railway trackbeds and embankments. Tesi Edinburg Napier University, pp 1-300.

ÖBB (2014). Fallopia-Management at ÖBB-Infrastruktur AG. European Knotweed Workshop - Strickhof Lindau/Schweiz, 29.08.2014.

Peruzzi A, Lulli L, Raffaelli M, Del Sarto R, Frasconi C, Ginanni M, ... Fontanelli M (2009). *La gestione fisica della flora spontanea in area urbana. Un mezzo concreto per la tutela dell'ambiente e della salute dei cittadini. Le strategie, le attrezzature ed i risultati acquisiti nelle ricerche poliennali condotte in Toscana dall'Università di Pisa*. (A. Peruzzi, A c. Di). Pisa: Felici Editore.

Rask AM, Kristoffersen P (2007). A review of non-chemical weed control on hard surfaces. *Weed Research* 47: 370-380.

Rask AM, Larsen SU, Andreassen C, Kristoffersen P (2013). Determining treatment frequency for controlling weeds on traffic islands using chemical and non-chemical weed control. *Weed Research*, 53: 249–258. doi:10.1111/wre.12019

Reboud X, Blanck M, Aubertot J-N, Jeuffroy M-H, Munier-Jolain N, Thiollot-Scholtus M (2017). Usages et alternatives au glyphosate dans l'agriculture française. Rapport INRA, Novembre 2017.

Vidotto F, De Palo F, Ferrero A (2013). Effect of short-duration high temperatures on weed seed germination: High temperatures affecting weed seeds. *Annals of Applied Biology* 163: 454–465. doi:10.1111/aab.12070

Watts M, Clausing P, Lyssimachou A, Schütte G, Guadagnini R, Marquez E, Arellano O (2016). Glyphosate. *Pesticide Action Network (PAN)*, November 2016, pp 96.

Wegener JK, Rautmann D, Pályi B, László A (2014) Testing of weed seeking systems for spray trains - development of a test procedure. *Fifth European Workshop on Standardized Procedure for the Inspection of Sprayers* – SPISE 5 – Montpellier, France, October 15-17, 2014.

Yella S, Nyberg RG, Payvar B, Dougherty M, Gupta NK (2013). Machine vision approach for automating vegetation detection on railway tracks. *Journal of Intelligent Systems* 22: 179-196.

Ziska LH, Bunce J, Goins E (2004). Characterization of an urban-rural CO₂/temperature gradient and associated changes in initial plant productivity during secondary succession. *Oecologia* 139: 454–458. doi:10.1007/s00442-004-1526-2

Ziska LH, Gebhard DE, Frenz DA, Faulkner S, Singer BD, Straka JG (2003). Cities as harbingers of climate change: Common ragweed, urbanization, and public health. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 111: 290–295. doi:10.1067/mai.2003.53

POSSIBILITÀ DI GESTIONE DELLE INFESTANTI NELLE SEDI FERROVIARIE

TASSONE P.¹, TOVAGLIERI A.¹, OTTO S.², ZANIN G.³

1 Geosintesi S.p.a

2 Istituto di Biologia Agroforestale, CNR

3 Dipartimento DAFNAE, Università degli Studi di Padova

E-mail: info@geosintesispa.it

Riassunto

Sin dall'inizio della sua costituzione GEOSINTESI S.p.A. ha sempre avuto una forte vocazione al rispetto dell'ambiente, puntando sull'ecosostenibilità. Per tale motivo, ha avviato diverse forme di collaborazione con professionisti, studiosi, esperti, aziende produttrici di prodotti e attrezzature, finalizzate alla ricerca di soluzioni tecniche operative più idonee a soddisfare i risultati richiesti dalla committenza e nel rispetto dell'ambiente e in ottemperanza al nuovo quadro normativo relativo all'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari (Direttiva 2009/128/CE-D.L. 150/2012, DM 22 gennaio 2014 - PAN) ed in conformità ai CAM (Decreto 15 febbraio 2017).

Tale attività di ricerca e sviluppo ha permesso di realizzare degli ammodernamenti delle attrezzature e macchinari in campo ferroviario, attraverso la realizzazione di software in grado di localizzare e registrare le zone di intervento, memorizzare le tipologie e i quantitativi di prodotti utilizzati su base geo-referenziata dove sono riportati con puntualità siti sensibili, zone abitate, risorse idriche, aree coltivate. Pertanto, si è reso necessario lo sviluppo di maggiori sinergie tra i metodi non convenzionali di gestione del verde con l'introduzione di nuove soluzioni innovative sviluppando un approccio integrato nel rispetto delle norme vigenti.

Parole chiave

Ambiente; Ferrovie; Prodotti fitosanitari; Sviluppo strategie; Sistema informaco.

Summary

GEOSINTESI S.p.A. has a pro-environmental policy focusing on eco-sustainability. For this reason, it has begun various forms of collaboration with professionals, scholars, experts, companies producing items and equipment, aimed at finding the most suitable technical solutions for our clients' needs in the railway sector. Our solutions respect the environment and in compliance with the new regulatory framework on the sustainable use of plant protection products (Directive 2009/128 / EC-DL 150/2012, Ministerial Decree 22 January 2014 - PAN) and in accordance with the CAM (Decree of 15 February 2017). This research and development activity has allowed the modernisation of equipment and machinery in the railway field, through the creation of software able to locate and to record all the intervention areas, memorizing the types and quantities of products used on a geo-referenced basis. The most important challenge that GEOSINTESI is pursuing is however the development of strategies based either on the use of natural herbicides or integrated solutions where the use of traditional herbicides is limited to situations otherwise unmanageable.

Keywords

Environment; Railway; Herbicides; Development of strategies; Informatics System.

Introduzione

Tra gli interventi di manutenzione delle sedi ferroviarie, il diserbo riveste una grande importanza, in quanto la vegetazione spontanea può indurre una molteplicità di problemi, con conseguenze tecniche ed economiche rilevanti, oltre che di sicurezza per la circolazione dei convogli. Entrando più nello specifico, l'infrastruttura a causa della presenza delle infestanti, potrebbe essere non facilmente ispezionabile o essere danneggiata dalla crescita radicale delle piante che possono compromettere la stabilità delle infrastrutture (come ad esempio le crescite nella massicciata) oppure sono in grado di penetrare entro le canalette dell'impianto elettrico o sgretolare l'asfalto dei sentieri nelle stazioni. Un altro aspetto da non trascurare è che la crescita vegetale, anche quella moderata, può limitare la percorribilità dei sentieri da parte del personale ferroviario addetto all'ispezione e alla manutenzione delle linee. Tuttavia, la notevole copertura vegetale lungo il sentiero, che è deputato alla raccolta dell'acqua proveniente dalla massicciata, dotato di apposita canaletta di scolo, ne modifica e riduce la capacità di drenaggio. Un'altra problematica collegata alle essenze infestanti localizzate sulla massicciata, è che sviluppando l'apparato radicale e con la crescita del fusto nel caso siano arbustive, possono danneggiarla deformandola cambiando la geometria dei binari; analogamente la crescita della vegetazione in superficie frapponendosi tra le ruote dei convogli e le rotaie può alterare la capacità di frenata e di aderenza e di superamento delle pendenze, compromettendo così la sicurezza della circolazione. Infine le piante a portamento arbustivo o arboreo possono chiaramente compromettere la visibilità dei segnali ferroviari. E per l'ultimo, ma non meno importante è il disseccamento estivo, di molte infestanti, rappresentando una facile esca per gli incendi (Miravalle *et al.* 2001).



Figura 1. Esempio di immagine che mostra l'individuazione della vegetazione interferente (Prima) che può limitare la percorribilità dei sentieri da parte del personale ferroviario addetto all'ispezione e alla manutenzione delle linee ed alla sicurezza dei convogli (intervento, Dopo).

Prima di affrontare le modalità di diserbo e la strumentazione è utile conoscere l'estensione della rete nazionale dell'infrastruttura ferroviaria che ammonta, al 30 giugno 2018, a 16.777 km di tratte di proprietà statale gestite dalla società Rete Ferroviaria Italiana (www.rfi.it).

Tabella 1. La Rete Ferroviaria italiana in cifre

La rete in cifre

Dati al 30 giugno 2018	
LINEE FERROVIARIE IN ESERCIZIO 16.777 km (1)	
CLASSIFICAZIONE	
Linee fondamentali	6.491 km
Linee complementari	9.334 km
Linee di nodo	952 km
TIPOLOGIA	
Linee a doppio binario	7.700 km
Linee a semplice binario	9.077 km
ALIMENTAZIONE	
Linee elettrificate	12.015 km
- a doppio binario	7.623 km
- a semplice binario	4.392 km
Linee non elettrificate (diesel)	4.762 km
LUNGHEZZA COMPLESSIVA DEI BINARI 24.477 km	
linea convenzionale	23.010 km
linea AV (2)	1.467 km
IMPIANTI FERROVIARI	
Stazioni con servizio viaggiatori attivo/possibile	2.201
Impianti di traghettamento	3
Impianti merci (3)	200
TECNOLOGIE INNOVATIVE DI TELECOMANDO E PROTEZIONE MARCIA TRENO (4)	
Sistemi di telecomando della circolazione	12.867 km
SCMT, per il controllo della marcia del treno	12.210 km (di cui 175 con doppio attrezzaggio SCMT-SSC)
SSC, per il supporto alla guida	3.892 km (di cui 175 con doppio attrezzaggio SCMT-SSC)
ERTMS, per l'interoperabilità su rete AV/AC	709 km
GSM-R, per la telecomunicazione mobile	11.445 km

Note

(1) di cui 70 Km di rete estera

(2) riferiti alle tratte attrezzate con ERTMS (escluso la Treviglio –Brescia) e ai loro collegamenti con le località di servizio

(3) impianti con centri intermodali, scali, raccordi, ecc

(4) tutte le linee della rete sono attrezzate con uno o più sistemi di protezione marcia treno

(fonte RFI - ultimo aggiornamento 30 luglio 2018)

A queste vanno sommate quasi 3.000. km di linee secondarie (di cui circa 2 700 km a binario unico di proprietà regionale e gestite da altre società di capitali pubblici e privati–(Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, 13 luglio 2016). Occorre anche tenere ben presente che l'intero settore trasporti è responsabile del 30% delle emissioni di CO₂. Il settore ferroviario è responsabile solo del 2% delle emissioni di gas serra. (MIT, 2015).

Attrezzature e mezzi usati sulla rete ferroviaria

Per la gestione delle infestanti in ferrovia nel rispetto delle norme, GEOSINTESI si affida alla tecnologia. Considerato che l'uso dei prodotti fitosanitari lungo i binari è possibile causa di inquinamento, sorge la necessità di limitarne l'utilizzo dove strettamente necessario o dove non sia possibile intervenire con altri mezzi, e di studiare l'efficacia di prodotti ritenuti più sostenibili. Si tratta di un obiettivo ambizioso realizzabile con il lavoro congiunto di enti di ricerca (Università e CNR) e di aziende di punta nella realizzazione di impianti tecnologici.

A seguito di questo scenario, seguendo la propria vocazione innovativa, GEOSINTESI ha affidato al proprio gruppo di Ricerca&Sviluppo il compito di studiare la possibilità di utilizzare prodotti ecocompatibili e nel contempo sviluppare la realizzazione di ammodernamenti funzionali alle attrezzature e macchinari già esistenti per l'attività nel campo delle reti di collegamento stradale e ferroviario. I risultati di questa prima fase hanno portato a commissionare, a partner specializzati la costruzione di nuovi e innovativi macchinari che sono già in linea con quanto disposto dalla recente normativa. Le innovazioni riguardano lo sviluppo di nuovi software in grado di 1) localizzare e registrare le zone di intervento, i siti sensibili, le zone abitate, i corpi idrici, e 2) memorizzare su base geo-referenziata le tipologie e i quantitativi di prodotti utilizzati. L'elemento sostanziale è il monitoraggio delle vegetazione presente lungo la linea e la sua dinamica di sviluppo nelle diverse stagioni. Tale nuovo approccio, intrapreso anche in collaborazione con il Dipartimento DAFNAE dell'Università degli Studi di Padova, con il CNR-IBAF e con aziende primarie nel settore informatico e della costruzione di attrezzature speciali, ha reso necessario lo sviluppo di maggiori sinergie per la ricerca di metodi non convenzionali di gestione del verde introducendo soluzioni innovative in corso di definitiva sperimentazione e di presentazione ai potenziali clienti e partner, anticipando per alcuni versi anche le previsioni della nuova normativa. In effetti non tutta la vegetazione spontanea è dannosa lungo le linee ferroviarie o quanto meno non in tutte le diverse aree (massicciata, scarpata...) e non in tutte le stagioni; si tratta quindi di mettere a punto soluzioni integrate che consentano di eliminare la vegetazione solo dove e quando è dannosa.

Attualmente GEOSINTESI ha predisposto e personalizzato il miglioramento di alcuni mezzi usati in ambito ferroviario per la gestione della vegetazione. Ha sviluppato un veicolo strada/rotaia, dotato di un sistema per applicare diserbante su 5 diverse fasce disposte di traverso a 7,5 m di massicciata a cavallo della mezzera binario. Il sistema è stato consegnato per poter lavorare a velocità di 30 km/h con l'intenzione di riuscire, dopo una fase sperimentale, a raggiungere i 40 km/h, limitando gli effetti di deriva per mezzo di un'accorta scelta e disposizione degli ugelli. Secondo gli stessi principi è stato realizzato anche un treno diserbatore. Entrambi i mezzi presentano un impianto che permette, autonomamente, di sospendere l'irrorazione del prodotto quando si percorrono tratte in cui sono presenti, come da normativa, siti sensibili, zone abitate, risorse idriche, aree coltivate. Un software sviluppato appositamente è in grado di localizzare e registrare le zone di intervento e memorizzare le tipologie e i quantitativi di prodotti utilizzati su precisa base geo-referenziata. Quando opera in modalità automatica il sistema riconosce le zone di intervento e attua le specifiche modalità di distribuzione. L'operatore in cabina ha la possibilità di intervenire conoscendo tutte le criticità operative, con accorgimenti correttivi anche manuali.

La tecnologia è in evoluzione e il prossimo sviluppo riguarda il riconoscimento della vegetazione presente lungo la linea, ancora con l'obiettivo di ridurre le dosi applicate.



a)



b)

Figura 2. Treno diserbatore (a); mezzo strada rotaia (b).



Figura 3. Esempio di gestione dell'erogazione. In corrispondenza dell'alone verde con al centro il pozzo, l'erogazione verrà sospesa per 200 m di linea ferroviaria tangente al pozzo.



Compartimento:			Direttore Lavori:			TOSCANO			Nome Operatore:			SPENNACCHIO		
Mezzo Targa:			Dina Utilizzatrice:			GEOSINTESI S.P.A.			Data:					
Stazione di partenza:			Stazione di arrivo:						Km di partenza:			0,000		
Binario:			Scorta RFI:						Kilometrica:			crescente		
Progressiva KM	Data	Ora	Latitudine	Longitudine	Velocità treno (km/h)	Umidità (%)	Temperatura (°C)	Litri serbatoio S1 (l)	Litri serbatoio S2 (l)	Litri serbatoio S3 (l)	Litri totali prodotto (l)	Litri totali diserbo (l)	Stato diserbo	
0	12-05-2017	23-03-55	45,4344440416667	9,23803339333333	0	79	17,4	0	0	0	0	0	NO	
0	12-05-2017	23-04-01	45,434444005	9,238033325	0	79	17,4	0	0	0	0	0	NO	

Figura 4. Esempio di reportistica del trattamento di una tratta. La Linea verde indica la tratta con l'avvenuta erogazione del prodotto. La linea rossa indica l'assenza di trattamento.

Conclusioni

Per eseguire il diserbo nelle sedi ferroviarie in modo sostenibile l'azienda punta sulla tecnologia e sui protocolli di intervento per ridurre i quantitativi di diserbante da applicare. La maggiore precisione è ottenuta con informazioni puntuali, ottenibili con apparati multi-sensore gestiti da software. Ad esempio, il monitoraggio di alcune specie della flora spontanea può fungere da guida delle fenofasi critiche di altre specie di interesse.

L'obiettivo principale è quello di utilizzare tutte le nuove tecnologie per ottenere una mirata distribuzione di prodotto a seconda delle specie presenti. Ciò dovrebbe permettere di raggiungere un equilibrio tra infrastruttura e vegetazione della banchina esterna, ritenuta non dannosa per le infrastrutture.

Bibliografia

Ferrovie Nord Milano - Piano di Diserbo 2018 – Geosintesi / Tovaglieri.

<http://www.rfi.it/rfi/LINEE-STAZIONI-TERRITORIO/Istantanea-sulla-rete/La-rete-oggi#2>

Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, Relazione del Ministro Graziano Delrio, 13 luglio 2016.

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - MIT, 2015, "Conto Nazionale dei Trasporti 2013-2014.

Miravalle R., Ott S., Zanin G., 2001. Il diserbo delle aree agricole. Malerbologia. A cura di Catizone P. e Zanin G.. Patron Editore, Bologna 926 pp.

RFI, Direzione Territoriale Produzione Milano - Piano di Diserbo 2018 – Geosintesi / Tovaglieri.

INDICE DEGLI AUTORI

ALLEGRI A.....	163	MONTEMURRO P.	9; 119; 149
BARTOLINI D.	163	ONOFRI A.....	39
BOARI A.	1	OTTO S.	209; 237
BOSELLI R.....	9	PANNACCI E.	39
CAMPAGNA G.....	79	SATTIN M.....	163
CAPELLA A.....	109	SCARABEL L.	19
CASAGRANDE M.....	131	TABAGLIO V.....	9
FABBRI M.....	131	TASSONE P.....	237
FERRERO A.....	19; 175	TEI F.....	39
FOGLIATTO V.	175	TESTI V.....	9
GUASTAMACCHIA F.	109	TOVAGLIERI A.	237
IMPERATORE G.	209	VIDOTTO F.	19; 175; 209
LODDO D.....	163	VURRO M.....	1
MILAN M.....	19	ZANIN G.....	209; 237