

SOCIETA' ITALIANA PER LA RICERCA SULLA FLORA INFESTANTE

S.I.R.F.I.

atti

**Il controllo della flora infestante
nelle colture orticole**

BARI, 12-13 NOVEMBRE 1998

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

atti

**Il controllo della flora infestante
nelle colture orticole**

a cura di
FRANCESCO TEI

BARI, 12-13 NOVEMBRE 1998

ATTI DELL'XI CONVEGNO BIENNALE S.I.R.F.I.
“Il controllo della flora infestante nelle colture orticole”
Bari, 12-13 novembre 1998

INDICE

Relazioni generali

| | |
|--|-----|
| Il controllo della flora infestante nelle colture orticole: problematiche agronomiche <i>P. Montemurro e F. Tei</i> | 1 |
| Mezzi alternativi al diserbo chimico nelle colture orticole <i>A. Ferrero e F. Vidotto</i> | 63 |
| Comportamento ambientale degli erbicidi impiegati nelle colture orticole <i>A. Onofri, C. Vischetti, G. Rapparini e F. Marchi</i> | 111 |
| Risultati delle indagini sui residui di erbicidi nelle parti eduli <i>E. Conte e G. Imbrogliani</i> | 165 |
| Impatto dei residui di erbicidi nella dieta italiana: indagine dell'Osservatorio Nazionale Residui di Agrofarma <i>F. Fabbrini e M. Rosso</i> | 175 |
| Direttiva europea sull'igiene dei prodotti alimentari (93/43/CEE) <i>R. Manfredini</i> | 187 |

Contributi sperimentali

| | |
|--|-----|
| Prove di efficacia e selettività di imazamox applicato in post-emergenza su pisello, fagiolo e fagiolino <i>F. Corvi, G. Marocchi, G.C. Martini, A. Mingardo e D. Magnani</i> | 203 |
| Solarizzazione del terreno in serra-tunnel: effetto sulle infestanti in coltivazione sequenziale di lattuga, ravanello, rucola e pomodoro <i>O. Temperini, P. Bàrberi, R. Paolini, E. Campiglia, A. Marucci e F. Saccardo</i> | 213 |
| Effetti di competizione tra <i>Xanthium italicum</i> Moretti e tre solanacee ortive <i>P. Viggiani e V. Dellacecca</i> | 229 |
| Indagine sulla flora infestante il pomodoro da industria in alcuni ambienti tipici italiani <i>P. Viggiani, G. Baldoni e P. Montemurro</i> | 241 |

Relazioni generali

Il controllo della flora infestante nelle colture orticole: problematiche agronomiche

P. MONTEMURRO¹ e F. TEI²

¹ *Istituto di Agronomia generale e Coltivazioni erbacee, Università degli Studi di Bari*

² *Istituto di Agronomia generale e Coltivazioni erbacee, Università degli Studi di Perugia*

Riassunto

Nel lavoro vengono presi in esame i più importanti aspetti relativi alla gestione della flora infestante le principali colture orticole. Dopo avere descritto le problematiche particolari che il diserbo chimico pone nelle orticole ed avere ricordato i principi generali per un controllo integrato della flora infestante applicabili in queste colture, gli autori, per le principali orticole, indicano le specie infestanti più frequenti, le problematiche che esse causano, i metodi di lotta applicabili, gli erbicidi autorizzati all'impiego e, infine, propongono possibili programmi di gestione integrata.

Summary

Weed Management in Vegetables

The most important issues of the integrated weed management in vegetables are discussed. After briefly analysing peculiar characteristics of the chemical weed control in vegetables and summarising basic principles for an integrated weed management, the paper discusses weed flora, damages to crops due to weeds, weed control methods, authorised herbicides and integrated weed management programmes.

Introduzione

Le colture orticole sono, in generale, poco competitive verso le malerbe per la loro densità d'investimento generalmente bassa, per le dimensioni relativamente ridotte delle piante e/o per la lenta crescita iniziale. Pertanto, anche alcune specie infestanti che sono poco aggressive in altre colture (es. *Portulaca oleracea*, *Stellaria media*, *Veronica spp.*, *Capsella bursa-pastoris*, *Poa annua*) risultano temibili nelle orticole. Considerando, inoltre, che molte di esse sono a reddito elevato, si può intuitivamente capire perchè le soglie economiche d'intervento siano molto basse ed il periodo critico della competizione talvolta molto lungo (Tei, 1988a). Il controllo accurato delle erbe infestanti nelle colture orticole si rende necessario per i danni quantitativi diretti che essi provocano, per i problemi specifici inerenti il peggioramento qualitativo del prodotto raccolto (es. capolini di *Matricaria chamomilla* e bacche di *Solanum nigrum* nei piselli da industria, foglie di malerbe frammiste a quelle di spinacio da industria, minore pezzatura e peso degli organi eduli...) ed infine per l'ostacolo alle operazioni di raccolta meccanica che oppongono talune malerbe a taglia alta (es. *Chenopodium album*, *Xanthium italicum*) o volubili (*Convolvulus arvensis*, *Calystegia sepium*).

Il diserbo chimico, pur rappresentando anche nelle colture orticole, un mezzo tecnico di importanza fondamentale presenta, però, alcune peculiari problematiche agronomiche, ambientali ed igieniche:

a) nel nostro paese vengono coltivate circa 40 specie orticole su una superficie complessiva di circa 550'000 ha (Tab. 1): ad eccezione di pomodoro e patata con superfici intorno ai 100'000 ha, le altre specie orticole vengono coltivate ciascuna solo su poche migliaia di ettari. Questo ha comportato, e comporta ancora oggi, uno scarso interesse dell'industria chimica dei fitofarmaci nel soddisfare le esigenze specifiche delle colture orticole. Molti erbicidi, pertanto, vengono sintetizzati per le grandi colture (mais, frumento, riso, soia) e trovano nelle orticole solo un campo d'impiego ulteriore. Questa situazione fa sì che gli erbicidi autorizzati all'impiego nelle diverse colture orticole siano pochi e spesso tecnicamente obsoleti. La ristretta gamma di erbicidi disponibili ha due conseguenze importanti: i) i pochi prodotti efficaci e selettivi vengono usati ripetutamente causando la rapida selezione della flora infestante con affermazione di una flora 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); ii) i

mezzi alternativi al diserbo chimico (solarizzazione, pacciamatura, sarchiatura), al contrario che in altre colture, hanno ampia diffusione per completare o sostituire l'attività spesso insufficiente degli erbicidi. Le possibilità applicative dei mezzi di controllo fisico o meccanico, inoltre, sembrano suscitare un interesse crescente in seguito alla richiesta sempre maggiore di prodotti ottenuti con un ridotto impiego di sostanze di sintesi.

b) Il ciclo colturale, pur se estremamente variabile a seconda della specie e/o della cultivar, è spesso breve (basti pensare ai 25-30 giorni del ravanella, 35-40 giorni di qualche insalata, 50 giorni dello spinacio e del fagiolino, 70 giorni di alcune cultivar di cavolfiori) e gli avvicendamenti colturali prevedono colture in rapida successione, cioè con intervalli brevi tra una coltura e l'altra. Questo comporta evidenti problemi tecnici quando un erbicida presenta una persistenza eccessiva in rapporto al ciclo colturale e una scarsa selettività verso la coltura in successione. Pertanto, è spesso arduo trovare un giusto compromesso tra le esigenze di controllo delle infestanti, la persistenza dei diserbanti disponibili ed i vincoli imposti dall'avvicendamento colturale e dalle esigenze di mercato.

c) Le parti eduli delle ortive vengono raccolte e commercializzate fresche e spesso consumate senza ulteriori processi di cottura, conservazione e/o trasformazione. Ciò impone l'adozione di congrui tempi di carenza (periodi di sicurezza) che spesso si sovrappongono con il breve ciclo colturale ed escludono o riducono l'impiego di molti principi attivi soprattutto in post-emergenza.

d) Le zone orticole particolarmente vocate si trovano spesso in terreni molto sciolti o lungo i litorali e molte specie richiedono apporti idrici elevati: questo fa sì che i rischi di lisciviazione degli erbicidi siano talvolta molto alti.

e) La selettività degli erbicidi è spesso influenzata dalla varietà; questo aspetto è poco conosciuto e necessiterebbe di una continua sperimentazione come conseguenza del rapido aggiornamento del panorama varietale, caratteristico del settore orticolo. La selettività, infine, può dipendere fortemente anche dalla modalità d'impianto (semina o trapianto) e dall'ambiente di coltivazione (in piena aria, sotto film plastico, sotto tunnel o serra) che ciascuna coltura orticola può presentare.

Tabella 1. Colture orticole di pieno campo: superficie coltivate (ha) nel 1995 in Italia (dati ISTAT)

| Nome comune | Nome scientifico | Famiglia botanica | Superficie (ha) |
|--------------------------|---|-------------------|-----------------|
| aglio | <i>Allium sativum</i> L. | Liliaceae | 4.070 |
| asparago | <i>Asparagus officinalis</i> L. | Liliaceae | 5.931 |
| batata | <i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam. | Convolvulaceae | 500 |
| bietola da coste | <i>Beta vulgaris</i> L. var. <i>vulgaris</i> | Chenopodiaceae | 3.700 |
| bietola da orto | <i>Beta vulgaris</i> L. var. <i>conditiva</i> Alef. | Chenopodiaceae | 1.305 |
| broccoletto di rapa | <i>Brassica rapa</i> L. | Cruciferae | 10.772 |
| carciofo | <i>Cynara scolimus</i> L. | Asteraceae | 51.273 |
| cardo | <i>Cynara cardunculus</i> L. | Asteraceae | 540 |
| carota | <i>Daucus carota</i> L. var. <i>sativus</i> (Hoff.) Arcangeli | Umbelliferae | 10.800 |
| cavolfiore* | <i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>botrytis</i> L., | Cruciferae | 23.183 |
| cavolo di Bruxelles | <i>B. oleracea</i> L. var. <i>gemmifera</i> DC. | Cruciferae | 279 |
| cavolo cappuccio | <i>B. oleracea</i> L. var. <i>capitata</i> L. | Cruciferae | 4.670 |
| cavolo verza | <i>B. oleracea</i> L. var. <i>sabauda</i> L. | Cruciferae | 4.960 |
| cavoli (altri) | <i>Brassica</i> spp. | Cruciferae | 2.129 |
| cetriolo da mensa | <i>Cucumis sativus</i> L. | Cucurbitaceae | 2.469 |
| cetriolini per sottaceto | <i>Cucumis sativus</i> L. | Cucurbitaceae | 792 |
| cicoria e radicchio | <i>Cichorium intybus</i> L. | Asteraceae | 15.094 |
| cipolla | <i>Allium cepa</i> L. | Liliaceae | 15.718 |
| cocomero o anguria | <i>Citrullus lanatus</i> (Thunberg) Matsumara et Nakai | Cucurbitaceae | 18.141 |
| fagiolo fresco | <i>Phaseolus</i> spp., <i>Vigna</i> spp. | Leguminosae | 23.352 |
| fava fresca | <i>Vicia faba</i> L. var. <i>major</i> L. | Leguminosae | 14.180 |
| finocchio | <i>Foeniculum vulgare</i> Mill. var. <i>azoricum</i> (Mill.) | Umbelliferae | 15.092 |
| fragola | <i>Fragaria x ananassa</i> Duch. | Rosaceae | 4.085 |
| indivia e scarola | <i>Cichorium endivia</i> L. | Asteraceae | 12.325 |
| lattuga | <i>Lactuca sativa</i> L. | Asteraceae | 18.880 |
| melanzana | <i>Solanum melongena</i> L. | Solanaceae | 8.958 |
| melone | <i>Cucumis melo</i> L. | Cucurbitaceae | 19.366 |
| patata comune | <i>Solanum tuberosum</i> L. | Solanaceae | 61.655 |
| patata primaticcia | <i>Solanum tuberosum</i> L. | Solanaceae | 27.650 |
| peperone | <i>Capsicum annum</i> L. | Solanaceae | 10.940 |
| pisello fresco | <i>Pisum sativum</i> L. | Leguminosae | 21.669 |
| pomodoro | <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill. | Solanaceae | 110.220 |
| porro | <i>Allium porrum</i> L. | Liliaceae | 1.067 |
| prezzemolo | <i>Petroselinum crispum</i> L. | Umbelliferae | 1.322 |
| rapa | <i>Brassica rapa</i> L. <i>rapa</i> | Cruciferae | 2.154 |
| ravanello | <i>Raphanus sativus</i> L. | Cruciferae | 1.680 |
| sedano | <i>Apium graveolens</i> L. var. <i>dulce</i> (Mill.) Pers. | Umbelliferae | 4.640 |
| spinacio | <i>Spinacia oleracea</i> L. | Chenopodiaceae | 8.448 |
| zucchine | <i>Cucurbita pepo</i> L. | Cucurbitaceae | 12.051 |

*compreso cavolo broccolo (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck)

Per tutti i motivi elencati è pertanto evidente come il settore orticolo sia uno dei più critici per le scelte tecniche legate alla gestione integrata delle malerbe ed all'uso degli erbicidi.

Nel presente lavoro si è inteso, perciò:

- ricordare i principi generali che regolano la gestione integrata delle malerbe;

- individuare, per le principali colture orticole, le specie infestanti più importanti, le problematiche che causano, i metodi di lotta applicabili, gli erbicidi autorizzati all'impiego e le possibili soluzioni di gestione integrata.

La relazione non ha certamente la presunzione di voler essere esaustiva per la elaborazione di programmi di gestione integrata delle malerbe nelle colture ortive, ma cerca di offrire un quadro completo delle principali problematiche di controllo, rimandando a contributi più specifici per gli approfondimenti sulle possibilità applicative dei mezzi alternativi al diserbo chimico (Ferrero e Vidotto, 1998); sul comportamento e destino ambientale degli erbicidi nel terreno, anche in rapporto alle possibili colture che seguono quella diserbata (Onofri *et al.*, 1998); ai rischi di residui di erbicidi nelle parti eduli (Conte e Imbroglini, 1998; Fabbrini e Rosso, 1998); alla adozione di sistemi di gestione della qualità (Manfredini, 1998).

Principi di controllo integrato della flora infestante

Una moderna risoluzione delle problematiche relative al controllo delle erbe infestanti, così come già avviene da un discreto numero di anni per gli insetti, e più recentemente per funghi e nematodi, prevede una gestione di tipo integrato. Controllare in modo integrato le erbe infestanti vuol dire programmare un sistema equilibrato e versatile che sfrutti tutte le conoscenze in materia di biologia ed ecologia delle specie infestanti, di agronomia, di tecnologia del diserbo e di impatto ambientale. In particolare, nel sistema integrato vengono ad essere opportunamente applicati sia i metodi indiretti di controllo delle malerbe, che quelli diretti e, tra questi ultimi, in special modo il diserbo chimico (Fig. 1) con l'obiettivo principale di mantenere la flora infestante, sia nel breve che nel lungo periodo, ad un livello ritenuto accettabile sotto il profilo economico, agronomico ed ambientale (Zanin e Berti, 1989).



Figura 1 - Sistema integrato di controllo delle malerbe (da Zanin e Berti, 1989; modificato).

Facendo riferimento alla Figura 1, vengono riportate alcune indicazioni di carattere generale che possono risultare utili per la predisposizione di programmi di controllo integrato delle malerbe nelle colture orticole da pieno campo.

Azioni preventive

Le azioni preventive hanno come scopo principale quello di evitare la diffusione delle malerbe già presenti e l'ingresso di specie "esotiche"; esse possono essere messe in atto:

- a) impiegando sementi dotate di elevata purezza;
- b) pulendo gli attrezzi e le macchine agricole, soprattutto quando hanno lavorato in precedenza in terreni infestati da specie rizomatose e/o stolonifere;
- c) filtrando le acque irrigue, specialmente quelle che provengono da invasi, al fine di eliminare i semi in esse trasportati;
- d) controllando le malerbe anche nelle aree incolte limitrofe ai campi coltivati qualora le specie infestanti possano fungere da ospiti di altri patogeni (ad esempio areali di coltivazioni di pomodoro a rischio di virosi e/o batteriosi);
- e) sistemando razionalmente i terreni dal punto di vista idraulico in modo tale che non si verifichino ristagni idrici che possano favorire le specie infestanti, soprattutto di tipo perennante, causare un lento insediamento delle colture seminate ed, in generale, predisporre le colture ad una maggiore suscettibilità a malattie fungine;
- f) asportando dai campi coltivati, prima della loro disseminazione, le piante di tutte le specie ritenute di difficile e/o costoso controllo nelle colture previste nell'avvicendamento.

Rotazione delle colture

Le colture da inserire nella rotazione e la loro sequenza, naturalmente nel rispetto dei principi agronomici che la regolano, dovrebbero essere scelte, se possibile, considerando anche le problematiche connesse con il controllo delle malerbe. In sostanza, l'orientamento deve essere quello di ricercare valide soluzioni di diserbo nell'ambito del sistema colturale complessivo, cioè inserendo nella rotazione quelle colture nelle quali sia più facile e più economico gestire la flora infestante, in generale, o certe specie, in particolare.

Agrotecnica

Le tecniche agronomiche dovrebbero essere scelte e applicate in maniera tale da rendere la coltura la più competitiva possibile nei confronti delle malerbe.

In particolare, una razionale tecnica d'impianto, nella quale l'epoca, la modalità di semina o di trapianto e la scelta delle cultivar siano ben selezionate, può contribuire a limitare l'infestazione che può svilupparsi nel campo.

Lavorazione del terreno. La scelta del tipo e della profondità di lavorazione dovrebbe essere effettuata tenendo presente anche dell'eventuale disseminazione verificatasi nella coltura precedente: qualora una o più specie di difficile controllo per la coltura da impiantare abbiano disseminato abbondantemente può essere consigliabile interrare i semi in profondità.

Un terreno ben preparato, inoltre, è sempre premessa indispensabile per un rapido insediamento della coltura e per una corretta azione degli erbicidi residuali eventualmente applicati.

La preparazione anticipata del letto di impianto della coltura (falsa semina), coadiuvata, eventualmente, anche da un intervento irriguo, può favorire l'emergenza anticipata (rispetto all'emergenza o al trapianto della coltura) di un certo numero di malerbe che possono essere eliminate mediante una leggerissima erpicatura o con l'applicazione di un erbicida ad azione totale (diquat, glyphosate, glyphosate trimesium, gluphosinate ammonium), riducendo di conseguenza l'infestazione nella coltura.

Impianto della coltura. Le scelte riguardanti questo aspetto della tecnica agronomica dovrebbero avere come scopo quello di permettere alla coltura di insediarsi il più velocemente possibile. In particolare, è consigliabile:

- a) seminare ad una profondità e nell'epoca più adeguate all'ottenimento di una pronta ed uniforme emergenza e di una crescita ottimale della coltura;
- b) preferire un investimento unitario il più elevato possibile, compatibilmente con le esigenze produttive sia di tipo quantitativo che qualitativo;
- c) adottare, quando possibile, il trapianto;
- d) preferire cultivar che abbiano un rapido e completo ricoprimento del terreno.

Irrigazione. Come noto, l'irrigazione può favorire la dinamica espansiva della flora infestante per l'azione stimolante dell'acqua nei confronti della germinazione dei semi, per la maggiore produzione di semi da parte delle infestanti e per l'eventuale trasporto diretto dei semi attraverso le acque di irrigazione. In generale, si può consigliare di:

- 1) installare, a monte dell'impianto irriguo, dei filtri che blocchino eventuali semi di infestanti;
- 2) utilizzare sistemi di irrigazione localizzata che tendono a limitare lo sviluppo delle infestanti nelle zone non umettate ;
- 3) adottare quelle pratiche agronomiche (pacciamatura, sarchiatura...) che riducono sia la crescita e lo sviluppo delle specie spontanee che i fabbisogni irrigui della coltura.

Concimazione. Variando la disponibilità degli elementi nutritivi si interagisce sui fenomeni di competizione coltura-malerbe con effetti che dipendono dal tipo e dalla quantità di elemento minerale, dall'epoca e dalla modalità di applicazione. Tali effetti non sono facilmente prevedibili e di conseguenza non è agevole dare utili indicazioni su come gestire le concimazioni in un sistema di lotta integrata. Comunque, è preferibile localizzare i fertilizzanti sulla fila anziché distribuirli a tutto campo. Infatti, le specie orticole sono caratterizzate spesso da bassa densità d'impianto e, soprattutto nelle prime fasi del ciclo, da apparati radicali poco sviluppati: questo fa sì che la loro capacità di assorbire elementi nutritivi nell'interfila sia alquanto ridotta per una parte più o meno lunga del ciclo colturale, a tutto vantaggio della flora spontanea presente.

Diserbo chimico

Pur rimanendo, specialmente per alcune colture, il principale metodo di lotta, il controllo chimico delle malerbe andrebbe gestito:

- a) preferendo, quando possibile, gli interventi di post-emergenza che permettono una valutazione esatta del tipo e della densità dell'infestazione, una scelta appropriata dei principi attivi e un minore rischio ambientale data la facile degradabilità dei pp.aa. impiegati in questa epoca ;
- b) impiegando gli erbicidi in modo frazionato, a dosi ridotte o molto ridotte (DMR), miscelati ad additivi e/o attivanti;
- c) distribuendo i diserbanti in modo localizzato sulla fila della coltura e sarchiando le interfile;
- d) non impiegando, quando possibile, sempre gli stessi principi attivi e ricorrendo alle miscele.

La flora infestante

Molte colture orticole sono caratterizzate da diverse opzioni riguardanti la modalità (semina diretta o trapianto) e l'epoca d'impianto, la durata del ciclo colturale, i sistemi di coltivazioni (piena aria, in coltura semiforzata o forzata), il tipo di avvicendamento adottato, la natura del terreno, ecc. Il tipo di 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:

- 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 (Tab. 2);
- 2) specie ad emergenza più tipicamente primaverile-estiva che infestano le colture a semina o trapianto nella tarda primavera o in estate (Tab. 3).

Per alcune colture, o in determinate situazioni climatiche ed agronomiche, i due gruppi possono sovrapporsi oppure succedersi per cui all'inizio del ciclo colturale sono le specie meno termofile a

prevalere mentre con l'avanzare della stagione od in coltura protetta le specie con esigenze termiche superiori diventano più frequenti, numerose e competitive. Alcune specie, inoltre, risultano "indifferenti" in quanto possono germinare ed emergere in tutti i periodi dell'anno (es. molte *Cruciferae* e *Compositae*, *P. annua*...).

Tabella 2. Principali specie infestanti le colture orticole ad impianto autunnale-inizio primaverile.

| Famiglia botanica | Nome scientifico della specie | Nome popolare della specie |
|-------------------------|---|-------------------------------|
| <i>Graminaceae</i> | <i>Alopecurus myosuroides</i> Hudson | codetta |
| | <i>Avena</i> spp. | avena selvatica |
| | <i>Lolium multiflorum</i> Lam. | loglio |
| | <i>Phalaris</i> spp. | falaride, scagliola |
| | <i>Poa</i> spp. | fienarola |
| <i>Caryophyllaceae</i> | <i>Stellaria media</i> (L.) Vill. | centocchio comune |
| <i>Compositae</i> | <i>Anthemis arvensis</i> L. | camomilla bastarda |
| | <i>Matricaria chamomila</i> L. | camomilla comune |
| | <i>Crysanthemum segetum</i> L. | crisantemo campestre |
| | <i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop. | stoppione |
| | <i>Galinsoga parviflora</i> Cav. | galinsoga |
| | <i>Senecio vulgaris</i> L. | senecione |
| <i>Cruciferae</i> | <i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medicus | borsa del pastore |
| | <i>Diploaxis eruroides</i> (L.) DC : | ruchetta violacea |
| | <i>Myagrum perfoliatum</i> L. | miagro liscio |
| | <i>Raphanus raphanistrum</i> L. | rafano selvatico |
| | <i>Rapistrum rugosum</i> (L.) All. | miagro peloso |
| | <i>Sinapis arvensis</i> L. | senape selvatica, rapastrella |
| | <i>Sonchus</i> spp. | grespino |
| <i>Papaveraceae</i> | <i>Papaver rhoeas</i> L. | papavero comune, rosolaccio |
| | <i>Fumaria officinalis</i> L. | fumaria comune |
| <i>Polygonaceae</i> | <i>Fallopia convolvulus</i> (L.) Holub | poligono convolvolo |
| | <i>Polygonum aviculare</i> L. | correggiola |
| | <i>Rumex</i> spp. | romice |
| <i>Ranunculaceae</i> | <i>Adonis</i> spp. | adonide |
| | <i>Ranunculus</i> spp. | ranuncolo |
| <i>Rubiaceae</i> | <i>Galium aparine</i> L. | attaccamano, attaccaveste |
| <i>Scrophulariaceae</i> | <i>Veronica</i> spp. | veronica |
| <i>Umbelliferae</i> | <i>Ammi majus</i> L. | visnaga maggiore |
| | <i>Bifora radians</i> Bieb. | coriandolo puzzolente |
| | <i>Daucus carota</i> L. | carota selvatica |
| | <i>Scandix pecten-veneris</i> L. | pettine di venere |

Tabella 3. Principali specie infestanti le colture orticole ad impianto in tarda primavera-estate.

| Famiglia botanica | Nome scientifico della specie | Nome popolare della specie |
|-----------------------|--|--|
| <i>Graminaceae</i> | <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers. <i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop. <i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) Beauv. <i>Setaria</i> spp. <i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers. | gramigna sanguinella comune giavone comune setaria sorgagna, sorghetta |
| <i>Cyperaceae</i> | <i>Cyperus</i> spp. | zigolo, cipero |
| <i>Amaranthaceae</i> | <i>Amaranthus</i> spp. | Amaranto |
| <i>Boraginaceae</i> | <i>Heliotropium europaeum</i> L. | eliotropio selvatico |
| <i>Chenopodiaceae</i> | <i>Chenopodium album</i> L. <i>Atriplex</i> spp. | chenopodio, farinello Atriplice |
| <i>Compositae</i> | <i>Xanthium italicum</i> Moretti <i>Galinsoga parviflora</i> Cav. | nappola galinsoga |
| <i>Convolvulaceae</i> | <i>Convolvulus arvensis</i> L. <i>Calystegia sepium</i> (L.) R. Br. | vilucchio comune, convolvolo vilucchio bianco |
| <i>Euphorbiaceae</i> | <i>Crozophora tinctoria</i> (L.) A. Juss. <i>Euphorbia</i> spp. <i>Mercurialis annua</i> L. | tornasole comune Euforbia mercorella comune |
| <i>Labiatae</i> | <i>Lamium</i> spp. <i>Galeopsis tetrahit</i> L. <i>Stachys annua</i> (L.) L. | falsa ortica canapetta comune erba stegona |
| <i>Malvaceae</i> | <i>Abutilon theophrasti</i> Medicus | cencio molle |
| <i>Polygonaceae</i> | <i>Fallopia convolvulus</i> (L.) Holub. <i>Polygonum aviculare</i> L. <i>Polygonum lapathifolium</i> L. <i>Polygonum persicaria</i> L. | poligono convolvolo correggiola poligono nodoso poligono persicaria |
| <i>Portulacaceae</i> | <i>Portulaca oleracea</i> L. | porcellana comune |
| <i>Solanaceae</i> | <i>Solanum nigrum</i> L. <i>Datura stramonium</i> L. | erba morella stramonio |

Pomodoro

Il 70% circa della produzione complessiva del pomodoro coltivato in Italia, che si attesta intorno a 5.2 milioni di tonnellate, viene inviato alla trasformazione industriale, nell'ambito del regime di quote applicato dalla UE.

Il pomodoro da industria, a cui è limitata la trattazione, può essere seminato direttamente in campo o trapiantato: la semina diretta si effettua in Italia tra la metà di marzo e la metà di aprile, mentre il trapianto tra la metà di aprile e la metà di giugno, al nord, e tra l'inizio di aprile e la fine di maggio, al sud.

La flora infestante

Nelle colture seminate, le prime fasi del ciclo colturale sono infestate da una flora composta da specie ad emergenza primaverile (*Avena* spp, *Alopecurus myosuroides*, *Lolium multiflorum*, *Polygonum aviculare*, *Fallopia convolvulus* e diverse specie appartenenti alle *Cruciferae* e *Compositae*) mentre le fasi successive, analogamente alla coltura trapiantata, da specie più termofile quali le graminacee *Panicoideae* (*Echinochloa crus-galli*, *Setaria* spp., *Digitaria sanguinalis*), *C. album*, *Amaranthus retroflexus*, *S. nigrum*, *P. oleracea*, *Polygonum persicaria* e *Polygonum lapathifolium* (Viggiani *et al.*, 1998)

Il problema chiave nel pomodoro nel nostro Paese, e si può affermare in tutta l'area mediterranea, è rappresentato da *S. nigrum* (erba morella); questa specie è caratterizzata da emergenze molto scalari e prolungate, ed essendo botanicamente affine alla coltura risulta di difficile controllo con il mezzo chimico. L'erba morella è particolarmente abbondante nel pomodoro in semina diretta (Zaragoza *et al.*, 1994).

Problemi crescenti vengono posti da alcune specie vivaci (*Convolvulus arvensis*, *Cirsium arvense*, *Cynodon dactylon*, *Paspalum paspaloides* (Mchx.) Scriber, *Sorghum halepense*, *Cyperus rotundus* L.) da alcune annuali quali *Ambrosia artemisiifolia* L. e *Amaranthus hybridus* L., tutte resistenti ai più comuni erbicidi impiegati (Zaragoza *et al.*, 1994) e da *Orobanche ramosa* L. sempre più presente nei comprensori pugliesi del Foggiano e del Barese.

Le erbe infestanti determinano in generale una forte diminuzione della produzione a causa della competizione (Weaver e Tan, 1987; Quasem, 1993; Pratap e Shaik, 1997).

Tra le specie più competitive e dannose vi è *S. nigrum* che presenta soglie d'infestazione uguali o inferiori a una pianta per metro lineare (Maillet e Abdel Fatah, 1983; Damato e Montemurro, 1986) e prossime a zero nelle colture seminate (Caussanel *et al.*, 1989 e 1990; Jacquard e Abdel Fatah, 1988).

La flora spontanea può, inoltre, essere di ostacolo, o impedire completamente, la raccolta meccanica, come accade nelle colture infestate da alcuni dicotiledoni volubili quali *C. arvensis* e *C. sepium* e ospitare diversi virus (Tab. 4) e batteri (Tab. 5) particolarmente pericolosi per la solanacea coltivata (Conti *et al.*, 1996).

Tabella 4. Specie infestanti ospiti dei virus del pomodoro.

| Specie infestante | Virus del pomodoro | | | |
|-------------------------------|--------------------|------------|------------|-------------|
| | CMV (1) | PVY (2) | TMV (3) | TSWV (4) |
| <i>Amaranthus retroflexus</i> | | | | + |
| <i>Borago officinalis</i> | + | | | |
| <i>Calendula officinalis</i> | + | | | + |
| <i>Cichorium intybus</i> | + | | | + |
| <i>Cirsium</i> spp. | | + | | |
| <i>Convolvulus</i> spp. | + | | | |
| <i>Datura stramonium</i> | | | | + |
| <i>Lamium purpureum</i> | + | | | |
| <i>Malva silvestris</i> | + | | | |
| <i>Mercurialis annua</i> | + | | | |
| <i>Pichris hieracioides</i> | + | | | |
| <i>Plantago</i> spp. | | | + | |
| <i>Portulaca oleracea</i> | + | + | | + |
| <i>Ranunculus</i> spp. | | | | |
| <i>Solanum dulcamara</i> | + | + | + | |
| <i>Solanum nigrum</i> | + | + | + | |
| <i>Stellaria media</i> | + | | | + |

(1) *Cucumber Mosaic Virus* (virus del mosaico del cetriolo);

(2) *Potato Virus Y* (virus Y della patata);

(3) *Tobacco Mosaic Virus* (virus del mosaico del tabacco);

(4) *Tomato Spotted Wilt Virus* (avvizzimento maculato del pomodoro).

Tabella 5. Specie infestanti ospiti dei batteri del pomodoro.

| Specie infestante | Batterio | | |
|----------------------------|--|---|--|
| | <i>Corynebacterium michiganense</i> pv. Michiganense (1) | <i>Xanthomonas campestris</i> pv. Vesicatoria (2) | <i>Pseudomonas syringae</i> pv. Tomato (3) |
| <i>Brassica campestris</i> | | | + |
| <i>Brassica nigra</i> | | | + |
| <i>Datura stramonium</i> | | + | |
| <i>Lamium amplexicaule</i> | | | + |
| <i>Solanum nigrum</i> | + | + | |
| <i>Stellaria media</i> | | | + |

Agenti patogeni di: (1) cancro batterico; (2) maculatura batterica; (3) macchiettatura batterica.

La gestione integrata

Considerando che *S. nigrum* rappresenta il problema principale in quasi tutti i comprensori pomodoricoli, questa specie andrebbe attentamente controllata già nelle colture in avvicendamento con il pomodoro nelle quali la lotta risulta facile ed efficace (Tab. 6).

Tabella 6. Colture ed erbicidi per un controllo di *Solanum nigrum* nell'avvicendamento (da Montemurro, 1996).

| Colture | Erbicidi |
|---------------------------|--|
| barbabietola da zucchero | phenmedipham, metamitron, ethofumesate |
| carota, sedano, finocchio | linuron |
| mais | dicamba, primisulfuron |
| soia | imazetapyr, fomesan |
| tabacco | ethofumesate |

Per la elaborazione di un programma di controllo integrato sono da tenere presenti le seguenti considerazioni agronomiche:

a) la preparazione anticipata del terreno con successivo disseccamento delle malerbe nate prima dell'impianto (semina o trapianto) mediante erbicidi ad assorbimento fogliare (glyphosate, glyphosate trimesio, glufosinate ammonium) consente di eliminare gran parte delle malerbe a nascita precoce, compresi i primi flussi di emergenza di *S. nigrum*, e di poter talvolta eseguire il solo controllo chimico in post-emergenza o post-trapianto (Branthôme *et al.*, 1984). Questa strategia si dimostra particolarmente appropriata quando si opera su terreni organici (contenuto di s.o. > 5%) dove viene meno l'efficacia degli erbicidi residuali.

b) La coltura seminata presenta germinazione e crescita iniziale lenta ed è particolarmente sensibile all'azione competitiva esercitata dalle erbe infestanti. Il trapianto permette una lotta meccanica alle malerbe più accurata ed efficiente e conferisce alla coltura un vantaggio competitivo verso la flora spontanea (Weaver *et al.*, 1987). Il ricorso al trapianto piuttosto che alla semina diretta permette, pertanto, una diminuzione del periodo richiesto di assenza dalle malerbe da 8 a 5 settimane (Weaver, 1984). Il periodo critico della competizione è stato individuato tra 30 e 45 (Duranti e Carone, 1983) o tra 35 e 60 giorni giorni dopo l'emergenza (Weaver, 1984; Weaver e Tan, 1983) e tra 24 e 36 giorni dopo il trapianto (Friesen, 1979; Weaver e Tan, 1983).

c) Sia i trattamenti al terreno con prodotti residuali, che quelli in presenza della coltura potrebbero essere convenientemente localizzati sulla fila integrandoli con sarchiature meccaniche dell'interfila. Queste, d'altronde, per i benefici effetti su aerazione e stato idrico del terreno, risultano

spesso necessarie e ordinariamente eseguite prima della chiusura dell'interfila da parte del pomodoro. Nel caso in cui i trattamenti di post-emergenza o post-trapianto vengano eseguiti a tutto campo su colture in cui sono previste sarchiature dell'interfila è preferibile applicare gli erbicidi dopo l'intervento meccanico (o nel periodo che intercorre tra 2 trattamenti di post) in quanto questo tende a favorire nuove germinazioni ed emergenze.

Nelle condizioni ordinarie la coltura necessita, generalmente, di un doppio trattamento: il primo in pre-semina, pre-emergenza o pre-trapianto ed il secondo in post-emergenza o post-trapianto. Negli ultimi anni ha iniziato a diffondersi la strategia dei trattamenti ripetuti a dosi ridotte, indispensabile per limitare le infestazioni di *S. nigrum* (Montemurro e Sarli, 1994).

I principi attivi autorizzati su pomodoro sono riportati nella Tabella 7.

Tabella 7. Erbicidi impiegabili nella coltura del pomodoro.

| Principi attivi | Formulati commerciali | Dosi di f.c. (l o kg ha ⁻¹) | Epoca d'impiego | | |
|-----------------------|-----------------------|---|-----------------|----------------------|------------------------|
| | | | pre-semina | pre-emerg. pre-trap. | post-emerg. post-trap. |
| Aclonifen | Challenge | 2,5-3 | | + | |
| Chlorthal-dimethyl * | Ceptal | 15 - 20 | | | + |
| | Dacthal W75 | | | | |
| Clethodim | Select | 0,6 | | | + |
| Cycloxydim | Stratos | 1-1,25 | | | + |
| Dinitramine | Cobex | 1,5-2,0 | | + | + |
| Diphenamid | Fenam 50 PB | 9-13 | + | + | |
| Fenoxaprop-P-ethyl | Whip S | 1-2 | | | + |
| Fluazifop-P-butyl | Fusilade N13 | 1,25-2,5 | | | + |
| Flurochloridone * | Racer | 1,5-2 | | + | |
| Haloxypop-ethoxyethyl | Gallant | 0,5-3 | | | + |
| Isopropalin * | Paarlan | 1,5 - 2 | | + | |
| Metribuzin | Diversi | 0,2** -1,5 | + | + | + |
| Oxadiazon* | Ronstar L | 1,5-3,0 | | + | |
| | Ronstar granulare | 20-40 | | + | + |
| Pendimethalin* | diversi | 1,5-2,5 | | + | |
| Propaquizafop | Agil | 0,8-1,2 | | | + |
| Rimsulfuron | Titus | 0,05-0,06 | | | + |
| Sethoxydim | diversi | 1-2 | | | + |
| Trifluralin | diversi (45,0%) | 1-1,9 | | + * | + (1) |

*Solo su coltura trapiantata ; ** Nei trattamenti frazionati ; (1) Solo in post-emergenza incorporato nell'interfile.

In *pre-semina* si possono applicare trifluralin e napropamide (entrambi previo interrimento) e metribuzin, mentre in *pre-emergenza* metribuzin e aclonifen.

In *pre-trapianto* i principi attivi impiegabili sono più numerosi e possono essere suddivisi in due gruppi a seconda che necessitino di interrimento (trifluralin, isopropalin, dinitramine, diphenamide, napropamide) o meno (metribuzin, aclonifen, pendimethalin, flurochloridone, oxadiazon). In generale i residuali hanno una buona efficacia verso numerose infestanti graminacee e dicotiledoni, ma solo oxadiazon e pendimethalin hanno una apprezzabile efficacia verso *S. nigrum* (Rapparini e Rubboli, 1994). In generale il principio attivo più selettivo e impiegato è il metribuzin che viene applicato da solo o più spesso in miscela con napropamide, diphenamide o aclonifen, rimandando il controllo di *S. nigrum* in post.

In *post-emergenza* o *trapianto* possono essere impiegati metribuzin e rimsulfuron, da soli o in miscela, e diversi graminicidi specifici (haloxyfop-ethoxyethyl, fenoxaprop-P-ethyl, fluazifop-P-butyl, propaquizafop, quizalofop-ethyl, cycloxydim, sethoxydim, clethodim). Metribuzin svolge un'azione prevalente verso le dicotiledoni, mentre rimsulfuron agisce verso *Echinochloa crus-galli*, *Setaria* spp., *S. halepense* da seme e da rizoma e nei confronti di amarantacee, crocifere, composite e *S. nigrum*. Verso queste specie sono consigliati trattamenti precoci (stadio di cotiledoni-prime foglie vere dell'infestante) di rimsulfuron+metribuzin: la miscela permette di ridurre le dosi di metribuzin, a tutto vantaggio della selettività del trattamento (Montemurro e Sarli, 1994; Rapparini e Rubboli, 1994; Onofri *et al.*, 1995).

Per il controllo di *O. ramosa*, l'unico mezzo di lotta è rappresentato dalla sarchiatura da eseguire necessariamente prima che l'infestante formi i semi.

Nelle Tabelle 8, 9 e 10 sono stati schematizzati alcuni possibili programmi di controllo integrato per le colture seminate e trapiantate. Gli interventi indicati in ogni epoca (pulizia del letto di semina, pre-semina, pre-emergenza, pre-trapianto, post-emergenza, post-trapianto) sono in alternativa tra di loro e possono essere combinati diversamente da come proposto a seconda delle esigenze.

Tabella 8. Programmi di controllo integrato delle malerbe nella coltura di pomodoro seminato (A, B, C, D ed E sono i possibili programmi con le sequenze degli interventi) (da Montemurro, 1994).

| Programma | Falsa semina* | Pre-semina | Pre-emergenza* | Post-emergenza* | |
|-----------|--|--------------------|--|---|--|
| | | | | Prima del diradamento | 8-9 foglie / pre-fioritura |
| | a) erpicatura superficiale b) erbicidi totali | erbicidi residuali | a) erbicidi residuali b) erbicidi residuali + erbicidi totali in presenza di infestanti già nate | a) dinitramine o trifluralin b) metribuzin + (eventuale) rimsulfuron o graminicida c) diserbo come in b) localizzato sulla fila e sarchiatura interfila | a) sarchiatura b) metribuzin + (eventuale) rimsulfuron o graminicida c) diserbo come in b) localizzato sulla fila e sarchiatura interfila |
| A | • | | | • | |
| B | • | | | | • |
| C | | • | | | • |
| D | | | • | | • |
| E | | • | | • | |

* Gli interventi indicati in ciascuna epoca sono in alternativa tra loro.

Tabella 9. Programmi di controllo integrato delle malerbe nella coltura di pomodoro trapiantato (A, B, C e D sono i possibili programmi con le sequenze degli interventi) (da Montemurro, 1994; modificato).

| Programma | Falsa semina * | Pre-trapianto* | Post-trapianto* (giorni dopo il trapianto) | | |
|-----------|---|---|---|--|--|
| | | | 15-20 | 25-30 | 30-35 |
| | a) erpicatura superficiale b) erbicida totale c) erbicida residuale + erbicida totale | a) erbicidi residuali b) erbicidi residuali + erbicidi totali in presenza di infestanti già nate | I DMR a) metribuzin + (eventuale) rimsulfuron o graminicida b) diserbo come a) localizzato sulla fila + sarchiatura interfila | II DMR a) metribuzin + (eventuale) rimsulfuron o graminicida b) diserbo come a) localizzato sulla fila + sarchiatura interfila | a) sarchiatura interfilare + clorthal-dimethyl b) oxadiazon granulare nell'interfila c) metribuzin + (eventuale) rimsulfuron o graminicida d) diserbo come in c) localizzato sulla fila + sarchiatura interfila |
| A | | • | • | • | |
| B | | • | | | • |
| C | | | • | • | |
| D | • | | | | • |

*Gli interventi indicati in ciascuna epoca sono in alternativa tra loro.

Tabella 10. Programmi di diserbo con microdosi per la coltura trapiantata di pomodoro (A, B e C sono le possibili sequenze degli interventi) (da Montemurro, 1995).

| Programma | Pre-trapianto | Post-trapianto* (giorni dopo il trapianto) | | |
|-----------|-----------------------------------|--|--|--|
| | | 15-20 | 25-30 | 35-40 |
| A | metribuzin 175 g ha ⁻¹ | metribuzin 70 g ha ⁻¹ + | metribuzin 70 g ha ⁻¹ + | |
| B | metribuzin 175 g ha ⁻¹ | **rimsulfuron 6,25 g ha ⁻¹ | **rimsulfuron 6,25 g ha ⁻¹ metribuzin 70 g ha ⁻¹ + | metribuzin 70 g ha ⁻¹ + |
| C | | metribuzin 70 g ha ⁻¹ + | **rimsulfuron 6,25 g ha ⁻¹ metribuzin 70 g ha ⁻¹ + | **rimsulfuron 6,25 g ha ⁻¹ se necessario metribuzin 70 g ha ⁻¹ |
| | | **rimsulfuron 6,25 g ha ⁻¹ | **rimsulfuron 6,25 g ha ⁻¹ | |

*Gli interventi in post-trapianto vanno eseguiti su infestanti ai primissimi stadi di sviluppo; ** Il rimsulfuron è efficace su *Solanum nigrum* allo stadio di cotiledoni-2 foglie vere e su graminacee allo stadio di prime foglie.

Peperone e melanzana

Il peperone e la melanzana sono colture trapiantate a ciclo primaverile-estivo molto lungo (4-5 mesi) e a raccolta scalare manuale.

La flora infestante

Le specie infestanti sono graminacee e dicotiledoni termofile (Tab.3), simili a quelle indicate per il pomodoro trapiantato, in grado di provocare una forte competizione con consistenti abbassamenti produttivi (Frank *et al.*, 1988; Tei, 1989; Sanchez e Torner, 1997; Viggiani e Dellacecca, 1998).

Nel peperone il periodo critico della competizione inizia all'incirca 20-25 giorni dopo il trapianto e dura per circa due settimane (Tei, 1987 e 1988b; Medina *et al.*, 1994).

I virus del pomodoro che trovano ospitalità in alcune specie infestanti (Tab. 4) possono colpire anche il peperone; in aggiunta *Alfalfa mosaic virus* (AMV) viene ospitato da *P. oleracea* e *C. album*, mentre *Broad bean wilt fabavirus* (BBWV) da *Plantago lanceolata* L. e *Plantago major* L.

La gestione integrata

In entrambe le colture il diserbo chimico non è molto diffuso in quanto i principi attivi autorizzati sono pochi (Tab. 11) e non sempre efficaci. Molta importanza assume, pertanto, la tecnica della preparazione anticipata del letto di impianto e la sarchiatura che può essere eseguita anche in associazione alla pacciamatura della fila con film plastico nero.

Tra gli erbicidi disponibili, pendimethalin in pre-trapianto è il più affidabile in termini di efficacia, selettività e basso costo; per completarne lo spettro d'azione verso alcune dicotiledoni può essere utile l'associazione con aclonifen. In post-trapianto su infestanti già nate risultano selettivi solo i graminicidi specifici (fenoxaprop-P-ethyl, fluazifop-P-butyl e sethoxydim); in questa epoca se le infestanti non sono ancora nate possono essere distribuiti nell'interfila, facendo attenzione a non bagnare la coltura, chlorthal-dimethyl o dinitramine, entrambi ad azione residuale. I possibili programmi di controllo integrato sono riportati in Tabella 12.

Tabella 11. Principi attivi per il diserbo del peperone e della melanzana.

| Principi attivi | Formulati commerciali | Dosi di f.c. (l o kg ha ⁻¹) | Epoca d'impiego | |
|--------------------|-----------------------|---|-----------------|----------------|
| | | | pre-trapianto | post-trapianto |
| Aclonifen | Challenge | 2-3 | + | |
| Chlorthal-dimethyl | Ceptal, Dacthal W75 | 10-15 | | + |
| Dinitramine | Cobex | 1,5-3 | + | + |
| Diphenamid | Fenam 50 PB | 9-13 | + | |
| Fenoxaprop-P-ethyl | Whip S | 1-2 | | + |
| Fluazifop-P-butyl | Fusilade N13 | 1,5-2 | | + |
| Isopropalin (1) | Paarlan | 1,5-2 | + | |
| Napropamide (2) | Devrinol F | 2,2-2,5 | + | |
| Oxadiazon | Ronstar granulare | 20-40 | + | |
| Oxadiazon | Ronstar L | 1,5-3 | + | |
| Pendimethalin | diversi | 3-4 | + | |
| Sethoxydim | diversi | 1-2 | | + |
| Trifluralin | diversi | 1 - 1,9 | + | |

(1) Solo su peperone; (2) Solo su melanzana.

Tabella 12. Programmi di controllo integrato delle malerbe nelle colture di peperone e di melanzana (A, B e C sono i possibili programmi con le sequenze degli interventi).

| Programma | Falsa semina | Pre-trapianto* | Post-trapianto* |
|--|--------------|-----------------------|-------------------------------------|
| a) erpicatura superficiale | | b) erbicidi residuali | a) sarchiatura |
| b) erbicidi totali | | c) erbicidi residuali | b) dinitramine o chlorthal-dimethyl |
| c) erbicidi residuali + erbicidi totali | | + erbicidi totali | + (eventuale) graminicida |
| A | | • | • |
| B | • | | • |
| C | solo c) | | • |

* Gli interventi indicati in ciascuna epoca sono in alternativa tra di loro.

Patata

La coltivazione della patata in Italia interessa una superficie complessiva (Tab. 1) di circa 88'000 ha di cui circa il 75% riguarda la coltivazione della patata comune e la restante parte quella della patata novella o primaticcia e di quella bisestile. La patata comune presenta un ciclo primaverile-estivo con piantamento da febbraio a maggio e raccolta da agosto a settembre a seconda della zona di coltivazione; la patata novella ha ciclo autunno-primaverile con piantamento da novembre a febbraio e raccolta da aprile a giugno.

La flora infestante

Le diverse tipologie di coltivazione di patata, svolgendo il loro ciclo culturale in periodi differenti dell'anno, presentano infestazioni differenti sia per entità che per specie (Tab. 13).

Tabella 13. Specie infestanti più frequenti nei diversi tipi di coltivazione di patata.

| Specie infestanti | Patata | | |
|--------------------------------|-------------|--------|-----------|
| | primaticcia | comune | bisestile |
| <u>Graminaceae</u> | | | |
| <i>Avena spp.</i> | x | | |
| <i>Alopecurus myosuroides</i> | x | | |
| <i>Lolium spp.</i> | x | | |
| <i>Echinochloa crus-galli</i> | | x | x |
| <i>Setaria spp.</i> | | x | x |
| <u>Dicotiledoni</u> | | | |
| <i>Amaranthus spp.</i> | | x | x |
| <i>Chenopodium spp.</i> | | x | x |
| <i>Fumaria officinalis</i> | x | x | |
| <i>Lamium spp.</i> | x | x | |
| <i>Matricaria chamomilla</i> | x | | |
| <i>Papaver rhoeas</i> | x | x | |
| <i>Polygonum aviculare</i> | x | x | x |
| <i>Polygonum persicaria</i> | x | x | x |
| <i>Polygonum lapathifolium</i> | | x | x |
| <i>Portulaca oleracea</i> | | x | x |
| <i>Solanum nigrum</i> | | x | x |
| <i>Sonchus spp.</i> | x | x | |
| <i>Stellaria media</i> | x | x | |
| <i>Veronica spp.</i> | x | | |

La flora infestante delle coltivazioni di patata novella e delle prime fasi del ciclo culturale di quella comune è composta da specie caratterizzate da basse esigenze termiche per la germinazione e la crescita, fra cui alcune graminacee festucoidee (*A. myosuroides*, *Avena spp.*, *L. multiflorum.*) e numerose dicotiledoni composite, crocifere, papaveracee, poligonacee, ranunculacee, rubiacee.

Specie più termofile quali le graminacee panicoidee (*E. crus-galli.*, *Setaria* spp., *S. halepense*) e alcune dicotiledoni (*C. album*, *A. retroflexus*, *P. persicaria*, *P. oleracea*) tendono invece ad essere più frequenti ed abbondanti nella patata comune ed in quella bisestile, specialmente se irrigue.

In molti areali di coltivazione della patata comune si è affermata una flora di sostituzione con prevalenza di *Fallopia convolvulus* e *Solanum nigrum* il cui controllo risulta particolarmente difficile e non ancora del tutto risolto. Queste specie sono aumentate in frequenza e densità anche perché non sottoposte a controllo su altre importanti colture in rotazione come la barbabietola da zucchero. *F. convolvulus*, inoltre, sfugge sempre più frequentemente ai comuni trattamenti con erbicidi ureici (linuron, monolinuron, metobromuron) a causa della preparazione anticipata del terreno, delle abbondanti concimazioni organiche ed inorganiche e della elevata scalarità delle emergenze (Filippini, 1994).

Nei comprensori meridionali dove viene praticata la coltura primaticcia ed in particolare nelle province di Bari, Brindisi e Lecce è molto frequente l'acetosella (*Oxalis pes-caprae* L.).

Una dinamica espansiva particolarmente elevata è stata infine segnalata per la specie parassita *C. europaea* (Campagna, 1996).

Le perdite di produzione provocate dalle malerbe possono essere anche consistenti (fino al 75%) (Makepeace e Holroyd, 1978), soprattutto con specie ad emergenza precoce e nella patata primaticcia che ha un lungo periodo di germogliazione ed un lento sviluppo iniziale nelle prime fasi del ciclo (Cantele e Zanin, 1976, Dellacecca, 1990). Hoffman e Kakol (1990) hanno accertato che la diminuzione delle rese per ettaro è determinata sia attraverso una riduzione del numero di tuberi per pianta che del loro calibro.

Anche l'emissione di sostanze allelopatiche da parte delle malerbe può determinare riduzioni produttive, così come trovato per esempio con infestazioni di *Polygonum persicaria* (Putnam, 1985)

Le malerbe determinano anche sensibili danni qualitativi quali la diminuzione del contenuto in amido (Yash *et al.*, 1974), l'inverdimento dei tuberi, favorito dalla crepacciatura del suolo come conseguenza della riduzione della sua umidità, e, nella patata primaticcia, una minore precocità che può comportare una diminuzione del prezzo di vendita del prodotto e un aumento dei problemi di ordine fitosanitario (Moursi, 1954). Inoltre, specie rizomatose quali *Agropyron repens* (L.) Beauv. e *Cynodon dactylon* possono perforare i tuberi causandone il deprezzamento ed aprendo la strada ad infezioni da parte di batteri e funghi (Ennis *et al.*, 1963) oppure, quando riescono a sviluppare nel terreno una fitta rete di rizomi, possono determinare una crescita deforme dei tuberi.

Alcune specie perenni (*Cirsium arvense*, *Sonchus arvensis.*, *Convolvulus arvensis*), che sfuggono generalmente al diserbo chimico e agli interventi meccanici, sono piuttosto frequenti ma raramente provocano sensibili perdite produttive nelle coltivazioni di patata comune, in quanto producono gran

parte della loro biomassa solo nella fase terminale del ciclo colturale quando la senescenza delle foglie della solanacea permette una maggiore penetrazione della luce. Nella coltura primaticcia, invece, la dannosità di *Convolvulus arvensis* è quasi sempre abbastanza elevata per il fatto che i suoi fusti volubili riescono a ricoprire ed eziolare le piante di patata ancora in attiva fase di crescita (Montemurro e Bianco, 1980).

Riguardo ai danni indiretti, alcune specie annuali a nascita tardiva e quelle rizomatose (*C. dactylon*, *S. halepense*) o volubili (*C. arvensis*, *C. sepium*) costituiscono talvolta un forte ostacolo alla raccolta meccanica.

Le malerbe, infine, possono essere ospiti di crittogame e di insetti: per esempio l'afide *Myzus persicae* vettore di diversi virus della patata può vivere su diverse malerbe quali *C. bursa-pastoris*, *Sinapis arvensis*, *C. album* e *S. nigrum* (Makepeace e Holroyd, 1978). Gli stessi virus sono ospitati da diverse specie infestanti (Tab. 14), che pertanto andrebbero controllate anche nelle zone limitrofe ai campi coltivati delle aree a rischio.

Tabella 14. Specie infestanti ospiti di virus della patata.

| Specie infestanti | Virus |
|--|---------|
| <i>Amaranthus</i> spp. | PVX (1) |
| <i>Chenopodium album</i> | PVM (2) |
| <i>Chenopodium</i> spp., <i>Amaranthus</i> spp., <i>Solanum nigrum</i> , <i>Solanum dulcamara</i> , | PVY (3) |
| <i>Cirsium</i> spp., <i>Portulaca oleracea</i> <i>Leguminosae</i> , <i>Compositae</i> , <i>Solanaceae</i> , | AMV (4) |
| <i>Labiata</i> | |

(1) *Potato Virus X*; (2) *Potato Virus M*; (3) *Potato Virus Y*; (4) *Alfalfa Mosaic Virus*.

Altro aspetto negativo da non trascurare è quello che l'inerbimento può contribuire ad instaurare condizioni favorevoli alla conservazione ed alla diffusione di agenti patogeni; a tal proposito, va ricordato che *Phytophthora infestans*, agente della peronospora, si sviluppa meglio in colture con elevata presenza di malerbe.

La gestione integrata

Nel passato le malerbe venivano controllate esclusivamente con ripetute sarchiature abbinate alla rincalzatura che permette un discreto controllo dell'infestazione presente sulle file della coltura, purché la sua esecuzione avvenga quando le malerbe si trovano nei primi stadi di sviluppo. Gli interventi meccanici, anche se ancora molto diffusi, quasi mai vengono impiegati da soli nella gestione della flora spontanea e, inoltre, sono spesso causa di danni all'apparato radicale e ai tuberi. E' per questo che si consiglia di praticare la sarchiatura il più superficialmente possibile.

La sintesi e la diffusione degli erbicidi selettivi, a partire dalla metà degli anni '60, ha determinato una diminuzione dell'importanza degli interventi meccanici anche se il controllo chimico è quasi esclusivamente impiegato nelle coltivazioni di patata comune. Nella patata primaticcia, oltre che con gli interventi meccanici la nascita delle malerbe può essere ostacolata mediante pacciamatura con film plastico nero (Dellacecca, 1990).

Il diserbo chimico può essere effettuato in pre-semina, pre-emergenza e post-emergenza (Tab. 15).

Tabella 15. Principi attivi per il diserbo della patata*.

| Principi attivi | Formulati commerciali | Dose di f.c. (l o kg ha ⁻¹) | Epoca di trattamento | |
|------------------------------|-----------------------|---|----------------------|-------------|
| | | | pre-emerg. | post-emerg. |
| Aclonifen | Challenge | 2,5-3 | + | |
| Aclonifen + linuron | Mirabò | 4-6 | + | |
| Cycloxydim | Stratos | 1-1,25 | | + |
| Diphenamid | Fenam 50 PB | 9-13 | + | |
| Diquat (4) | Reglex 10 | 7-10 | + | +(2) |
| Fenoxaprop-ethyl | Whip | 1-2 | | + |
| Fluazifop-P-butyl | Fusilade N13 | 1,25-2,5 | | + |
| Flurochloridone | Racer | 1,5-2 | + | |
| Glufosinate ammonium (4) | diversi | 4-5 | + | +(2) |
| Haloxifop-ethoxyethyl | Gallant | 0,5-3 | | + |
| Linuron | diversi | 1,5-2 | + | |
| Metazachlor | Butisan | 1-2 | + | |
| Metobromuron | Patoran | 3-4 | + | |
| Metribuzin (3) | diversi | 1,5-2 | + | + |
| Napropamide | Devrinol F | 2,2-4 | +(1) | |
| Pendimethalin | diversi | 3-4 | + | |
| Pendimethalin + Metobromuron | Acconem | 3-4 | + | |
| Pendimethalin + Linuron | diversi | 4-5 | + | |
| Propaquizafop | Agil | 0,8-1,2 | | + |
| Rimsulfuron | Titus | 0,05-0,06 | | + |
| Sethoxydim | diversi | 1-2 | | + |
| Trifluralin | diversi | 1-2 | +(1) | |

* I principi attivi sono quelli autorizzati dal Ministero della Sanità al 10.1.1997

- (1) Impiegabile anche in pre-semina previo interramento
- (2) Impiego possibile solo per il diserbo dell'interfila, con l'ausilio di apposite attrezzature schermate.
- (3) Sconsigliato l'impiego sulle varietà Jaerla, Draga, Vitax e Arsy.
- (4) Utilizzabili anche in pre-raccolta della patata per il disseccamento della parte aerea.

In *pre-semina* possono essere impiegati erbicidi residuali (trifluralin, diphenamid, napropamide) ma il loro limitato spettro d'azione e la necessità di doverli interrare sono i principali motivi che ne limitano l'impiego.

Per i trattamenti di *pre-emergenza*, aclonifen, flurochloridone, linuron, metobromuron e metribuzin sono utili in caso di infestazione prevalente di dicotiledoni. La selettività di metribuzin è in generale piuttosto scarsa su terreni sciolti dove se ne sconsiglia l'uso; inoltre, con abbondanti piogge o precipitazioni, data la sua elevata solubilità, può essere lisciviato fino a venire a contatto con l'apparato radicale della coltura causando forti danni, in particolare in alcune varietà (Rapparini, 1996). Con infestazione mista di graminacee e dicotiledoni, che è la più frequente, i principi attivi sopra citati dovrebbero essere impiegati in miscela con pendimethalin o metazachlor in possesso di una più spiccata azione verso le graminacee. Comunque, anche pendimethalin e metazachlor possono dare fenomeni di fitotossicità su terreni sabbiosi e/o con abbondanti precipitazioni e irrigazioni.

Gli erbicidi applicati al terreno è sufficiente che abbiano una persistenza d'azione di 7-12 settimane, cioè pari al periodo che intercorre tra il piantamento e la chiusura delle interfile (Saghir e Markoullis, 1974), in quanto, una volta che il fogliame della coltura ha completamente coperto il terreno, le malerbe, soprattutto quelle annuali, hanno poca opportunità di crescere e svilupparsi. Per questo fine si consiglia di utilizzare tuberi pre-germogliati al fine di accelerare l'emergenza e, quindi, favorire un più rapido insediamento della coltura.

I trattamenti di *post-emergenza* non vengono eseguiti con frequenza, ma hanno carattere di eccezionalità. Con la coltura dallo stadio di 3-4 palchi fogliari alla fioritura è possibile intervenire con il metribuzin per il controllo delle principali dicotiledoni annuali e con il rimsulfuron che controlla anche graminacee annuali e sorghetta da rizoma; le graminacee, comunque, possono essere più facilmente eliminate con diversi graminicidi specifici (haloxyfop-ethoxyethyl, fenoxaprop-P-ethyl, fluazifop-P-butyl, propaquizafop, quizalofop-ethyl, cycloxydim, sethoxydim). Le infestazioni di dicotiledoni perenni volubili (*C. arvensis*, *C. sepium*) o di *Cuscuta* spp. rimangono, invece, un problema insoluto nella patata e devono essere gestite opportunamente nelle colture in avvicendamento.

Nella Tabella 16 sono stati schematizzati alcuni possibili programmi di controllo integrato. Gli interventi indicati in ogni epoca sono in alternativa tra di loro e possono essere combinati diversamente da come proposto a seconda delle esigenze.

Tabella 16. Programmi di controllo integrato delle malerbe della patata (A, B, C, D ed E sono i possibili programmi con le sequenze degli interventi).

| Programma | Falsa semina* | Pre-emergenza | Post-emergenza | | |
|-----------|--|--|--|--------------|--|
| | | | pre-rincazzatura* | rincazzatura | post-rincazzatura* |
| | a) erpicatura superficiale b) erbicida totale | erbicida residuale + erbicida totale in presenza di infestanti già nate | a) sarchiatura b) metribuzin + (eventuale) graminicida c) rimsulfuron d) diserbo come in b) o c) localizzato sulla fila e sarchiatura interfila | | a) metribuzin + (eventuale) graminicida b) rimsulfuron c) diserbo come in a) o b) localizzato sulla fila |
| A | • | • | | • | |
| B | • | | • | • | |
| C | | • | | • | • |
| D | • | | | • | • |
| E | | • | | • | |

* Gli interventi indicati in ciascuna epoca sono in alternativa tra di loro.

CHENOPODIACEE

Spinacio

Lo spinacio viene coltivato per il mercato fresco e soprattutto per l'industria di surgelazione.

La flora infestante (Tab. 2 e 3) è estremamente variabile dato che questa coltura può essere seminata in diversi periodi dell'anno: in fine inverno-inizio primavera per la raccolta primaverile, in agosto-settembre per la raccolta autunnale e in settembre-ottobre per la raccolta da novembre a marzo; la coltura estiva ha però scarso interesse per le basse produzioni e le scadenti caratteristiche qualitative (Basoccu, 1990).

In generale lo spinacio presenta ciclo molto breve (55-60 giorni) ed occupa il posto di una coltura intercalare. Il diserbo chimico è uno dei punti cardine della tecnica agronomica in quanto la ridotta distanza fra le file obbligherebbe a zappature manuali molto onerose e oggi improponibili, specialmente per il prodotto raccolto meccanicamente, per il quale la presenza di infestanti determina uno scadimento delle caratteristiche tecnologiche ed un aumento considerevole dei tempi e dei costi per la cernita durante la fase di lavorazione industriale.

Il diserbo chimico può essere effettuato in *pre-semina*, *pre-emergenza* e *post-emergenza* (Tab. 17). Il prodotto più usato è il lenacil che può essere impiegato in tutte le fasi del ciclo colturale anche se la sua selettività è più elevata in pre-emergenza. Questo principio attivo è molto efficace verso numerose dicotiledoni e parzialmente verso alcune graminacee (*A. myosuroides*, *L. multiflorum*). Per migliorarne lo spettro d'azione verso le graminacee viene spesso associato in trattamenti di pre-semina con cycloate o inserito in un programma di diserbo che prevede un doppio trattamento: cycloate in pre-semina e lenacil in pre-emergenza.

In *post-emergenza* le malerbe dicotiledoni vengono controllate con trattamenti unici o frazionati (Tab. 18), con le stesse modalità adottate nella barbabietola da zucchero, a base di phenmediphan da solo o in miscela con lenacil. I graminicidi specifici trovano il loro più razionale impiego come unico trattamento nel caso di infestazione di sole graminacee o come trattamento complementare quando alcune specie sono sfuggite ai precedenti trattamenti di pre-semina. Il trattamento, comunque, deve essere effettuato quanto più precocemente possibile così da colpire le graminacee ai primi stadi di sviluppo quando è massima la loro sensibilità e quando ancora non hanno dimensioni tali da costituire, anche se essiccate dall'erbicida, un corpo estraneo nel prodotto.

Tabella 17. Principi attivi per il diserbo dello spinacio e della bietola.

| Principi attivi | Formulati commerciali | Dose di f.c. (l o kg ha ⁻¹) | Coltura | | Epoca d'impiego | | |
|-------------------------|-----------------------|---|----------|---------|-----------------|------------|-------------|
| | | | spinacio | bietola | pre-semina | pre-emerg. | post-emerg. |
| Chlorizadon | diversi | 3-4,5 | | + | + | + | |
| Clopyralid (10%) | diversi | 1,2-1,5 | | + | | | + |
| Cycloate | Ro-neet | 5-7 | + | +(1) | + | | |
| Fenoxaprop-P-ethyl | Whip S | 1-2 | + | | | | + |
| Haloxypop- ethoxyethyl | Gallant | 0,4-1 | + | | | | + |
| Lenacil | Venzar, Sleng | 0,2*-1 | + | | + | + | + |
| Phenmedipham | diversi | 2*-5 | + | + | | | + |
| Phenmedipham + Cycloate | Centro | 3*-6 | + | + | | | + |
| Propaquizafop | Agil | 0,8-1,2 | + | | | | + |
| Quizalofop-P-ethyl | Targa Gold | 1-1,5 | + | | | | + |
| Sethoxydim | Fervinal, Gracidim | 1-2,5 | + | + | | | + |

* Dosi frazionate; (1) Impiegabile solo nella bietola da orto

Bietola da coste e da orto

Entrambe le colture possono avere un ciclo primaverile-estivo negli ambienti centro-settentrionali e generalmente autunno-vernino in quelli meridionali, di lunghezza variabile da 2 a 4 mesi; gli inerbimenti possono essere, pertanto, molto diversi (Tab. 2 e 3).

La distanza tra le file (40-50 cm) permette l'eliminazione delle malerbe nate nell'interfila con sarchiature meccaniche, mentre il diserbo chimico può essere effettuato in pre-semina, pre-emergenza, post-emergenza.

Il principio attivo più impiegato tra quelli disponibili (Tab. 17) è chlorizadon, applicabile in qualunque epoca e con elevata efficacia verso numerose dicotiledoni; in post-emergenza trova più razionale impiego in miscela con phenmedipham per trattamenti unici o frazionati su malerbe ai primi stadi di sviluppo. Nella sola bietola da orto può essere impiegato anche clopyralid per il controllo specifico di composite e ombrellifere.

Tabella 18. Programmi di controllo integrato delle malerbe nelle colture di spinacio e di bietola (A, B, C e D sono i possibili programmi con le sequenze degli interventi)

| Programma | Falsa semina* | Pre-semina | Pre-emergenza | Post-emergenza (stadio della coltura) | | |
|-----------|---|-----------------------|--|---|---|--|
| | | | | 2 foglie vere | 4-6 foglie | 6-8 foglie* |
| | | | | I TF** | II TF** | |
| | a) erpicatura superficiale b) erbicidi totali c) chloridazon + erbicidi totali | cycloate o lenacil | erbicidi residuali + erbicidi totali | phenmedipham + lenacil o cycloate + (eventuale) prodotto specifico | phenmedipham + lenacil o cycloate + (eventuale) prodotto specifico | a) sarchiatura b) phenmedipham + lenacil o cycloate + (eventuale) prodotto specifico |
| A | • | | | • | • | |
| B | | • | | • | • | |
| C | | | • | • | • | |
| D (1) | | | • | | | • |

* Gli interventi indicati in ciascuna epoca sono in alternativa tra di loro; ** Trattamenti frazionati; (1) Programma possibile solo per la bietola.

CROCIFERE

Le specie orticole appartenenti a questa famiglia botanica sono numerose e fra le più importanti ricordiamo il cavolfiore, il cavolo broccolo, il cavolo cappuccio, il cavolo verza, la rapa, il ravanella (Tab. 1).

Il cavolfiore viene trapiantato da giugno a settembre e ha un ciclo variabile, a seconda delle cultivar, da 70 a 240 giorni; il cavolo broccolo è trapiantato da giugno a ottobre e presenta un ciclo da 60 a 120 giorni; il cavolo cappuccio ed il cavolo verza vengono seminati direttamente in campo o, più frequentemente, trapiantati, con raccolta primaverile, estiva o autunno-invernale e ciclo variabile da 60 a 150 giorni. La rapa da radice ha ciclo relativamente breve (70-90 giorni) e viene seminata in diversi periodi dell'anno (piena estate, inverno e primavera), mentre quella da foglie e infiorescenze ha ciclo sensibilmente più lungo, semina primaverile per la raccolta autunnale e semina estiva (agosto-settembre) per la raccolta primaverile. Il ravanella è seminato in tutti i periodi dell'anno e ha ciclo brevissimo (da 25 a 60 giorni).

La flora infestante

Poiché queste specie si differenziano per epoche di coltivazione, modalità d'impianto (semina o trapianto), lunghezza del ciclo, collocazione nell'avvicendamento (coltura principale, coltura intercalare), presentano una composizione variabile della flora infestante.

La gestione integrata

Il diserbo chimico non è pratica generalizzata a causa dei pochi principi attivi disponibili, dell'efficacia e della selettività talvolta variabili; per questi motivi è frequente il ricorso alle sarchiature.

In generale si può puntualizzare che:

1. le colture seminate presentano una maggiore sensibilità agli erbicidi di quelle trapiantate;
2. nelle colture a ciclo breve è sufficiente un unico intervento diserbante mentre in quelle a ciclo lungo i risultati migliori si ottengono con un doppio trattamento (pre + post);
3. i trattamenti in presenza della coltura con prodotti attivi verso le dicotiledoni sono selettivi solo su colture trapiantate;
4. i trattamenti di post-trapianto verso le dicotiledoni, quando effettuati con erbicidi ad azione residuale e ad azione antigerminello o assorbimento radicale, vanno eseguiti con le infestanti non ancora emerse, su terreno ben affinato, oppure dopo un intervento meccanico di sarchiatura che ha eliminato le malerbe già nate.

Nelle colture trapiantate (Tabella 19) possono essere impiegati in *pre-trapianto* trifluralin e napropamide (previo interrimento), pendimethalin, oxadiazon e oxyfluorfen ed in *post-trapianto* chlorthal-dimethyl, propachlor, metazachlor, clopyralid, oxadiazon e i gramminicidi specifici. Trifluralin è indubbiamente il p.a. più economico, ma presenta un'attività limitata in confronto agli altri. Oxyfluorfen è l'unico principio attivo con una efficacia verso le malerbe crocifere, ma questa attività erbicida è talvolta causa di una ridotta selettività verso le crocifere coltivate anche se i fenomeni di fitotossicità sono temporanei e ininfluenti sulla produzione finale. Clopyralid è consigliato nel controllo di composite e ombrellifere. Per le colture seminate non vengono usati oxyfluorfen e metazachlor in quanto poco selettivi, mentre gli altri principi attivi sono impiegati a dosi più basse rispetto alle colture trapiantate.

Alcuni possibili programmi di controllo integrato della flora infestanti i cavoli sono riportati in Tab. 20.

Nella rapa i principi attivi autorizzati sono propachlor in pre-emergenza, clopyralid e sethoxydim in post-emergenza.

Nel ravanello più che l'uso di erbicidi selettivi si consiglia la preparazione anticipata del letto di semina ed il disseccamento pre-semina delle infestanti con dipiridilici, glyphosate o gluphosinate.

Tabella 19. Principi attivi per il diserbo dei cavoli.

| Principi attivi | Formulati commerciali | Dose di f.c. (l o kg ha ⁻¹) | Coltura | | Epoca d'impiego | | | | | |
|--------------------|-----------------------|---|-------------------------|----------------------|-----------------|---------------|---------------|----------------|----------------|---|
| | | | cavolfiore c. cappuccio | c. broccolo c. verza | pre-semina | pre-emergenza | pre-trapianto | post-emergenza | post-trapianto | |
| Chlorthal-dimethyl | Dachtal W75, Ceptal | 10-15 | + | + | | x | | | | x |
| Metazachlor | Butisan S | 1,5-2 | + | + | | | | | | x |
| Napropamide | Devrinol F | 2,2-2,5 | + | | x | | | x | | |
| Oxadiazon | Ronstar FL | 1-2 | + | (1) | | | | x | | x |
| | Ronstar granulare | 20-40 | + | (1) | | | | x | | x |
| Oxyfluorfen | Goal | 2-3 | + | | | | | x | | |
| Pendimethalin | diversi | | + | | | | | x | | |
| Propachlor | Ramrod flow | 8-12 | + | + | | x | | | | x |
| Clopyralid (10%) | diversi | 1,2-1,5 | + | + | | | | | x | x |
| Cycloxydim | Stratos | 1-1,25 | + | | | | | | x | x |
| Fluazifop-P-butyl | Fusilade N 13 | 1,5-2,0 | | + | | | | | x | x |
| Propaquizafop | Agil | 0,8-1,2 | + | (2) | | | | | x | x |
| Quizalofop-P-ethyl | Targa gold | 1,0-1,5 | + | | | | | | x | x |
| Sethoxydim | Fervinal, Grasi-dim | 1,0-2,0 | + | + | | | | | x | x |
| Trifluralin | diversi | 1-1,9 | + | | x | | | x | | |

(1) solo cavolfiore; (2) solo su cavolo cappuccio.

Tabella 20. Programmi di controllo integrato delle malerbe nei cavoli (A, B, C e D sono i possibili programmi con le sequenze degli interventi).

| Programma | Falsa semina* | Pre-impianto* | Post-impianto* |
|-----------|--|--|---|
| | a) erpicatura superficiale b) erbicidi totali | a) erbicidi residuali b) residuali + totali (1) | a) sarchiatura b) sarchiatura + chlortal-dimethyl o metazachlor o propachlor o oxadiazon c) chlopyralid + (eventuale) graminicida |
| A | • | • | |
| B | • | | • |
| C | | • | • |
| D | • | | • |

* Gli interventi indicati in ciascuna epoca sono in alternativa tra loro; (1) Solo pre-emergenza.

COMPOSITE

Insalate

Con il termine generico di "insalate" vengono indicati diverse specie di ortaggi, tra i quali i più importanti sono lattuga, endivia e scarola, radicchio e cicorie (Tab.1).

La coltivazione (Bianco, 1990a; Pimpini, 1990a; Tesi 1990a, b, c) varia considerevolmente per modalità (semina diretta o trapianto) ed epoca d'impianto (primaverile, estivo, autunnale), lunghezza del ciclo colturale (da meno di un mese per alcune cultivar di lattuga a qualche mese per alcune cicorie e radicchi), sistemi di coltivazione (su terreno nudo, con pacciamatura, sotto tunnel, ecc.), modalità di raccolta (manuale, a macchina).

La flora infestante

La flora infestante è, pertanto, estremamente variabile e potenzialmente composta da tutte le specie indicate nelle Tabelle 2 e 3.

A causa della loro morfologia e della lenta crescita iniziale, soprattutto quando seminate direttamente in campo (Tei *et al.*, 1996), le insalate hanno debole capacità competitiva verso le malerbe (Roberts *et al.*, 1977; Bianco, 1981). Questa ridotta competitività rende temibili anche specie a taglia bassa quali *P. oleracea*, *Veronica* spp., *Anagallis arvensis* L., *P. annua*, ecc. che in altre colture non rappresentano generalmente un problema.

Nelle aziende che praticano monosuccessione, o in cui le insalate ritornano spesso sullo stesso appezzamento, l'uso ripetuto di propyzamide, principio attivo molto selettivo e usato, ha determinato la selezione e l'affermarsi di una flora di compensazione composta da specie composite quali *Galinsoga parviflora*, *Senecio vulgaris*, *M. chamomilla*, *S. oleraceus*, *Calendula arvensis* L. ed *O. pes-caprae*, queste ultime due soprattutto negli areali meridionali (Montemurro, 1988 e 1998; Vassiliou, 1988; Branthôme, 1994). *Cyperus* spp., *C. dactylon* ed *Euphorbia* spp. possono, inoltre, causare danni alle insalate per fenomeni allelopatici, mentre numerose altre specie possono fungere da ospiti di nematodi e virus (Tab. 21) temibili in questo gruppo di colture (Conti *et al.*, 1996; Montemurro, 1988a e 1998b).

La gestione integrata

In conseguenza dell'alto costo della manodopera e della difficoltà a sarchiare meccanicamente le colture a causa della ridotta distanza tra le file della coltura, le superfici diserbate chimicamente sono andate progressivamente aumentando e si stima che ammontino attualmente a circa il 75% di quelle coltivate (Vercesi, 1995). Il diserbo chimico (Tab. 22) può essere eseguito, in funzione della

coltura e dei principi attivi, in diverse epoche: pre-semina, pre-emergenza, pre-trapianto, post-emergenza o post-trapianto. In generale occorre ricordare:

1. di ricorrere, ogniqualvolta possibile, alla preparazione anticipata del terreno e alla successiva eliminazione delle malerbe con erbicidi totali (glyphosate, gluphosinate, dipiridilici);
2. di utilizzare erbicidi residuali con persistenza opportuna in relazione alla lunghezza del ciclo colturale, soprattutto quando questo è breve e quando le insalate sono in avvicendamento (Onofri *et al.*, 1998).

Tabella 21. Principali specie infestanti ospiti dei virus delle insalate.

| Specie infestanti | Virus | | |
|--------------------------------|-------|------|-----|
| | TSWV | BWYV | LMV |
| <i>Amaranthus retroflexus</i> | + | + | |
| <i>Anagallis arvensis</i> | | | + |
| <i>Calendula officinalis</i> | + | | |
| <i>Capsella bursa pastoris</i> | + | + | + |
| <i>Chenopodium spp.</i> | | | + |
| <i>Chrysanthemum spp.</i> | + | | |
| <i>Cichorium spp.</i> | + | | |
| <i>Datura stramonium</i> | + | | + |
| <i>Lactuca serriola</i> | | | + |
| <i>Lamium amplexicaule</i> | | | + |
| <i>Malva parviflora</i> | | | + |
| <i>Papaver spp.</i> | + | | |
| <i>Picris echioides</i> | | | + |
| <i>Portulaca oleracea</i> | + | | |
| <i>Raphanus raphanistrum</i> | | + | |
| <i>Senecio vulgaris</i> | | + | + |
| <i>Sonchus spp.</i> | + | + | + |
| <i>Stellaria media</i> | + | + | + |
| <i>Verbena spp.</i> | + | | |

(1) *Tomato Spot Wilt Virus* (avvizzimento maculato del pomodoro); (2) *Beet Western Yellow Virus* (giallume occidentale della bietola); (3) *Lettuce Mosaic Virus* (mosaico della lattuga).

Il diserbante più utilizzato, come già accennato, è *propyzamide* che può essere impiegato in pre-semina, pre-emergenza e pre-trapianto su terreno ben affinato e privo di infestanti nate e in post-trapianto anche su malerbe ai primi stadi di sviluppo. E' molto selettivo, efficace verso numerose graminacee e dicotiledoni, ma ha una persistenza prolungata (anche più di 6 mesi) che ne favorisce l'accumulo nel terreno con conseguenti problemi di selezione della flora e fitotossicità sulle colture in successione (cereali, solanacee, liliacee, spinacio). Al fine di ridurre gli inconvenienti si può impiegare propyzamide a dosi ridotte (2,5 l ha⁻¹) scegliendo fra due opzioni: 1) in miscela con trifluralin, dinitramine o chlorpropham con interrimento in

pre-semina o pre-trapianto; 2) doppio trattamento, trifluralin o dinitramine in pre-trapianto con interrimento e poi propyzamide in post-trapianto. Un'alternativa alla propyzamide è oggi rappresentata da pendimethalin e oxadiazon applicati 7-8 giorni prima del trapianto; oxadiazon, in particolare, risulta efficace nel controllo delle malerbe composite. I trattamenti di *post-emergenza* con chlorpropham e di post-trapianto con chlorthal-dimethyl sono poco diffusi a causa della non perfetta selettività del primo e del limitato spettro d'azione del secondo, mentre i trattamenti in post con graminicidi specifici raramente sono necessari se è stato eseguito un diserbo con residuali.

Carciofo

Il carciofo è una specie poliennale tipicamente mediterranea coltivata in Italia su circa 50 000 ha (Tab. 1), di cui più dell'80% nelle regioni meridionali e insulari (Puglia, Campania, Sicilia e Sardegna) e la rimanente parte in Toscana e Lazio, principalmente.

L'impianto viene generalmente eseguito per carducci (germogli che si differenziano dal rizoma) o per ovoli (rami quiescenti inseriti sul rizoma, di forma cilindrica, pieni di sostanze di riserva, muniti di gemma apicale e gemme laterali). L'impianto per carducci viene eseguito in autunno nelle regioni con inverno mite o in marzo-aprile in quelle a inverno rigido, mentre gli ovoli vengono messi a dimora in estate, come tipicamente avviene in alcune aree insulari irrigue.

Le popolazioni di carciofo oltre che differenziarsi per tipo di capolino (colore, forma, presenza di spine) presentano una diversa risposta fotoperiodica, per cui alcune risultano tolleranti alle escursioni fotoperiodiche mentre altre sono rigidamente brevidiurne. Le prime, precoci e a fioritura continua, possono essere "forzate", cioè irrigate precocemente in estate così che si risvegliano dal riposo vegetativo, subiscano l'induzione fiorale in autunno e producano i capolini da settembre a maggio; le seconde si risvegliano in fine estate grazie all'irrigazione o alle precipitazioni naturali ed hanno raccolta tardiva e concentrata da marzo agli inizi di giugno. Il ciclo colturale perciò può variare dai 270-300 giorni nelle aree irrigue meridionali con colture estive ai 200-250 giorni per le colture ordinarie. La durata di una carciofaia varia da 1-2 anni (come avviene prevalentemente in Sicilia e Sardegna) a 3-4 anni o più raramente fino a 7-8 anni (Bianco, 1990b).

Fin dai mesi estivi con l'inizio dell'irrigazione di risveglio e dalla fine di settembre in poi con l'inizio delle piogge autunnali, contemporaneamente alla riprese vegetativa della coltura, si assiste all'emergenza delle infestanti che si protrae scalarmente per tutto il lungo ciclo colturale.

Tabella 22. Principi attivi per il diserbo delle insalate.

| Principi attivi | Formulati commerciali | Dose di f.c. (l o kg ha ⁻¹) | Coltura | | | | Epoca d'impiego | | | | |
|-------------------------------|-----------------------|--|--------------------|---------|---------|-----------|-----------------|----------------|-----------------|---------------|----------------|
| | | | lattuga cicoria | scarola | indivia | radicchio | pre- semina | pre- emerg. | post- emerg. | pre- trap. | post- trap. |
| Benfluralin | Bonalan | 6,5 - 8 | + | + | + | + | x | | | x | |
| Chlorpropham | CP 40 | 4 - 6 | + | + | | | | x | x | | x |
| Chlorthal dimethyl | Ceptal, Dacthal W75 | 10 - 15 | + | + | | | | | | | x |
| Cycloxydim | Stratos | 1 - 1,2 | + | + | + | + | | | x | | x |
| Fluazifop-P butyl | Fusilade N 13 | 1 - 2 | + | | | | | | x | | x |
| Oxadiazon | Ronstar FL | 0,7 - 1 | + | | + | | | | | x | |
| Propaquizafop | Agil | 0,8 - 1,2 | + | | | | | | x | | x |
| Propyzamide | Kerb Flo | 3,5 - 4,5 | + | + | + | + | x | x | | x | x |
| Propyzamide + Chlorpropham | Treamin | 5 - 7 | + | + | + | | | x | | | x |
| Quizalofop-P-ethyl | Targa Gold | 1 - 1,5 | +(1) | | | | | | | x | x |
| Sethoxydim | Fervinal, Gracidim | 1 - 2 | + | + | + | + | | | | x | x |
| Trifluralin (45,8%) | diversi | 1 - 1,9 | + | + | + | + | x | | | | x |

(1) Non impiegabile su lattuga.

La flora infestante

Nel periodo primaverile-estivo sono prevalenti le specie più tipicamente termofile (*E. crus-galli*, *Setaria spp*, *D. sanguinalis*, *C. album*, *A. retroflexus*, *S. nigrum*, *P. oleracea*...), mentre durante i mesi autunnali e invernali specie quali *A. myosuroides*, *Avena spp.* *L. multiflorum*, crocifere, composite, papaveracee ecc.

Nelle carciofaie di durata più elevata tendono ad essere frequenti specie perenni quali *C. arvensis*, *C. sepium*, *Malva spp.*, *Urtica urens* e *O. pes-caprae*.

Questa ultima specie, comunemente detta acetosella, ha un ciclo autunno-primaverile, produce piccolissimi semi facilmente diffusi dal vento, è provvista di organi di moltiplicazione sotterranea (bulbilli) dotati di lunga dormienza e la cui diffusione è favorita dalle fresature (Magnifico, 1984) ed è resistente alla maggior parte degli erbicidi autorizzati per questa coltura; è presente un po' in tutte le carciofaie delle regioni meridionali, ma particolarmente nel sud-Barese e nel Brindisino e con una forte dinamica espansiva anche nel Metapontino e nel Foggiano (Montemurro, 1998c)

E' soprattutto nelle prime fasi vegetative della carciofaia che le erbe infestanti tendono ad esercitare più "pesantemente" la propria competizione, con un ritardo della differenziazione fiorale e con una diminuzione del numero e delle dimensioni dei capolini (D'Alessandro e Agosta, 1984).

La gestione integrata

Le malerbe possono essere controllate con sarchiature meccaniche durante le prime fasi di accrescimento delle piante ma non sono più praticabili quando la coltura chiude gli spazi interfilari, più o meno precocemente in funzione dei sestri d'impianto; gli interventi meccanici, inoltre, possono risultare dannosi all'apparato radicale che è prevalentemente concentrato nei primi 25-30 cm di terreno (Magnifico, 1984).

Il non sempre possibile controllo meccanico delle infestanti (sesti di impianto non troppo ampi, rapida crescita della coltura, piovosità solitamente abbondante e frequente durante il periodo autunno-vernino, manodopera costosa e non sempre disponibile) renderebbe praticamente indispensabile il ricorso al diserbo chimico che, invece, non è pratica molto affermata (si stima che interessi circa il 50% della superficie) principalmente a causa dell'insufficiente azione residua degli erbicidi disponibili (Vercesi, 1995).

La gestione della flora infestante, pertanto, risulta dall'integrazione del mezzo chimico e di quello meccanico: gli erbicidi dovranno essere ad ampio spettro d'azione, poco solubili, molto persistenti e finalizzati soprattutto al controllo delle malerbe a nascita in autunno e inverno, mentre sarchiature superficiali mireranno al controllo durante il riposo vegetativo.

I principi attivi utilizzabili e le epoche d'intervento (Tab. 23) variano a seconda che si debba diserbare una carciofaia all'impianto o in produzione.

Prima dell'impianto, sia con ovoli che con carducci, possono essere impiegati trifluralin, pendimethalin, pendimethalin+linuron, oxadiazon, chlorpropham o chlorpropham+linuron, tutti ad azione residuale e con spettro d'azione, più o meno completo, sia verso numerose graminacee che dicotiledoni annuali.

Subito dopo l'impianto con ovoli, ma prima dell'emergenza dei germogli, o subito dopo il trapianto di carducci, possono essere impiegati propyzamide (il p.a. più selettivo) oxyfluorfen o diverse miscele tra linuron e pendimethalin, acclonifen o chlorpropham.

Nelle carciofaie in produzione, in pre-ricaccio, oltre ad alcuni residuali prima citati (propyzamide, pendimethalin, imazamethabenz, linuron, pendimethalin+linuron, acclonifen, oxyfluorfen) può essere impiegata simazina, poco selettiva ma persistente ed efficace, meglio in miscela con propyzamide per una più completa azione verso le graminacee.

Dopo la ripresa vegetativa e con apparato fogliare sviluppato, risulta selettiva propyzamide efficace verso numerose graminacee e dicotiledoni; è preferibile applicare il prodotto subito dopo l'ultima lavorazione e prima della nascita delle infestanti. Su carciofaie di 2 o più anni si può impiegare subordinatamente anche il linuron, ma prima che i germogli raggiungano 10-15 cm di lunghezza. In caso di forti infestazioni di malerbe a foglia stretta sono molto efficaci i trattamenti eseguiti con uno dei graminicidi specifici (haloxyfop-ethoxyethyl, sethoxydim, ecc.).

Dopo il ricaccio possono essere distribuiti nell'interfila anche alcuni erbicidi non selettivi (oxadiazon, oxyfluorfen, pendimethalin, trifluralin) evitando di bagnare la coltura mediante ugelli schermati o trattamenti localizzati.

Contro *O. pes-caprae* i programmi di diserbo devono basarsi sull'impiego di oxyfluorfen e oxadiazon.

Riguardo alla possibilità di due interventi separati nel tempo, pendimethalin ed imazamethabenz possono essere distribuiti rispettivamente prima e dopo il ricaccio, mentre nelle zone molto infestate dall'acetosella si rende quasi sempre indispensabile un secondo trattamento in post con oxyfluorfen localizzato nelle interfile; un'altra evenienza che può far sì che sia richiesta l'esecuzione di un ulteriore trattamento erbicida è quella di un forte inerbimento di graminacee.

Al fine di ridurre o evitare i rischi di fitotossicità alle colture successive, nell'ultimo anno di produzione della carciofaia si consiglia di impiegare i principi attivi meno persistenti e/o dosi ridotte di quelli più persistenti (simazina, propyzamide) (Onofri *et al.*, 1998).

Tabella 23. Principi attivi per il diserbo del carciofo.

| Principi attivi | Formulati commerciali | Dose di f.c. (l o kg ha ⁻¹) | Epoca d'impiego | | |
|----------------------|-----------------------|--|------------------|---------------------------|---|
| | | | pre- impianto | pre-ripresa vegetativa | post-impianto post-ripresa vegetativa |
| Chlorpropham o CPC | CP 40 | 4 - 6 | | + | +(3) |
| Fenoxaprop-P-ethyl | Whip S | 1 - 1,5 | | | + |
| Fluazifop-P-butyl | Fusilade N 13 | 1,5 - 2 | | | + |
| Gluphosinate amm. | Basta | 4 - 8 | + | | |
| Glyphosate (30,4 %) | diversi | 2 - 4 | + | + | +(1) |
| Imazamethabenz | Assert | 1,5 | | | +(3) |
| Linuron (47,5 %) | diversi | 0,8 - 1,5 | | + | + |
| Metobromuron | Patoran | 3 - 4 | | + | |
| Oxadiazon | Ronstar Fl | 1 - 2 | + | | |
| Oxadiazon | Ronstar granulare | 5 - 6,5 | | | +(1) |
| Oxyfluorfen | Goal | 1 - 2 | | + | |
| Oxyfluorfen | Goal | 2 - 3 | | | + |
| Paraquat | diversi | 3 - 5 | + | | |
| Paraquat + Diquat | Seccatutto | 4 - 5 | + | | |
| Pendimethalin | diversi | 4 - 5 | + | + | +(1) |
| Propaquizafop | Agil | 0,8 - 1,2 | | | + |
| Propyzamide | Kerb Flo | 3,5 | | + | + |
| Quizalofop-P-ethyl | Targa Gold | 1 - 2,5 | | | + |
| Sethoxydim | Fervinal, Grasicidim | 1 - 2,5 | | | + |
| Simazine | diversi | 2 - 4 | | +(2) | |
| Trifluralin (45,8 %) | diversi | 1 - 1,9 | + | + | |

(1) Da applicare solo negli interfilari con attrezzature schermate; (2) Solo nei vecchi impianti ;

(3) Utilizzabile anche in post trapianto dei carducci.

CUCURBITACEE

Le principali specie appartenenti a questa famiglia botanica sono cocomero, melone, zucca da zucchini e cetriolo (Tab. 1). Avendo un tipico ciclo primaverile-estivo risultano generalmente infestate da graminacee panicoidee (*E. crus-galli*, *D. sanguinalis*, *Setaria* spp., *S. halepense*) e da numerose dicotiledoni fra cui le più frequenti sono *A. retroflexus*, *S. nigrum*, *C. album*, *P. oleracea*, *Polygonum* spp., *C. arvensis*.

Ad eccezione della zucca che viene seminata direttamente in pieno campo, le altre cucurbitacee possono essere seminate o trapiantate e usufruiscono frequentemente di sistemi di protezione che prevedono l'uso singolo o combinato di pacciamatura con film plastico, tunnelini, tunnel e serre, al fine di anticipare la produzione ed estendere il periodo di raccolta. La pacciamatura può essere praticata solo sulla fila oppure su tutta la superficie, come avviene frequentemente in serra, e con film di diverso "colore" (trasparenti, fumé o neri, a seconda che si voglia avere un maggiore effetto precocizzante oppure un contenimento delle malerbe).

La sarchiatura delle interfile è normalmente praticata nelle colture in pieno campo pacciamate, anche sotto tunnelino, e comunque prima che le ramificazioni ricoprano il terreno.

Il diserbo chimico si avvale di pochi prodotti disponibili (Tab. 24) e può essere effettuato:

- in pre-trapianto, prima dell'applicazione sul terreno della pacciamatura;
- in pre-emergenza su colture seminate e non pacciamate;
- in post-emergenza o post-trapianto, su tutta la superficie o nelle interfile prima dell'asportazione dei tunnel e prima che le ramificazioni invadano il terreno (Tab. 25).

L'unico erbicida impiegabile in *pre-semina* o *pre-trapianto*, previo interrimento, o in *pre-emergenza* è il naptalam. Questo principio attivo presenta una selettività fisiologica ma su terreni sciolti e con basso contenuto di sostanza organica può determinare comunque fenomeni di fitotossicità; è molto efficace verso numerose graminacee e dicotiledoni, ma è poco persistente e, quindi, con scarsa attività su malerbe ad emergenza tardiva; può essere impiegato anche in post-trapianto a tutto campo oppure in post-emergenza o post-trapianto con interrimento nelle interfile, in assenza di malerbe già nate, meglio se miscelato a trifluralin o a chlorthal-dimethyl. Tutti e tre gli erbicidi residuali svolgono al meglio la loro attività su terreno ben affinato e seguiti da una irrigazione; il chlorthal-dimethyl è attivo verso *Cuscuta* spp., pianta parassita molto frequente in alcune aree di coltivazione (Marocchi, 1992).

Nel caso in cui i trattamenti residuali non abbiano permesso un buon controllo delle infestanti graminacee, possono essere impiegati con ottima selettività ed efficacia diversi graminicidi specifici.

Tabella 24. Principi attivi per il diserbo delle cucurbitacee.

| Principi attivi | Formulati commerciali | Dose di f.c. (l o kg ha ⁻¹) | Coltura | | | | Epoca d'impiego | |
|-----------------------|-----------------------|---|---------|----------|----------|----------|---------------------------------------|--------------------------|
| | | | melone | cocomero | cetriolo | zucchino | pre-semina pre-emerg. pre-trap. | post-emerg. pre-trap. |
| Chlortal-dimethyl | Dacthal W75, Ceptal | 8-10 | + | + | + | | | x |
| Fenoxaprop-P-ethyl | Whip S | 1-2 | + | | + | + | | x |
| Fluazifop-P-butyl | Fusilade N13 | 1,5 - 2 | + | + | + | | | x |
| Haloxifop-ethoxyethyl | Gallant | 0,4-1 | + | | | | | x |
| Naptalam | Alanap | 12-20 | + | + | + | | x | x |
| Propaquizafop | Agil | 0,8 - 1,2 | + | | | | | x |
| Quizalofop-P-ethyl | Targa Gold | 1- 1,5 | + | | | + | | x |
| Sethoxydim | Fervinal, GrasiDim | 1-2 | + | + | + | + | | x |
| Trifluralin | diversi | 1-1,9 | + | + | + | | | x |

Tabella 25. Programmi di gestione integrata delle malerbe nel melone, cocomero e cetriolo (A, B, C e D sono i possibili programmi con le sequenze degli interventi).

| Programma | Falsa semina* | Pre-emergenza | Pre-trapianto | Post-impianto* |
|-----------|--|----------------------------------|---------------|--|
| | a) erpicatura superficiale b) erbicidi totali | naptalam + erbicida totale | naptalam | |
| A | | • | | sarchiatura + chlortal-dimethyl |
| B | • | | | a) sarchiatura b) naptalam + trifluralin c) naptalam + chlortal-dimethyl (1) |
| C | • | | • | |

* Gli interventi indicati in ciascuna epoca sono in alternativa tra di loro. (1) Solo post emergenza.

Asparago

L'asparago è una liliacea perenne nella quale l'organo perennante è rappresentato dal rizoma fornito di gemme da cui si originano i germogli o "turioni", che costituiscono la parte edule, e da un folto gruppo di radici fascicolate, cilindriche, carnose, ricche di sostanze di riserva; all'insieme di rizoma e radici si attribuisce il nome di "zampa".

L'impianto può essere effettuato con la messa a dimora del seme (tecnica poco diffusa in Italia), delle zampe (di uno o due anni di età) o di piantine (di 60-70 giorni). L'impianto avviene generalmente in marzo-aprile con le zampe ed in maggio-giugno con le piantine, a file distanti 1-2 metri. Dalle gemme delle zampe in primavera si originano scolarmente, a spese delle sostanze di riserva accumulate nelle radici, i turioni; la raccolta inizia in febbraio al Sud ed in marzo-aprile al Centro -Nord e dura circa 60-90 giorni. Quando i turioni incominciano a presentare calibri ridotti non vengono più raccolti, ma si lasciano crescere e sviluppare liberamente dando origine ad alti fusti ramificati che durante l'estate hanno un'intensa attività fotosintetica e ricostituiscono le sostanze di riserva radicali necessarie alla produzione dei turioni nella primavera successiva. In autunno la parte aerea tende a disseccarsi e viene normalmente sfalciata ed asportata, lasciando il terreno nudo. Le asparagiaie al 1° anno (anno d'impianto) e 2° anno non vengono generalmente raccolte, mentre la produzione inizia al 3° anno, è massima al 4° - 6° anno e poi tende a decrescere; la durata di un'asparagiaia è intorno a 10 anni.

La flora infestante

Nei primi anni le asparagiaie sono interessate da numerose infestanti annuali che a seconda delle fasi del ciclo sono rappresentate da specie a nascita autunno-primaverile (*A. myosuroides*, *Avena* spp. *L. multiflorum*, crocifere, composite, papaveracee, *P. aviculare*, *F. convolvulus*) o più tipicamente estive (*E. crus-galli*, *Setaria* spp., *D. sanguinalis*, *C. album*, *A. retroflexus*, *S. nigrum*, *P. oleracea*). Negli anni successivi, favorite dalle lavorazioni del tutto assenti o ridotte, tendono ad aumentare in frequenza e densità alcune specie perenni quali *Cynodon dactylon*, *Sorghum halepense*, *Convolvulus arvensis*, *Calystegia sepium*, *Cirsium arvense*, *Equisetum* spp.

L'insediamento e lo sviluppo delle infestazioni di malerbe vengono favoriti da diversi fattori tra cui si possono ricordare (Pimpini, 1990b): la lunga permanenza della coltura sullo stesso terreno; le abbondanti concimazioni organiche e minerali praticate; la difficoltà e l'onerosità degli interventi manuali che comunque non sempre sono sufficienti a contenere le infestazioni; gli interventi meccanici di controllo spesso poco tempestivi e dannosi per la coltura.

La gestione integrata

Determinando forti perdite di produzione, ostacolo alla raccolta e minore durata dell'asparagiaia, gli inerbimenti vanno accuratamente controllati. Gli appezzamenti di terreno vanno scelti possibilmente privi di infestazioni di malerbe perenni le quali devono essere oggetto di interventi mirati e localizzati appena dovessero iniziare ad insediarsi. Il diserbo chimico rappresenta uno dei cardini della tecnica colturale, ma quasi sempre viene integrato dagli interventi meccanici. I principi attivi impiegabili (Tab. 26) variano in funzione dell'età dell'asparagiaia (I e II anno, cioè di "nuovo impianto", o in produzione) e della modalità d'impianto (zampe o piantine).

Per i nuovi impianti si può intervenire:

- in *pre-impianto* (con zampe o piantine) con erbicidi residuali quali trifluralin (incorporato nel terreno), pendimethalin, pendimethalin+linuron o pendimethalin+metribuzin. A questi diserbanti possono essere miscelati erbicidi ad assorbimento fogliare (glyphosate, gluphosinate ammonium, dipiridilici) per il controllo delle malerbe già nate;
- in *post-trapianto* delle piantine con dosi ridotte di linuron, metobromuron o metribuzin per completare l'attività del trattamento di pre-trapianto;
- in *pre-ricaccio* (prima dell'emergenza dei turioni) con prodotti residuali quali pendimethalin, linuron, metobromuron, diuron, metribuzin, naptalam o chlorthal-dimethyl, da soli o in miscele varie;
- *dopo l'emergenza dei turioni* con trattamenti localizzati (a base di glyphosate, impiegando ugelli schermati o barre umettanti per non colpire i turioni) su eventuali "focolai" di malerbe perenni.

Negli impianti in piena produzione le possibilità d'intervento sono:

- in *pre-ricaccio* con prodotti a base di paraquat+diquat, glyphosate o gluphosinate in fine inverno, seguiti dall'applicazione dei residuali pendimethalin, linuron, metobromuron, diuron, metribuzin, naptalam, chlorthal-dimethyl, da soli o in miscele varie, con congruo anticipo sull'emissione dei turioni nel rispetto dei tempi di sicurezza;
- *alla fine della raccolta in assenza di turioni emersi e/o dopo lo sfalcio della parte aerea*, è possibile impiegare erbicidi contenenti glyphosate, dicamba o dicamba+diuron. Glyphosate è efficace verso graminacee e dicotiledoni annuali e perenni, dicamba è specifico per il controllo di *C. arvensis* e *C. sepium*, mentre la miscela con diuron assicura anche il controllo di specie annuali a nascita autunnale.

Durante il periodo di raccolta non possono essere effettuati trattamenti erbicidi; solo in caso di assoluta necessità si può intervenire dopo ogni raccolta, in assenza di turioni, con attrezzature schermate, con glyphosate, gluphosinate o dicamba per controllare soprattutto malerbe perenni già nate. I graminicidi specifici, nonostante la loro selettività, non sono ancora autorizzati su asparago.

Tabella 26 . Principi attivi per il diserbo dell'asparago.

| Principi attivi | Formulati commerciali | Dose di f.c. (l o kg ha ⁻¹) | Nuovo impianto | | Impianto in produzione | Epoca d'impiego | | | |
|-----------------------|-----------------------|---|----------------|-------|------------------------|-----------------|----------------|--------------|---------------|
| | | | piantine | zampe | | pre-impianto | post-trapianto | pre-ricaccio | fine raccolta |
| Chlorpropham+diuron | Diucisar | 4-8 | + | + | + | | | x | x |
| Chlorthal-dimethyl | Dachtal W-75 | 8-10 | + | + | | | x | x | |
| Dicamba | diversi | 0,2-0,5 | | | + | | | x | x |
| Dicamba + diuron | Malerbane asparagi | 5-8 | | | + | | | | |
| Diuron | Karmex | 0,5-1 | + | + | + | | | x | x |
| Gluphosinate ammonium | Basta, Finale | 4-8 | + | + | + | x | | x | x |
| Glyphosate | diversi | 1,5-6 | + | + | + | x | | x | x |
| Linuron | Afalon DS | 0,5-1,2 | + | + | + | | x | x | x |
| Metobromuron | Patoran | 2-4 | + | + | + | | x | x | x |
| Metribuzin | Sencor WG | 0,5-1,5 | + | + | + | | x | x | x |
| Naptalam | Alanap | 15-20 | + | + | + | x | | x | |
| Oxadiazon | Ronstar FL | 1-6,5 | | + | + | | x | x | x |
| Oxadiazon | Ronstar granulare | 20-40 | | + | + | | | x | |
| Paraquat | Gramoxone W | 3-5 | | | | | | | |
| Paraquat + Diquat | Seccatutto | 4-7 | + | + | + | x | | x | |
| Trifluralin | diversi | 1,5-1,9 | + | + | + | x | | x | |
| Pendimenthalin | diversi | 4 | + | + | + | x | | x | |

Cipolla

La cipolla può essere seminata direttamente in campo o trapiantata e presenta cicli variabili in funzione della destinazione del prodotto: le cipolle per il consumo fresco vengono seminate in luglio-settembre o trapiantate in settembre-ottobre per essere raccolte, a seconda della fase di formazione del bulbo, dall'inverno alla primavera-estate successiva; quelle da serbo, da sottaceti e da industria vengono generalmente seminate in gennaio-marzo per essere raccolte in luglio-agosto.

La flora infestante

La flora infestante può variare sensibilmente in funzione della modalità d'impianto e soprattutto del periodo di coltivazione; data la lunghezza del ciclo colturale, poi, quasi tutte le principali malerbe tendono ad infestarla succedendosi scalarmente in funzione delle loro esigenze biologiche ed ecologiche.

La gestione integrata

La cipolla, come altre liliacee, è caratterizzata da una lentissima crescita, da una scarsa copertura del terreno (Tei *et al.*, 1996) e perciò da debole capacità competitiva verso le malerbe che risultano molto dannose anche a basse densità (Hewson e Roberts, 1973; Roberts, 1973). Al fine di evitare consistenti abbassamenti produttivi le malerbe devono perciò essere controllate per un lungo periodo che, in base alle ricerche di Wicks *et al.* (1973) dovrebbe superare abbondantemente la metà del ciclo e secondo Hewson e Roberts (1971) durare 13 settimane; Pardo *et al.* (1990), invece, hanno individuato il periodo critico della cipolla seminata dallo stadio di 2 foglie fino alla fase di ingrossamento del bulbo.

Fra i principi attivi residuali disponibili (Tab. 27) vi è chlorthal-dimethyl, la cui selettività è molto elevata anche nei confronti della cipollina da sottaceti (Bianco e Montemurro, 1980). A causa dell'elevato costo e dello spettro d'azione limitato, si impiega in miscela, anche a dosi ridotte, con pendimethalin, propachlor, chlorpropham oppure viene sostituito dal solo pendimethalin o dalla miscela pendimethalin+propachlor. Propachlor, chlorthal-dimethyl e chlorpropham nella coltura trapiantata vengono applicati quando la coltura ha superato la crisi di trapianto, su terreno ben affinato, umido e privo di infestanti già nate verso cui sono inefficaci avendo un'attività antigerminello o ad assorbimento radicale.

In post-emergenza o post-trapianto per il controllo delle malerbe graminacee sono disponibili graminicidi specifici (sethoxydim, fluazifop-P-butyl, ecc.) che possono essere impiegati a qualunque stadio della coltura, mentre contro le dicotiledoni sono applicabili ioxynil, oxyfluorfen e clopyralid, ricordando che la loro selettività non è perfetta quando le cere cuticolari delle foglie della coltura sono parzialmente ridotte subito dopo piogge o irrigazioni. Clopyralid trova la sua principale applicazione per il controllo delle infestanti composite, ombrellifere e leguminose.

Una razionale gestione delle malerbe (Tab. 28) deve prevedere innanzitutto un programma di interventi con erbicidi selettivi articolati con un trattamento in pre-emergenza o in pre-trapianto con erbicidi residuali, finalizzato a proteggere la coltura nelle prime delicate fasi del ciclo, seguito da uno o più trattamenti in post-emergenza o post trapianto con erbicidi ad assorbimento fogliare preferendo applicazioni frazionate, a dosi ridotte e su infestanti poco sviluppate (Marocchi, 1992).

Ai trattamenti selettivi con residuali si consiglia sempre di far precedere la preparazione anticipata del terreno con disseccamento delle malerbe con glyphosate, gluphosinate ammonium o dipiridilici.

Gli interventi meccanici risultano di difficile esecuzione a causa della fragilità e delicatezza delle piante o della spaziatura delle file, ma sono comunque ancora diffusamente praticate e, in particolare nella cipolla, sono ancora soggette a sperimentazioni e miglioramenti (Melander e Hartvig, 1995; Ascard e Bellinder, 1996). Comunque, l'esecuzione della sarchiatura risulta essere senz'altro più agevole in una coltivazione di cipolla su cui è stato effettuato il diserbo chimico e in cui sono state controllate, anche parzialmente, le malerbe.

Tabella 27. Principi attivi per il diserbo della cipolla.

| Principio attivo | Nome commerciale | Dose di f.c. (l o kg ha ⁻¹) | Epoca d'impiego | | |
|-----------------------|--------------------|---|----------------------|----------------|----------------|
| | | | pre-emerg. pre-trap. | post-emergenza | post-trapianto |
| Chlorpropham | CP 40 | 4-6 | + | + | + |
| Chlorthal-dimethyl | Dachtal W75 | 8-10 | + | | + |
| Clopyralid (10%) | diversi | 0,8-1,5 | | + | + |
| Cycloxydim | Stratos | 1-1,25 | | + | + |
| Fenoxaprop-P-ethyl | Whip S | 1-2 | | + | + |
| Fluaziflop-P-butyl | Fusilade N13 | 1-2 | | + | + |
| Haloxifop-ethoxyethyl | Gallant | 0,4-1 | | + | + |
| Ioxynil | Cipotril | 0,25-2 / 1* | | + | + |
| Oxyfluorfen | Goal | 0,1-1,5 / 0,5* | | + | + |
| Pendimethalin | diversi | 2,5-5 | + | + | |
| Propachlor | Ramrod flow | 8-12 | + | | + |
| Quizalofop-P-ethyl | Targa Gold | 1-1,5 | | + | + |
| Sethoxydim | Fervinal, Grasidim | 1-2 | | + | + |
| Trifluralin | diversi | 1,5-1,9 | + | (1) | |

(1) Solo in pre-trapianto; * per trattamenti frazionati.

Tabella 28. Programmi di controllo integrato delle malerbe nella cipolla (A, B, C e D sono i possibili programmi con le sequenze degli interventi).

| Programma | Falsa semina* | Pre-trapianto* | Post-emergenza / Post-trapianto* (stadio della coltura) | | |
|-----------|--|---|--|--|---|
| | | Pre-emergenza | 2 foglie vere | | 4 foglie vere |
| | | | I TF** | II TF** | |
| | a) erpicatura superficiale b) erbicidi totali c) erbicidi totali + residuali | a) erbicidi residuali b) erbicidi residuali + erbicidi totali | oxyfluorfen o ioxynil + eventuale prodotto specifico | oxyfluorfen o ioxynil + eventuale prodotto specifico | a) oxyfluorfen o ioxynil + eventuale prodotto specifico b) sarchiatura + residuale |
| A | • | | • | • | |
| B | | • | • | • | |
| C | | • | • | • | |
| D | | • | | | • |
| E | • | | | | • |

* Gli interventi indicati in ciascuna epoca sono in alternativa tra di loro; ** Trattamenti a dosi frazionate

Aglio e porro

L'aglio viene piantato, a seconda degli ambienti di coltivazione, in autunno o in fine inverno e raccolto in marzo-maggio per il consumo fresco e in giugno-agosto per il prodotto da conservare.

Il porro è una coltura generalmente trapiantata: viene seminata scalarmente in semenzaio da gennaio a luglio, trapiantata da aprile a luglio e raccolta da luglio alla primavera successiva.

Anche queste due specie, così come la cipolla, hanno lenta crescita e bassa competitività: nell'aglio è stato determinato un periodo richiesto di assenze delle malerbe (PRAM) di circa 12 settimane (William e Warren, 1975).

I principi attivi impiegabili in queste due colture sono riportati in Tab. 29.

Tra le pratiche di gestione delle infestanti consigliabili, a parte l'integrazione tra interventi meccanici e chimici, vi è senz'altro quella della cosiddetta "falsa semina".

I criteri di gestione integrata per queste due colture sono simili a quelli descritti per la cipolla.

Nell'aglio, dopo il trattamento con residuali all'impianto è generalmente sufficiente un solo trattamento di post-emergenza in fine inverno-primavera utilizzando ioxynil o i graminicidi specifici a seconda delle esigenze (Duranti e Cuocolo, 1989).

Tabella 29. Principi attivi per il diserbo di aglio e porro.

| Principi attivi | Formulati commerciali | Dosi di f.c. (l o kg ha ⁻¹) | Coltura | | Epoca d'impiego | | | |
|---------------------|-----------------------|--|---------|-------|-----------------|-------------|-----------|------------|
| | | | aglio | porro | pre-emerg. | post-emerg. | pre-trap. | post-trap. |
| Chlorpropham | CP 40 | 4-6 | | + | x | x | | x |
| Chlorthal-dimethyl | Dacthal W75, Ceptal | 8-10 | + | + | x | | | x |
| Cycloxydim | Stratos | 1-1,25 | | + | | x | | x |
| Flurochloridone | Racer CS | 1,5-2 | + | | x | | | |
| Haloxyp-ethoxyethyl | Gallant | 0,4-1 | + | | | x | | x |
| ioxynil | Cipotril | 0,25-2 | + | | | x | | x |
| Methabenzthiazuron | Tribunil | 2-3 | + | | x | x | | |
| Pendimethalin | diversi | 2-5 | + | | x | x | | |
| Propachlor | Ramrod flow | 8-12 | + | + | x | | | x |
| Propaquizafop | Agil | 0,8-1,2 | + | | | x | | x |
| Quizalofop-P-ethyl | Targa Gold | 1-1,5 | + | | | x | | x |
| Sethoxydim | Fervinal, Grasidim | 1-2 | + | + | | x | | x |
| Trifluralin | diversi | 1,5-1,9 | + | + | x | | x | |

OMBRELLIFERE

Le principali specie ombrellifere coltivate nel nostro paese sono il finocchio, la carota, il sedano e il prezzemolo (Tab. 1). Queste colture possono essere sia seminate che trapiantate anche se più frequentemente la carota, il finocchio ed il prezzemolo vengono seminati direttamente in campo mentre il sedano viene trapiantato.

La flora infestante

Poiché queste colture svolgono il ciclo colturale praticamente in tutti i periodi dell'anno, grazie alla opportuna combinazione di diversi ambienti di coltivazione, epoche d'impianto e precocità delle cultivar, la flora infestante può essere composta da numerose specie sia a nascita autunno-primaverile (Tab. 2) che primaverile-estiva (Tab. 3); in alcuni areali è presente anche *Cuscuta europea*. Nei terreni in cui le colture ombrellifere ritornano frequentemente si è affermata una flora di compensazione costituita da ombrellifere spontanee quali *Daucus carota*, *Bifora radians*, *Scandix pecten-veneris* ed *Ammi majus* non controllate dagli erbicidi comunemente impiegati. Anche alcune dicotiledoni perenni quali *C. arvense*, *C. arvensis*, *Rumex* spp. rappresentano un problema crescente in alcuni ambienti di coltivazione.

Le malerbe risultano particolarmente competitive e dannose a causa della lenta crescita iniziale di queste colture, soprattutto di quelle seminate, e per il fatto che tendono a ricoprire poco il terreno. La loro dannosità si estrinseca non solo con la diminuzione di produzione ed il suo peggioramento qualitativo (Bianco, 1977), ma anche per l'ostacolo arrecato alle operazioni di raccolta meccanica, come nel caso della carota.

La gestione integrata

I programmi di gestione integrata della flora spontanea sono basati su una riduzione dell'infestazione mediante la tecnica della falsa semina e sulla combinazione di diserbo chimico e sarchiature (Tab. 30). Il diserbo chimico è generalmente effettuato con *due interventi*: il primo in *pre-semina*, *pre-emergenza* o *pre-trapianto* con erbicidi residuali ad ampio spettro d'azione sia verso graminacee che dicotiledoni (Tab. 31) ed il secondo in *post-emergenza* o post-trapianto con

dosi ridotte di erbicidi a prevalente azione verso le dicotiledoni (Rapparini, 1996; Rapparini e Campagna, 1996).

In pre-emergenza vengono frequentemente impiegate diverse miscele tra linuron (il più impiegato, a prevalente azione verso le dicotiledoni) e trifluralin, pendimethalin, chlorpropham o acclonifen.

Nelle colture seminate, si può intervenire in pre-semina interrando un prodotto a base di trifluralin o dinitramine o eseguendo un trattamento di pre-emergenza con formulati a base di linuron o con chlorthal-dimethyl (più selettivo nei terreni sciolti).

Il linuron viene impiegato anche in post-emergenza (dopo la 4^a foglia della coltura) di carota e finocchio ed in post-trapianto del sedano. In post-emergenza o post-trapianto la sua selettività è più elevata che in pre-emergenza, particolarmente in finocchio e sedano. Può essere miscelato con chlorpropham e chlorthal-dimethyl, che però non agiscono sulle infestanti già nate.

Tabella 30. Programmi di controllo integrato delle malerbe nelle ombrellifere (A, B e C sono i possibili programmi con le sequenze degli interventi).

| Programma | Falsa semina* | | Pre-trapianto Pre-emergenza* | | Post-emergenza Post-trapianto* | |
|-----------|----------------------------|--------------------|---------------------------------|--|-----------------------------------|---|
| | a) erpicatura superficiale | b) erbicidi totali | a) erbicidi residuali | b) erbicidi residuali + erbicidi totali | a) sarchiatura | b) sarchiatura + chlorthal- dimethyl o chlorpropham(1) |
| A | • | | | | | solo a) |
| B | • | | | | | • |
| C | | | | • | | solo a) |

* Gli interventi indicati in ciascuna epoca sono in alternativa tra di loro; (1) Solo su coltura trapiantata.

Tabella 31. Principi attivi per il diserbo delle ombrellifere.

| Principi attivi | Formulati commerciali | Dose di f.c. (l o kg ha ⁻¹) | Coltura | | | Epoca d'impiego | | | | |
|-----------------------|-----------------------|---|---------|-----------|--------|-----------------|---------------|----------------|---------------|----------------|
| | | | carota | finocchio | sedano | pre-semina | pre-emergenza | post-emergenza | pre-trapianto | post-trapianto |
| Aclonifen | Challenge | 2-3 | + | | | | x | | | |
| Aclonifen+linuron | Mirabo | 3-5,5 | + | | | | x | | | |
| Chlorpropham | CP 40 | 4-6 | + | + | + | | x | x | | x |
| Chlorthal-dimethyl | diversi | 8-10 | + | + | + | | x | | | x |
| Cycloxydim | Stratos | 1-1,25 | + | | | | | x | | x |
| Dinitramine | Cobex | 1,5-3 | + | + | | x | | | x | |
| Fenoxaprop-P-butyl | Whip S | 1-2 | | + | | | | x | | x |
| Fluazifop-P-ethyl | Fusilade N13 | 1,5-2 | + | + | + | | | x | | x |
| Flurochloridone | Racer CS | 2-3 | + | + | | | x | | | |
| Haloxifop-ethoxyethyl | Gallant | 0,4-1 | + | + | | | | x | | x |
| Linuron | diversi | 0,5-2 | + | + | + | | x | x | | x |
| Oxadiazon | Ronstar FL | 1-2 | | + | | | | | x | |
| Pendimethalin | diversi | 3-4 | + | + | | | x | | x | |
| Pendimethalin+Linuron | Inex, Panter | 5-6 | + | + | | | x | | | |
| Prometryne | Gesagard 50 | 2-2,5 | + | + | + | | x | | x | |
| Propaquizafop | Agil | 0,8-1,2 | + | | | | | x | | x |
| Quizalofop-P-ethyl | Targa Gold | 1-1,5 | + | | | | | x | | x |
| Sethoxydim | Fervinal, Grasiidim | 1,2-2,5 | + | + | + | | | x | | x |
| Trifluralin | diversi | 1-1,9 | + | + | + | x | | | x | |
| Trifluralin+linuron | Sciandor | 3-3,8 | + | + | + | | x | | | |

LEGUMINOSE

Fagiolo

Fra le numerose specie di fagiolo coltivate in Italia (appartenenti ai generi *Phaseolus* e *Vigna*), la più importante è certamente *Phaseolus vulgaris* (Tab.1). Il fagiolo comune viene coltivato per l'ottenimento di diversi tipi di prodotto: legumi freschi con semi non formati o appena formati (fagiolino), legumi freschi con semi già formati (fagiolo mangiatutto), granella fresca e secca. Nelle colture industriali a raccolta meccanica sono coltivati esclusivamente tipi a crescita determinata mentre per il mercato fresco, in funzione del tipo di prodotto, area di coltivazione, disponibilità di manodopera, possono essere impiegate anche cultivar rampicanti. La semina si esegue in primavera-estate ed il ciclo nelle cv. nane varia dai 50-60 giorni del fagiolino ai 90-110 giorni del fagiolo da granella secca; il fagiolo pertanto occupa nell'avvicendamento il posto di una coltura principale o di una coltura intercalare.

La flora infestante

Il tipo di flora è dipendente essenzialmente dall'epoca di semina: in colture a semina primaverile precoce prevale generalmente una flora composta da specie che emergono in fine inverno-primavera (*A. myosuroides*, *L. multiflorum*, *Avena* spp., crocifere, composite ecc.), mentre con semine più tardive la flora infestante è formata da specie più termofile (*E. crus-galli*, *D. sanguinalis*, *A. retroflexus*, *C. album*, *P. oleracea*, *P. persicaria*, *S. nigrum*).

Fagiolo e fagiolino hanno una debole capacità competitiva durante le prime fasi del ciclo e sono molto sensibili all'azione concorrenziale delle infestanti durante le delicate fasi di formazione del baccello e dell'ingrossamento del seme. Il periodo critico è indicativamente compreso tra 5 e 9 settimane dopo l'emergenza della coltura (Dawson, 1964).

La gestione integrata

Il diserbo chimico è particolarmente importante nel fagiolo destinato all'industria in quanto le infestanti possono essere di ostacolo alla raccolta meccanica e inquinare (es. frazioni di fusto di *P. oleracea* tra i fagiolini) o macchiare il prodotto (le bacche di erba morella schiacciandosi lasciano uscire un liquido nerastro che macchia i semi di fagiolo) (Bianco, 1976).

Gli interventi diserbanti (Tab. 32) possono essere adeguatamente programmati in *pre-emergenza* considerando che si hanno a disposizione principi attivi con prevalente azione verso le dicotiledoni, quali linuron e metobromuron, e con più spiccata efficacia verso le graminacee, quali pendimethalin, trifluralin e metolachlor, che possono essere razionalmente miscelati. In *post-emergenza* è disponibile fomesafen, dotato di elevata efficacia verso numerose dicotiledoni e buona selettività a partire dallo stadio di prima foglia trifogliata della coltura, e diversi graminicidi specifici. La sarchiatura, utilizzabile anche per completare l'opera del diserbo chimico, può danneggiare l'apparato radicale della coltura e può essere di difficile esecuzione quando la distanza tra le file non è molto ampia o la coltura ha tutto o in parte "chiuso" l'interfila.

Pisello

Il pisello da orto, a differenza del fagiolo, è una specie microterma con ciclo autunno-primaverile al Sud ed al Centro e con ciclo primaverile al Nord, destinato sia al mercato fresco che all'industria. Il pisello da mercato fresco può essere seminato a file piuttosto distanti (50-60 cm o anche più nel caso di cultivar rampicanti), sarchiato durante le prime fasi del ciclo e raccolto normalmente a mano; il pisello da industria, invece, prevede cultivar nane seminate a file strette (15-20 cm), per favorire l'autosostentamento ed il portamento assurgente delle piante e la raccolta meccanica.

La flora infestante

La flora infestante può essere composta da numerose specie ad emergenza autunnale, invernale e primaverile (Tab. 2 e 3). Le problematiche di diserbo sono maggiormente sentite per le coltivazioni destinate all'industria, in quanto le infestanti possono costituire un serio ostacolo all'opera delle macchine raccogliatrici (soprattutto quando l'infestazione è costituita da specie a portamento assurgente come amaranto, stoppione, chenopodio, miagro liscio..) o inquinare il prodotto raccolto inviato all'appertizzazione o alla surgelazione (es. capolini di camomilla, bacche di erba morella).

La gestione integrata

Per il diserbo del pisello sono disponibili numerosi erbicidi (Tab. 32) che permettono un controllo delle infestanti, sia graminacee che dicotiledoni, nelle diverse epoche d'impiego: pre-semina, pre-emergenza e post-emergenza. In *pre-semina* il trifluralin è uno dei prodotti più

impiegati per il basso costo, ma presenta alcuni inconvenienti quali la necessità di dover essere interrato, la buona ma non perfetta selettività, l'efficacia limitata verso molte dicotiledoni annuali. In *pre-emergenza* possono essere impiegati principi attivi (pendimethalin, neburon, terbutryn, prometryn, aclonifen) che non hanno, presi singolarmente, uno spettro d'azione completo verso le specie più frequenti, ma che possono essere convenientemente associati, in miscele precostituite o estemporanee (es. pendimethalin+neburon, pendimethalin+aclonifen, alonifen+neburon). In *post-emergenza*, le infestanti dicotiledoni vengono controllate con trattamenti a base di bentazon o fomesafen con il pisello alto 8-10 cm, mentre le graminacee possono essere eliminate agevolmente con diversi graminicidi specifici.

Fava

La fava, come il pisello, viene seminata in autunno al Sud e al Centro ed in fine inverno-inizio primavera al Nord.

Le infestanti che invadono questa coltura sono quelle tipiche ad emergenza autunno-vernina negli ambienti meridionali, e di fine inverno-primavera in quelli del centro Italia (Tab. 2). In molti areali è inoltre presente *O. crenata*, una fanerogama parassita che il più delle volte azzerla la produttività della coltura.

Essendo questa coltura seminata a file distanti 60-80 cm, è possibile la sarchiatura per il controllo meccanico delle infestanti nate nell'interfila. In molti ambienti di coltivazione questo intervento abbinato alla rincalzatura è sufficiente a mantenere a livelli accettabili la competizione esercitata dalla flora spontanea. Su estese coltivazioni si ricorre sempre più frequentemente al diserbo chimico anche se la disponibilità di erbicidi è alquanto limitata (Tab. 32). In particolare, la recente introduzione di imazethapyr+pendimethalin in *pre-emergenza* assicura il controllo delle principali specie graminacee e dicotiledoni. Questo prodotto può causare fitotossicità su colture crocifere e chenopodiacee in successione.

Riguardo ad *O. crenata*, non essendoci possibilità di eliminarla chimicamente durante la coltivazione della leguminosa, ci si deve affidare a norme di natura preventiva evitando che la stessa riesca a disseminare (taglio dei turioni) e praticando avvicendamenti molto lunghi.

Tabella 32. Principi attivi per il diserbo delle leguminose.

| Principi attivi | Formulati commerciali | Dose di f.c. (l o kg ha ⁻¹) | Coltura | | | | Epoca d'impiego | | |
|-----------------------------|-----------------------|---|---------|-----------|---------|------|-----------------|------------|-------------|
| | | | fagiolo | fagiolino | pisello | fava | pre-sem. | pre-emerg. | post-emerg. |
| Aclonifen | Challenge | 2,5-3 | | | + | | | x | x |
| Bentazon | Basagran | 2-3 | | | + | | | | x |
| Cycloxydim | Stratos | 0,75-1,25 | + | + | + | | | | x |
| Fenoxaprop-P-ethyl | Whip S | 1-2 | | + | + | + | | | x |
| Fluazifop-P-butyl | Fusilade N 13 | 1,5-2 | + | + | + | + | | | x |
| Fomesafen | Flex | 1-1,5 | + | + | + | | | | x |
| Haloxifop-ethoxyethyl | Gallant | 0,4-1 | + | | + | | | | x |
| Imazethapyr + Pendimethalin | Pursuit ST | 2-3 | | | | + | | x | |
| Linuron | Afalon DS | 0,8-1,25 | + | + | | | | x | |
| Metobromuron | Patoran | 2-3 | | + | | | | x | |
| Metolachlor | Dual vegoil | 1,5-2 | + | + | | | | | |
| Neburon | Granurex | 4-5 | | | + | | | x | |
| Pendimethalin | diversi | 2-5 | + | + | + | | | x | |
| Prometryn | Gesagard 50 | 2-2,5 | | | + | | | | |
| Propaquizafop | Agil | 0,8-1,2 | + | | + | | | | x |
| Quizalofop-P-ethyl | Targa Gold | 1-1,5 | | + | + | | | | x |
| Sethoxydim | Fervinal, Grasidim | 1-2 | + | + | + | + | | | x |
| Terbutryn | Igran L | 1,5-2 | | | + | + | | x | |
| Trifluralin | diversi | 1,5-1,9 | + | + | + | | | x | |

Considerazioni conclusive

La maggiore sensibilità dell'opinione pubblica nei riguardi dei problemi ambientali, oltre che la necessità da parte degli agricoltori di contenere i costi di produzione, ha spinto ricercatori e tecnici verso l'elaborazione e l'adozione di soluzioni di controllo integrato delle flora infestante.

Relativamente alle specie orticole, le sperimentazioni rivolte in tal senso non sono, purtroppo, numerose. Per quanto concerne le ricerche sulla gestione delle popolazioni infestanti nell'ambito di avvicendamenti orticoli specializzati, in letteratura è citato solo il lavoro di Magnifico *et al.* (1993). Informazioni sufficienti sono invece reperibili sulle problematiche riguardanti gli effetti residui degli erbicidi sulle colture in successione (Elia *et al.* 1995; Elia e Parente, 1998; Onofri *et al.*, 1998). Le possibilità di applicazioni di mezzi alternativi al diserbo chimico stanno suscitando vivo interesse sia a livello di sperimentazione che di applicazione (Ferrero e Vidotto, 1998).

Paradossalmente, è proprio il settore del diserbo chimico che sembra avere una elevata inerzia: in Italia, in questi ultimi anni, tra le poche nuove molecole oggetto di sperimentazione vi sono oxadiargyl su pomodoro, carciofo, asparago, cavolo, melone, peperone e sedano (Tracchi *et al.*, 1997) e imazamox, su pisello, fagiolo e fagiolino (Magnani *et al.*, 1996; Corvi *et al.*, 1998). Una delle soluzioni che potrebbe in un certo senso tamponare la scarsa disponibilità di principi attivi per il diserbo degli ortaggi è quella di approfittare di quanto disposto dal regolamento CEE 414/91, recepito dalla legge 194/95, che permette, previo accertamenti sperimentali, di richiedere un ampliamento territoriale del settore di impiego di erbicidi già registrati in altre colture.

La suscettibilità varietale ai diserbanti comunemente impiegati rimane, infine, un'informazione quasi del tutto mancante.

Bibliografia

- ASCARD J, BELLINDER RR (1996) Mechanical in-row cultivation in row crops. In: *Proceedings Second International Weed Control Congress, Copenhagen*: 1121-1126.
- BASOCCU L (1990) Spinacio (*Spinacia oleracea* L.). In: *Orticoltura*, VV Bianco e F Pimpini coord., Patron Editore, Bologna: 490-500.
- BIANCO VV (1976) Il diserbo del fagiolo e del pisello. *L'Informatore Agrario* 32 (46): 24722-24726.
- BIANCO VV (1977) Influenza del ritardo della sarchiatura sulle caratteristiche produttive del finocchio. *Atti S.I.L.M. (Società Italiana per lo Studio della Lotta alle Malerbe) "Stato attuale della lotta alle malerbe nelle colture arboree, ortofloricole e cerealicole"*, Bologna: 197-201.
- BIANCO VV (1981) Il diserbo delle colture orticole. Insalate. *L'Italia Agricola* 3 : 228-235.
- BIANCO VV (1990a) Lattuga (*Lactuca sativa* L.). In: *Orticoltura*, VV Bianco e F Pimpini coord., Patron Editore, Bologna: 270-319.
- BIANCO VV (1990b) Carciofo (*Cynara scolymus* L.). In: *Orticoltura*, VV Bianco e F Pimpini coord., Patron Editore, Bologna: 209-251.
- BIANCO VV, MONTEMURRO P (1980) Influenza del diserbo e della densità di semina sulla produzione della cipollina da sottaceti. *Atti Giornate Fitopat.*, Siusi (BZ): 119-127.
- BRANTHÔME X (1994) Perspectives de lutte contre les adventices dans les cultures légumières méditerranéennes. *5th EWRS Mediterranean Symposium on Weed Control in Sustainable Agriculture in the Mediterranean Area, Perugia, Italy 6-8 June 1994*: 147-155.
- BRANTHÔME X, VERGNIAUD P, APARISI-QUEREDO F, MADEIRA J, FERNANDEZ JD (1984) Cultures de tomates de conserve. Désherbage des semis directes. *3rd Symposium on Weed Problems in the Mediterranean Areas Vol. II*: 245-254.
- CAMPAGNA G (1996) Il diserbo integrato della patata. *Inf. Fitopatologico* 3: 44-54.
- CANTELE A, ZANIN G (1976) Patata, guida al diserbo. *L'Informatore Agrario* 46: 24717-24721.
- CAUSSANEL JP, ABDEL FATAH H, BRANTHÔME X, MAILLET J, JACQUARD P (1989) La concurrence morelle (*Solanum* spp.) - tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.): résultats expérimentaux obtenus en France. *4th Symposium on Weed Problems in the Mediterranean Climates* 2 : 33-45.
- CAUSSANEL JP, BRANTHÔME X, MAILLET J, CARTERON A (1990) Influence de la densité et de la période de concurrence de *Solanum nigrum* L. sur la tomate de semis directe en relation avec le désherbage. *Weed Res.* 30 : 341-354.
- CONTE E, IMBROGLINI G (1998) Risultati delle indagini sui residui di erbicidi nelle parti eduli. *Atti XI Convegno Biennale S.I.R.F.I. "Il controllo della flora infestante nelle colture orticole"*, Bari 12-13 novembre 1998, 165-173.

- CONTI M, GALLITELLI D, LISA V, LOVISOLO O, MARTELLI GP, RAGOZZINO A, RANA GL, VOVLAS C (1996) *I principali virus delle piante ortive*. Ed. Bayer, Milano, 206 pagg.
- CORVI F, MAROCCHI G, MARTINI GC, MINGARDO A, MAGNANI D (1998) Prove di efficacia e selettività di imazamox applicato in post-emergenza su pisello, fagiolo e fagiolino. *Atti XI Convegno Biennale S.I.R.F.I. "Il controllo della flora infestante nelle colture orticole"*, Bari 12-13 novembre 1998, 203-211.
- D'ALESSANDRO F, AGOSTA I (1984) Aspetti agronomici della coltura del carciofo. *L'Informatore Agrario*: 23-42.
- DAMATO G, MONTEMURRO P (1986) Studio della competizione tra *Solanum nigrum* L. e pomodoro da industria trapiantato. *La Difesa delle Piante* **9** (4): 359-364.
- DAWSON JH (1964) Competition between irrigated field beans and annual weeds. *Weeds* **12**: 206-208.
- DELLACECCA V (1990) Patata primaticcia (*Solanum tuberosum* L.). In: *Orticoltura*, VV Bianco e F Pimpini coord., Patron Editore, Bologna: 834-845.
- DURANTI A, CARONE F (1983) Rapporti di competitività tra pomodoro seminato (*Lycopersicon esculentum* Mill., cv Petegrò) ed infestanti. *Riv. Ortoflorfrutt. It.* **67**: 191-207.
- DURANTI A, CUOCOLO L (1989) Chemical weed control and mulching in onion (*Allium cepa* L.) and garlic (*Allium sativum* L.). *Adv. Hort. Sci.* **3**: 7-12.
- ELIA A, PARENTE A (1998) Dosaggio biologico dei residui di Pendimetalin nel terreno. *Atti IV Giornate Scientifiche S.O.I., Sanremo*: 555-556.
- ELIA A, SANTAMARIA P, PARENTE A (1995) Trifluralin soil residues in a long-term vegetable crop sequence. *Agr. Med.* **125** : 79-85.
- FABBRINI R, ROSSO M (1998) Impatto dei residui di erbicidi nella dieta italiana: indagine dell'Osservatorio Nazionale Residui di Agrofarma. *Atti XI Convegno Biennale S.I.R.F.I. "Il controllo della flora infestante nelle colture orticole"*, Bari 12-13 novembre 1998, 175-185.
- FERRERO A., VIDOTTO F (1998) Mezzi alternativi al diserbo chimico. *Atti XI Convegno Biennale S.I.R.F.I. "Il controllo della flora infestante nelle colture orticole"*, Bari 12-13 novembre 1998, 63-110.
- FILIPPINI P (1994) Diserbo della patata. *Terra e Vita* **43**: 49-54.
- FRANK JR, SCHWARTZ PA, BOURKE JB (1988) Insect and weed interactions on bell peppers (*Capsicum annuum* L.). *Weed Technology* **2**: 423-428.
- FRANK JR, SCHWARTZ PA, POTTS WE (1992) Modelling the effects of weed interference periods and insects on bell peppers (*Capsicum annuum* L.). *Weed Science* **40**: 308-312.
- FRIESEN GH (1979) Weed interference in transplanted tomatoes (*Lycopersicon esculentum*). *Weed Sci.* **27**: 11-13.

- HEWSON RT, ROBERTS HA (1971) The effect of weed removal at different times on the yield of bulb onions. *J. Hort. Sci.* **46**: 471-483.
- HEWSON RT, ROBERTS H. (1973) Some effect of weed competition on the growth of onions. *J. Hort. Sci.* **48**: 51-57.
- JACQUARD P, ABDEL FATAH H (1988) Compétition entre adventices et plantes cultivées: cas de *Solanum nigrum* L. et *Lycopersicon esculentum* Mill. *VIII Coll. Intern. Biol. Ecol. System. Mauvaises Herbes* **2**: 537-548.
- MAGNANI D, TARABORRELLI L, ORSINI D (1996) AC 299, 263 nuovo erbicida imidazolinone per il diserbo di post emergenza precoce delle leguminose. *Atti Giornate Fitopatologiche, Numana (AN)*: 287-294.
- MAGNIFICO V (1984) Il diserbo chimico del carciofo. *L'Informatore Agrario* : 55-57.
- MAGNIFICO V, MONTEMURRO P, BIANCO VV, VANADIA S, SARLI G (1993) Ricerche su una successione di quattro colture orticole per l'industria conserviera. II. Effetti dei diserbanti sulla infestazione di malerbe. *Ann. Fac. Agr. Univ. Bari*, **34** : 133-138.
- MAILLET J, ABDEL FATAH H (1983) Etudes préliminaires sur la concurrence entre *Solanum nigrum* ssp. *eu-nigrum* L. (morelle noire) et *Lycopersicum esculentum* Mill (tomate) en culture repiquée. *Weed Res.* **23**: 217-219.
- MAKEPEACE RJ, HOLROYD J (1978) Weed control, In: *The Potato Crop*, (Harris PM Editor), pp. 376-406. Chapman & Hall, New York.
- MANFREDINI C. (1998) TITOLO RELAZIONE *Atti XI Convegno Biennale S.I.R.F.I. "Il controllo della flora infestante nelle colture orticole"*, Bari 12-13 novembre 1998, 187-199.
- MAROCCHI G (1992) *Pratica del diserbo*. Edagricole, Bologna.
- MEDINA A, ALONSO S, CAVERO J, ZARAGOZA C (1994) Critical period of competition between weeds and transplanted or direct sown peppers (*Capsicum annum* L.). *Proc. 5th EWRS Mediterranean Symposium on Weed Control in Sustainable Agriculture in the Mediterranean Area, Perugia, Italy 6-8 June 1994*: 157-162.
- MELANDER B, HARTVIG P (1995) Weed harrowing in seeded onions. *Proc. 9th EWRS Symposium on "Challenges for weed science in a changing Europe"*, Budapest: 543-549.
- MONTEMURRO P (1988a) Il diserbo delle insalate. *Informatore Fitopatologico* **7-8**: 17-21.
- MONTEMURRO P (1998b) Come diserbare le insalate al Sud. *Terra e Vita* **33**: 22-25.
- MONTEMURRO P (1998c) Carciofo al Sud, diserbo necessario. *Terra e Vita* **37**: 29-32.
- MONTEMURRO P, SARLI G (1994) Diserbo a dosi frazionate e ridotte nella coltura del pomodoro da industria trapiantato (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Atti Giornate Fitopatologiche*, vol. **1**: 307-312.

- ONOFRI A, COVARELLI L, TEI F (1995) Efficacy of rimsulfuron and metribuzin against *Solanum nigrum* L. at different growth stages in tomato. *Proc. 16th COLUMA Conference, International Meeting on Weed Control, Reims*: 993-1000.
- ONOFRI A, VISCHETTI C, RAPPARINI G, MARCHI F (1998) Comportamento ambientale degli erbicidi impiegati nelle colture orticole. *Atti XI Convegno Biennale S.I.R.F.I. "Il controllo della flora infestante nelle colture orticole"*, Bari 12-13 novembre 1998, 111-164.
- PARDO A, SUSO ML, ZARAGOZA C, CALVO R, PEREZ S (1990) Competition between weeds and direct seeded onion (*Allium cepa* L.). *Proc. XXIII Int. Hort. Congress 2*: 3217.
- PATRAP M, KUMAR BV SHAIK MOHAMMAD (1997) Effect of herbicides and time of weeding on weed control and fruit yield of tomato. *Crop Research (Hisar)* **14** (1): 113-117.
- PIMPINI F (1990a) Radicchio (*Cichorium intybus* L.). In: *Orticoltura*, VV Bianco e F Pimpini coord., Patron Editore, Bologna: 320-338.
- PIMPINI F (1990b) Asparago (*Asparagus officinalis* L.). In: *Orticoltura*, VV Bianco e F Pimpini coord., Patron Editore, Bologna: 42-76.
- QUASEM JR (1993) Development and nutrient uptake of tomato (*Lycopersicon esculentum*) and *Chenopodium album*. *Weed Res.* **33** (1): 35-42.
- RAPPARINI G (1996) *Il diserbo dell colture*. Edizioni L'Informatore Agrario, Verona.
- RAPPARINI G, RUBBOLI V (1994) The control of *Solanum nigrum* L. in transplanting tomato. *Proc. 5th EWRS Mediterranean Symposium on Weed Control in Sustainable Agriculture in the Mediterranean Area, Perugia, Italy, 6-8 June 1994*: 163-170.
- RAPPARINI G, CAMPAGNA G (1996) Aggiornamenti sul diserbo delle ombrellifere. *L'Informatore Agrario* **40**: 55-61.
- ROBERTS HA (1973) Weed and the onion crop. *J. Royal Hort. Sci.* **98**: 230-235.
- ROBERTS HA, HEWSON RT, RICKETTS ME (1977) Weed competition in drilled summer lettuce. *Hort. Res.* **17**: 39-45.
- SAGHIR AR, MARKOULLIS G (1974) Effects of weed competition and herbicides on yield and quality of potatoes. *Proc. 12th Brit. Weed Cont. Conf.*: 533-539.
- SANCHEZ MJ, TORNER C (1997) The effect of nightshade (*Solanum nigrum*) on transplanted peppers (*Capsicum annum*) as a *crus-galli* (L.) Beauv. and pepper (*Capsicum annum* L.). In: *Proc. Meeting function of weed density and the period of competition with the crop. Proc. congress of the Spanish Weed Science Society, Valencia (Spain)* : 275-279.
- TEI F (1987) *Studio della competizione tra Echinochloa crus-galli (L.) Beauv. e le colture di peperone e di tabacco Bright. Tesi di Dottorato di Ricerca, 1987*, 142 pagg.
- TEI F (1988a) Le erbe infestanti nelle colture orticole: definizione e determinazione della soglia d'intervento. *Inf. Fitopatologico* **10** : 43-49.

- TEI F (1988b) Competition between *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. and pepper (*Capsicum annum* L.). *Proc. Meeting EC Experts' Group, Stuttgart, 28-31 October 1986, Ed. by R Cavalloro & A El Titi, Published by A.A.Balkema/Rotterdam: 223-235.*
- TEI F (1989) Competizione tra peperone (*Capsicum annum* L.) e giavone (*Echinochloa crus-galli* L. Beauv.): effetto sull'accrescimento e sull'assorbimento dell'azoto. *Annali Facoltà di Agraria di Perugia, vol. XLIII 1989: 481-493.*
- TEI F, SCAIFE A, AIKMAN DP (1996) Growth of lettuce, onion, and red beet. 1. Growth analysis, light interception, and radiation use efficiency. *Annals of Botany* **78**: 633-643.
- TESI R (1990a) Cicoria (*Cichorium intybus* L.). In: *Orticoltura*, VV Bianco e F Pimpini coord., Patron Editore, Bologna: 259-267.
- TESI R. (1990b) Indivia (*Cichorium endivia* L. var. *crispum* Hegi). In: *Orticoltura*, VV Bianco e F Pimpini coord., Patron Editore, Bologna: 268-269.
- TESI R. (1990c) Scarola (*Cichorium endivia* L. var. *latifolium* Hegi). In: *Orticoltura*, VV Bianco e F Pimpini coord., Patron Editore, Bologna: 339-344.
- TRACCHI G, LOUBIERE P, MONTAGNON M (1997) Oxadiargyl: a novel herbicide for sunflower and vegetables. *Proc. Brighton Crop Protection Conference - Weeds, Vol. 2: 885-889.*
- VASSILIOU G (1988) Drastic weed species shift caused by herbicides in lettuce crops of Greece. *Proc. Meeting EC Experts' Group. Stuttgart, 28-31 October 1986, Ed. by R Cavalloro R & A El Titi, Published by A.A.Balkema/Rotterdam: 59-63.*
- VERCESI B (1995) *Diserbanti e loro impiego*. Edagricole, Bologna.
- VIGGIANI P, BALDONI G, MONTEMURRO P (1998). Indagine sulla flora infestante il pomodoro da industria in alcuni ambienti tipici italiani. *Atti XI Convegno Biennale S.I.R.F.I. "Il controllo della flora infestante nelle colture orticole"*, Bari 12-13 novembre 1998, 241-251.
- VIGGIANI P, DELLACECCA V (1998) Effetti di competizione tra *Xanthium italicum* Moretti e tre solanacee ortive. *Atti XI Convegno Biennale S.I.R.F.I. "Il controllo della flora infestante nelle colture orticole"*, Bari 12-13 novembre 1998, 229-239.
- WEAVER SE (1984) Critical period of weed competition in three vegetable crops in relation to management practices. *Weed Res.* **24**: 317-325.
- WEAVER SE, TAN CS (1983) Critical period of weed interference in transplanted tomato (*Lycopersicon esculentum*): growth analysis. *Weed Sci.* **31**: 476-481.
- WEAVER SE, TAN CS (1987) Critical period of weed interference in field-seeded tomatoes and its relation to water stress and shading. *Can. J. Plant Sci.* **67**: 557-583.
- WEAVER SE, SMITS N, TAN CS (1987) Estimating yield losses of tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) caused by nightshade (*Solanum spp.*) interference. *Weed Sci.* **35**: 163-168.

- WICKS GA, JOHNSTON DN, NULAND DS, KINBACHER EJ (1973) Competition between annual weeds and sweet spanish onions. *Weed Science* **21**: 436-439.
- WILLIAM RD, WARREN GF (1975) Competition between purple nutsedge and vegetables. *Weed Science* **23**: 317-323.
- YASH P, SAIMBHI MS, SHARMA BN, KULDIP V (1974) Influence of some herbicide on the chemical composition of potato tubers. *Indian J. Agric* **44**: 800-803.
- ZANIN G, BERTI A (1989) Per una sempre migliore razionalizzazione degli interventi chimici. *Atti VII Convegno biennale S.I.L.M. "Il diserbo delle colture agrarie : attualità e prospettive", Torino 9-10 novembre 1989*: 119-145.
- ZARAGOZA C, BRANTHÔME X, PORTUGAL JM, PARDO A, SUSO ML, RODRIGUEZ DEL RINCON A, MONSERRAT A, TIEBAS A, FERNANDEZ-CAVADA S, GUTIERREZ M (1994) Itinéraires techniques comparés pour le contrôle des mauvaises herbes chez la tomate en différentes régions européennes. *5th EWRS Mediterranean Symposium on Weed Control in Sustainable Agriculture in the Mediterranean Area, Perugia, Italy, 6-8 June 1994*:179-186.

Mezzi alternativi al diserbo chimico nelle colture orticole

A. FERRERO e F. VIDOTTO

*Dipartimento di Agronomia, Selvicoltura e Gestione del Territorio,
Università degli Studi di Torino*

Riassunto

La prima parte del lavoro comprende una breve disamina dei principi ispiratori delle diverse forme di agricoltura che caratterizzano le produzioni orticole: tradizionale, sostenibile e alternativa. Vengono quindi esaminati i principali mezzi non chimici indiretti e diretti di controllo delle infestanti, in relazione alla loro efficacia e agli aspetti applicativi. Con riferimento ai mezzi indiretti viene posta, in particolare, in evidenza la possibilità di regolare gli inerbimenti mediante importanti pratiche agronomiche come la rotazione, le lavorazioni del terreno, la scelta della coltura e della varietà, la concimazione, l'irrigazione e la falsa semina. Si è osservato in particolare che: le rotazioni diversificano la composizione floristica degli inerbimenti, le arature determinano una distribuzione relativamente uniforme dei semi nel profilo del terreno, il trapianto, il ricorso a colture a crescita rapida e la localizzazione della concimazione e dell'irrigazione aumentano la capacità competitiva delle piante coltivate e la falsa semina permette di intervenire sulle emergenze prima della semina.

Tra i mezzi diretti di lotta sono stati presi in considerazione l'erpatura e la sarchiatura, la spazzolatura, la pacciamatura, la solarizzazione ed i sistemi termici. Nell'ambito dei mezzi meccanici i migliori risultati sono in genere ottenibili con la sarchiatura delle colture a file distanziate. Promettenti, anche se non ancora sufficientemente sperimentati, appaiono gli interventi di spazzolatura.

La pacciamatura, realizzata principalmente con film o tessuti plastici di diverso colore impedisce la crescita della maggior parte delle specie spontanee ad eccezione di quelle dotate di formazioni pungenti o taglienti. La solarizzazione, basata sul riscaldamento del suolo mediante la copertura con film plastici trasparenti consente la devitalizzazione di plantule e semi a condizione che si determinino nel suolo temperature di almeno 40 gradi, per più giorni. Le applicazioni di pirodiserbo si adattano principalmente all'abbinamento con la falsa semina per il controllo delle infestanti nelle fasi iniziali di crescita. Altri interventi come l'utilizzo di microonde, delle scariche elettriche o il criodiserbo, sono risultati, al momento molto costosi e con limitate possibilità applicative.

Summary

Non-chemical weed control in vegetable crops

The first part of the paper includes a short discussion of the inspiring principles of different types of agriculture which characterize the vegetable productions: traditional, sustainable and alternative. Main non-chemical indirect and direct means of weed control are then examined, in relation to their efficacy and application aspects. With reference to indirect means, the study underlines the possibility to manipulate the weed infestations by means of important agronomical practices such as rotation, tillage, crop and variety choice, transplanting fertilization and irrigation, stale seedbed. In particular it has been observed that: rotations diversify floristic composition, ploughings uniformly distribute seeds along the soil profile, transplanting, early growing crops and fertilization and irrigation localized along the rows increase the competitive capacity of the crops, stale seedbed allows to control weeds prior to planting.

Among the direct control means, the study considers hoeing and harrowing, brushing, mulching, solarization and thermal systems. In general, best results among mechanical means are reported with the harrowing of spaced line crops. Promising, although not sufficiently evaluated, appears the brushing applications.

The mulching, mainly carried out with plastic films or different color fabrics controls most weeds with the exception of the prickly and sharp ones. The solarization, based on soil heating through transparent plastic films, allows the destruction of seedlings and seeds on condition that soil temperatures are at least 40 °C, for many days. The flaming is mainly fit for the application together with stale seedbed, on early stage weeds.

Other techniques such as those based on electric discharges, microwaves and freezing are for the moment, very costly and with many operative limitations.

Premessa

Il notevole miglioramento delle condizioni economiche registrato in Italia a partire dalla fine del secondo conflitto mondiale ha portato ad un aumento dei consumi alimentari con un sensibile incremento di quantità di calorie assunte pro-capite (Tabella 1). In questa situazione non fa strano rilevare che, in un Paese quale il nostro con una consolidata tradizione alimentare basata soprattutto sul consumo di vegetali, il principale apporto di calorie sia ancora oggi in gran parte derivante da questi prodotti (Tabella 2).

L'espansione dei consumi alimentari ha comportato anche la richiesta di un più ricca gamma di prodotti orticoli e frutticoli.

Il consumo di ortaggi, ad esempio, ha fatto registrare nel tempo una costante crescita, arrivando ad attestarsi nel 1994 su un valore annuo per persona di 182 kg, escluse le patate.

Superata da tempo la necessità di disporre di prodotti a forte valore energetico, in particolare grassi e cereali, agli alimenti si è gradualmente sempre più attribuita la funzione di soddisfare esigenze dietetiche e di salvaguardia dello stato di salute. Parallelamente si è sviluppata anche una crescente domanda di prodotti disponibili in tutte le stagioni, con caratteristiche qualitative e morfologiche costanti e soprattutto con garanzie di salubrità. Quest'ultimo aspetto ha assunto un'importanza sempre maggiore nell'opinione del consumatore, per il quale l'idea del prodotto sicuro dal punto di vista sanitario è sempre più associata a quella di una tecnica di produzione a basso impatto ambientale. Questa sensibilità ha avuto origine durante gli anni '70, con la congiuntura della crisi energetica e con la diffusione, spesso spettacolarizzata dagli organi di informazione, dei risultati degli studi sul contenuto di prodotti fitosanitari negli alimenti e nelle acque. Ha cominciato così a svilupparsi la coscienza di una disponibilità limitata dell'energia ausiliaria (combustibili fossili, fertilizzanti, fitofarmaci) e ad avere diffusione anche nel nostro Paese sistemi di produzione a ridotto o nullo impiego di prodotti di sintesi e basati sull'applicazione di pratiche agronomiche in grado di mantenere l'equilibrio dell'agroecosistema.

Tabella 1. Calorie consumate in Italia pro-capite/giorno nel periodo 1932-1992 (da Basoccu e Pimpini, 1996, modificato).

| Anno | 1932 | 1942 | 1952 | 1962 | 1972 | 1982 | 1992 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| Calorie | 2.639 | 2.362 | 2.316 | 2.742 | 3.223 | 3.199 | 3250 |
| Indice | 100 | 90 | 88 | 104 | 12 | 121 | 123 |

Tabella 2. Provenienza (%) delle calorie nell'alimentazione umana in Italia nel periodo 1932-1992 (da Basoccu e Pimpini, 1996, modificato).

| Anno | 1932 | 1942 | 1952 | 1962 | 1972 | 1982 | 1992 |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Cal. vegetali | 86 | 88 | 85 | 82 | 81 | 68 | 72 |
| Cal. animali | 14 | 12 | 15 | 18 | 19 | 32 | 28 |

Nel corso di questi ultimi anni si sono andate differenziando, sulla base di modelli già diffusi in altri paesi occidentali diverse forme di produzione agricola caratterizzate da un diverso approccio verso le tecniche produttive applicabili e alle modalità di impiego dei mezzi di difesa dai parassiti (Figura 1).

- Convenzionale
- Guidata
- Integrata
- Sostenibile

- Biologica {
 - Biodinamica
 - Howard-Balfour
 - Lemaire- Boucher
 - Anog
 - Vegan
 - Bio-organica
 - Naturale di Fukoka
 - Macrobiotica

Figura 1. Principali forme di gestione dell'agricoltura

I principi cui si ispirano queste diverse forme di agricoltura sono di seguito sintetizzati.

Produzione convenzionale

Prevede l'utilizzazione delle tecniche e dei mezzi di produzione più idonei alla innalzamento dei livelli di resa, ponendo in secondo piano gli aspetti dell'impatto sull'ambiente.

L'operatore agricolo agisce sulla base delle proprie esperienze e dei suggerimenti di tecnici specialisti.

Produzione guidata

La gestione delle colture viene effettuata sulla base di direttive tecniche volte alla valorizzazione del rapporto ambiente-coltivazione e a impiegare, per il controllo delle avversità, soltanto i prodotti chimici che allo stato delle conoscenze non sono ritenuti pericolosi per l'operatore, il consumatore e l'ambiente.

Produzione integrata

Questo sistema di produzione mira all'ottenimento della migliore qualità possibile nel rispetto della salute umana e dell'ambiente e prevede l'utilizzazione ragionata di tutti i mezzi della produzione sia agronomici, sia chimici.

Il criterio ispiratore di questo di questo metodo è principalmente quello dell'applicazione degli interventi di lotta contro le avversità biotiche solo al superamento di ben definite soglie di danno.

Le produzioni realizzate secondo precisi programmi operativi possono disporre di un marchio di "Produzione integrata" rilasciato alla fine del ciclo produttivo da una apposita commissione.

Produzione sostenibile

Si tratta di un indirizzo gestionale volto ad una produzione agricola economicamente vantaggiosa e capace di mantenere le riserve del terreno evitando l'inquinamento dell'ambiente. Gli obiettivi di questo sistema sono principalmente volti a porre un freno alla perdita di fertilità dei terreni. I concetti dell'agricoltura sostenibile sono stati definiti inizialmente negli Stati Uniti dove si è osservato che oltre il 40% della superficie agraria è soggetto a una perdita media annua di terreno pari a 13 t ha⁻¹. Concettualmente può essere considerato un caso intermedio tra la produzione integrata e quella biologica. Il principio della sostenibilità si riferisce ad aspetti sociali, economici ed ecologici nei diversi ambiti territoriali (locali e nazionali). Prende in considerazione le interconnessioni di tutte le componenti aziendali, compresi gli agricoltori e le loro famiglie, sottolineando l'importanza degli equilibri biologici e la necessità di limitare al massimo l'uso di prodotti e l'adozione di pratiche che possono rompere tali equilibri. Si rifà ai modelli di agricoltura del passato che con le pratiche agronomiche adottate hanno permesso di mantenere inalterata la fertilità dei terreni fino ad oggi. In tal senso si sottolinea l'importanza delle coperture intercalari e dei prati di leguminose in quanto in grado di fornire alimento per il bestiame o di arricchire con il sovescio il terreno di nutrienti e sostanza organica (Phatak 1992).

Produzione biologica

Nota nei paesi di lingua inglese come "agricoltura organica" e nella terminologia corrente anche come "agricoltura ecologica" comprende diversi sistemi di produzione agricola alternativi a quelli tradizionali e aventi la comune caratteristica di ridurre o evitare l'uso di risorse energetiche estranee all'azienda. L'obiettivo è quello di organizzare la produzione vegetale e animale in armonia con l'ecosistema naturale, evitando che l'attività umana possa degradare il patrimonio naturale finora formatosi (Marland, 1989).

Secondo i suoi sostenitori questa modalità di produzione dovrebbe fornire numerosi benefici:

- riduzione di impiego di composti chimici di sintesi;
- limitazione dell'inquinamento dell'agroecosistema;
- contenimento degli eccessi produttivi ;
- mantenimento dell'occupazione nelle aree rurali;
- risparmio energetico;
- promozione dell'autosufficienza nei paesi in via di sviluppo.

L'agricoltura biologica ha trovato attuazione secondo diversi indirizzi operativi in relazione alle differenti scuole di pensiero.

Agricoltura biodinamica

Costituisce una delle applicazioni pratiche delle concezioni antroposofiche della teoria filosofica elaborata nel 1924 da Rudolf Steiner e sviluppata dall'agronomo Pfeiffer. Il metodo non stabilisce dettami tecnici e regole operative vincolanti, ma fornisce una visione dei rapporti dinamici tra uomo, ambiente e influssi cosmici, raccomandando solo l'impiego di preparati naturali che sarebbero in grado di stimolare tali rapporti.

Questa concezione produttiva ha trovato applicazione soprattutto nei paesi dell'Europa settentrionale interessando ampi settori della produzione agricola: orticoltura, frutticoltura, colture cerealicole, allevamento (AA VV, 1989).

Agricoltura Howard-Balfour

E' derivata dalle concezioni di Sir Howard e di Lady Balfour basate sull'utilizzo nell'avvicendamento colturale di specie ad apparato radicale molto sviluppato capaci di utilizzare gli elementi minerali presenti negli strati profondi del terreno. Questo principio è considerato di fondamentale importanza per ottenere foraggi di elevata qualità e produzioni di biomassa da utilizzare per il sovescio. Questo metodo valorizza anche il ruolo delle micorrize nel mantenimento di un buon stato sanitario delle piante. E' diffuso soprattutto in Gran Bretagna, dove viene applicato su ampia scala per la produzione di colture di pieno campo e orticole.

Agricoltura Lemaire-Boucher

Questo sistema si basa sul principio che i prodotti chimici di sintesi (concimi minerali e prodotti fitosanitari) creano disturbi all'equilibrio del suolo favorendo la diffusione di malattie e parassiti. Le condizioni di equilibrio naturale, secondo questo metodo, possono essere ricostituite e mantenute ricorrendo al compostaggio di concimi organici, all'inserimento delle leguminose nel piano colturale e all'utilizzo di composti derivati da alghe. Questa forma di agricoltura biologica è diffusa in Francia e Belgio e trova applicazione a livello commerciale per produzioni animali e vegetali orticole (Pratesi, 1985).

Agricoltura Anog

Questo sistema mira al mantenimento della fertilità del terreno mediante le rotazioni, il sovescio, la pacciamatura verde, le concimazioni organiche e le lavorazioni superficiali. Si tratta di un metodo

di produzione nato in Germania negli anni '60 e diffusosi in molti paesi europei, compresa l'Italia. Il termine Anog deriva dalle iniziali del nome tedesco del "Movimento dei lavoratori per la produzione naturale di frutta e verdura" (AA VV, 1989). L'obiettivo è quello di offrire produzioni con elevate caratteristiche qualitative e nutrizionali e con conseguenti maggiori sbocchi commerciali. I prodotti ottenuti con le tecniche suggerite sono contrassegnati dal marchio "Anog".

Agricoltura Vegan

Secondo questo sistema il suolo deve essere disturbato il meno possibile; le lavorazioni devono quindi essere superficiali (massimo 10 cm) e non determinare il rimescolamento del terreno. La fertilizzazione deve essere effettuata solo con residui vegetali sottoposti a compostaggio; non sono ammessi né i concimi minerali né quelli organici di origine animale. Tale metodo produttivo è presente in Gran Bretagna, limitatamente alle produzioni orticole destinate all'autoconsumo familiare (AA VV, 1989).

Agricoltura bio-organica

Nota anche con l'abbreviazione "Biorga" o come metodo "Muller", si basa sulle osservazioni del microbiologo tedesco Hissle riguardanti la favorevole influenza di alcuni batteri e dell'acido lattico sul mantenimento dello stato di salute di un organismo umano. Tale metodo propone l'applicazione di pratiche agronomiche considerate capaci di favorire lo sviluppo di questa flora naturale nel terreno e nei prodotti agricoli (Senza *et al*, 1991; AA VV, 1989). Ha cominciato a diffondersi dopo la fine della prima guerra mondiale in diversi paesi europei ed ha riguardato sia produzioni zootecniche, sia agricole.

Agricoltura naturale di Fukoka

Prende il nome dall'omonimo agronomo giapponese che ne ha elaborato i principi e si basa sul concetto di porre in rotazione colture estive (riso) con colture invernali (orzo, segale) evitando l'impiego di concimi minerali e di prodotti fitoiatrici. Il sistema prevede, oltre alla rotazione, anche l'incorporamento dei residui culturali, la consociazione con leguminose, la protezione dei semi con un sottile rivestimento di argilla e l'allevamento animale (Pratesi, 1985).

Agricoltura macrobiotica

Questo tipo di agricoltura biologica deriva dalle teorie filosofiche di Rudolf Kraft, le stesse da cui hanno avuto origine i principi dell'omonima teoria dietetica.

Si è diffusa su scala piuttosto limitata e senza scopi commerciali in alcuni paesi dell'Europa centrale e settentrionale. Il metodo si fonda essenzialmente sul concetto che le tecniche di produzione agricola devono soddisfare le esigenze dell'organismo umano di disporre di alimenti caratterizzati da un equilibrato rapporto tra macro e microelementi. In relazione a queste finalità ogni apporto di componenti esterni al sistema produttivo (concimi minerali e prodotti fitoiatrici) è considerato causa di grave squilibrio nelle caratteristiche composizionali dei prodotti della terra. (Esav, 1989; Senza *et al*, 1991).

L'agricoltura biologica è praticata in diversi paesi con una diffusione e una rilevanza economica differente a seconda della specificità degli stessi e soprattutto delle possibilità di commercializzazione, strettamente legate alle sue connotazioni organizzative e socio-culturali.

I paesi mediterranei risultano nel complesso meno strutturati e con esperienze più limitate nel settore delle produzioni biologiche rispetto a quelli dell'Europa settentrionale, ma presentano maggiori potenzialità per il futuro, soprattutto per quanto riguarda i prodotti freschi (orticole).

Nei paesi dell'Europa settentrionale l'agricoltura biologica ha superato da tempo i limiti di una ristretta nicchia produttiva. Nel decennio 1986-96, nell'Unione europea il numero delle aziende biologiche è passato da 7 mila unità, per relativi 120 mila ettari, a circa 55 mila per una superficie di oltre 1,25 milioni di ettari.

In Italia dal 1989 al 1995, il numero di aziende agrobiologiche è passato da 2 a oltre 10 mila per una superficie superiore al 2% della SAU nazionale.

Lo sviluppo sul piano europeo e nazionale dell'agricoltura biologica è stato favorito dall'espansione del mercato, legata al progressivo aumento della sensibilità ecologica dell'opinione pubblica, agli indirizzi dietetici più salutisti e al più elevato potere di acquisto di una fascia sempre più numerosa di consumatori disposti a sostenere spese più elevate per un prodotto di qualità, considerato sano e tipizzato.

Notevole contributo allo sviluppo dell'agricoltura biologica è da attribuire anche all'introduzione di una disciplina comunitaria sui metodi di produzione, sull'etichettatura e sui controlli basata sul regolamento Cee 2092/91 (in vigore in Italia dal 1993) nonché all'incentivazione mediante specifiche politiche di supporto, come il regolamento Cee 2078/92.

La diffusione e lo sviluppo dell'agricoltura biologica sono da tempo sostenuti da numerosi movimenti di produttori, tecnici e consumatori. L'associazione più importante è rappresentata dall'IFOAM (International Federation of Organic Agriculture Movements) costituita in Europa nel 1972. Questo organismo si è occupato nel tempo della stesura di disciplinari specifici riguardanti la produzione in campo e la trasformazione dei prodotti agricoli, definendo anche normative per il controllo e la certificazione dei processi operativi.

Strumenti non chimici di lotta alle malerbe

La gestione della vegetazione infestante nelle colture orticole presenta problematiche molto complesse, in gran parte legate alla necessità di conciliare le esigenze di evitare perdite di resa quali-quantitativa con il rispetto dei vincoli normativi ed etici legati alla sanità delle produzioni e al mantenimento dell'equilibrio ambientale. La complessità è accentuata anche dalla brevità dei cicli biologici di queste colture.

In questo specifico settore agricolo i mezzi non chimici di lotta possono avere un ruolo molto importante e in qualche caso insostituibile purché vengano soddisfatte le condizioni di sostenibilità economica degli interventi. Il successo della lotta alle infestanti con questi strumenti di controllo è legato molto più del diserbo chimico alle conoscenze sul loro comportamento biologico ed ecofisiologico. Queste informazioni consentono in particolare di definire i fattori ed i meccanismi che regolano l'emergenza e l'aggressività delle piante infestanti, consentendo di mettere a punto le strategie gestionali più idonee a prevenire gli inerbimenti e a migliorare gli effetti degli interventi di lotta.

GESTIONE DELLA FLORA INFESTANTE

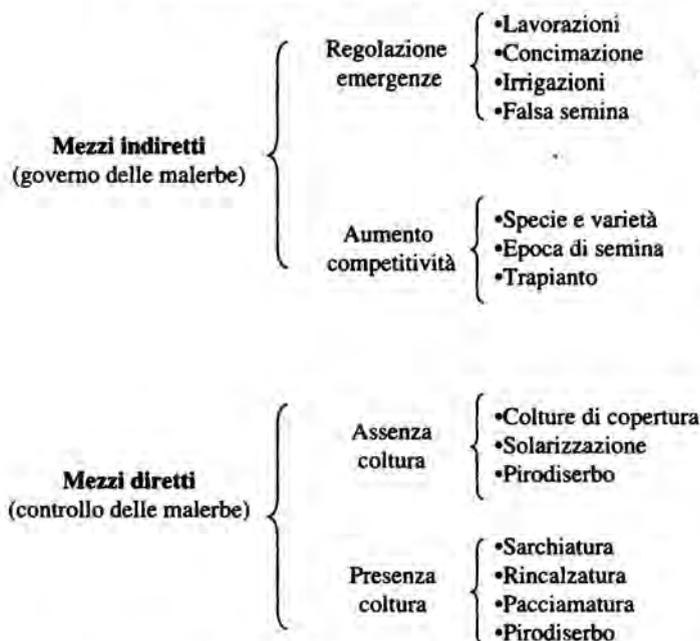


Figura 2. Schema di sintesi dei mezzi non chimici di gestione della flora infestante nelle colture orticole.

Un importante obiettivo nella gestione degli inerbimenti è rappresentato dalla regolazione delle emergenze e dal contenimento dell'aggressività delle infestanti favorendo la competitività delle colture. In tal modo è possibile creare le condizioni più idonee per un intervento diretto di lotta, in assenza o in presenza della coltura (Figura 2).

La regolazione delle emergenze può venire principalmente attuata mediante le lavorazioni del terreno, la concimazione, l'irrigazione e la falsa semina.

Lavorazioni

I lavori di preparazione del letto di semina o di trapianto possono essere realizzati con interventi meccanici caratterizzati da differenti modalità e intensità di esecuzione:

- con l'inversione degli strati del terreno a diverse profondità realizzata mediante l'aratura seguita dall'erpatura;
- con l'inversione degli strati superficiali e la fessurazione di quelli più profondi (aratura-ripuntatura); viene in tal modo realizzato, con una sensibile riduzione dei consumi energetici, l'interramento dei residui colturali e dei concimi organici e minerali, favorita la regolazione della disponibilità idrica per un ottimale accumulo dell'acqua meteorica e la limitazione dei ristagni e dello scorrimento superficiale;
- con la sola fessurazione più o meno profonda del terreno (ripuntatura);
- con il rimescolamento superficiale del terreno ("minima lavorazione");
- senza alcun intervento meccanico.

Ognuna di queste tecniche è in grado di esercitare un'influenza diretta e indiretta sulle malerbe. L'azione diretta si esplica mediante l'estirpazione o l'interramento della vegetazione infestante. Gli effetti indiretti si esprimono attraverso una variazione delle condizioni ecologiche che si determinano in conseguenza di una diversa distribuzione dei semi delle infestanti negli orizzonti del suolo (Figura 3). Il mantenimento nel tempo dei diversi tipi di lavorazione influenza quindi positivamente lo sviluppo delle piante che nelle specifiche condizioni operative sono più favorite nell'emergenza portando ad una diversa evoluzione della comunità di malerbe (Figura 4)

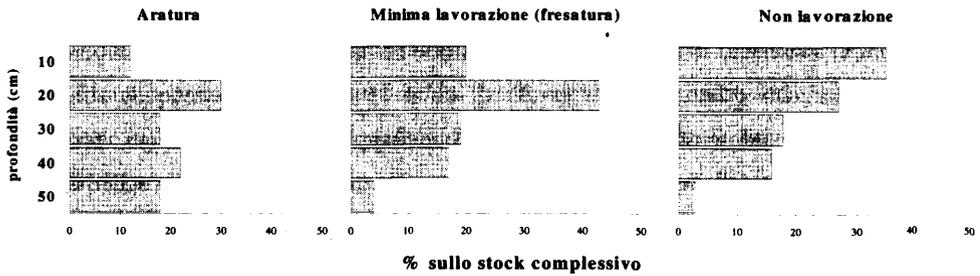


Figura 3. Influenza delle diverse tecniche di preparazione del terreno sulla distribuzione dei semi lungo il profilo (da Cantele *et al.*, 1986).

Aratura e aratura-ripuntatura

L'aratura e l'aratura-ripuntatura sono particolarmente efficaci nei riguardi delle malerbe perenni, caratterizzate da organi di propagazione sotterranea (rizomi, stoloni, tuberi, ecc.) che vengono portati in superficie ed esposti all'azione devitalizzante degli agenti atmosferici. In tal senso assumono notevole importanza le lavorazioni di preparazione realizzate prima delle gelate o dei periodi caldi e asciutti e non seguite da alcun altro intervento di affinamento del terreno per almeno un mese. L'aratura effettuata in estate permette, ad esempio, di ridurre di oltre il 60% lo sviluppo dei germogli di *Sorghum halepense* nell'anno successivo.

L'inversione degli orizzonti del terreno realizzata con l'aratura, seguita dalla erpicatura, ha una notevole influenza sull'evoluzione banca semi. Può stimolare la dormienza dei semi caratterizzati da un tasso di decremento annuo permettendone poi la germinazione quando vengono riportati in superficie negli interventi successivi o favorire la devitalizzazione di quelli delle specie annuali, di dimensioni ridotte e poco longevi (Figura 5).

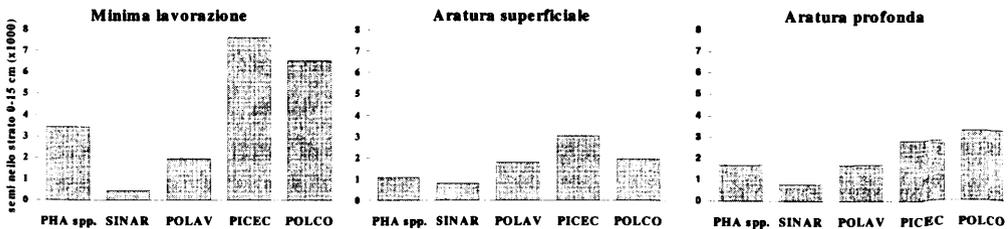


Figura 4. Influenza di diverse lavorazioni sulla tipologia floristica dei semi, in una rotazione girasole-frumento (da Catizone *et al.*, 1991)¹.

¹ minima lavorazione: erpicatura per il frumento, lavorazione con scarificatura per il girasole; aratura superficiale: a 20 cm per il frumento, a 30 cm per il girasole; aratura profonda: a 45 cm per il frumento, a 55 per il girasole.
 PHA spp: *Phalaris* spp.; SINAR: *Sianpis arvensis*; POLAV: *Polygonum aviculare*; PICEC: *Picris echioides*; POLCO: *Bilderdykia convolvulus*

Le ripetute estirpature e le erpicature realizzate dopo l'aratura per l'affinamento del terreno costituiscono uno strumento strategico di lotta soprattutto nei confronti delle infestanti perennanti e biennali. Gli interventi effettuati ad intervalli di circa 15 giorni permettono di eliminare la vegetazione presente sul terreno e di stimolare lo sviluppo di nuovi germogli, portando al progressivo esaurimento delle sostanze di riserva negli organi di deposito di queste malerbe.

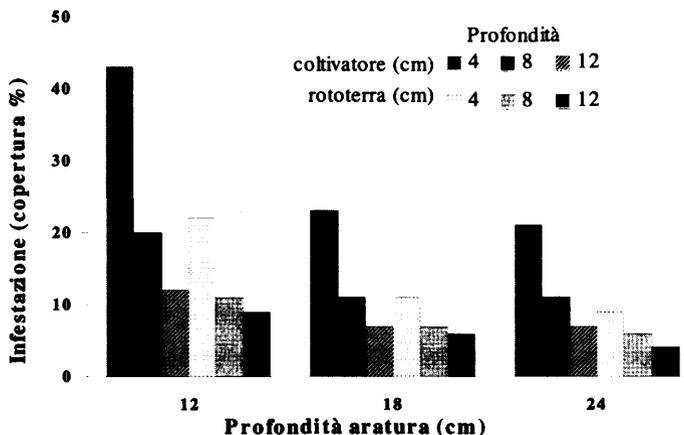


Figura 5. Livelli di infestazione rilevati a seguito di diverse combinazioni di profondità di aratura e di erpicatura impiegabili per la preparazione del letto di semina (da Børresen e Njøs, 1993).

Minima lavorazione

Le lavorazioni superficiali (10-20 cm di profondità) effettuate con erpici ad elementi flessibili, erpici a dischi e frese esercitano un'influenza sulla dinamica della banca dei semi e agiscono direttamente sulle infestanti già emerse dal terreno.

Tendono ad accumulare i semi negli orizzonti superiori consentendo ad un maggior numero di piante di emergere e favorendo le specie con semi di dimensioni ridotte, capaci di germinare solo se poste negli strati più superficiali. Questa tecnica di lavorazione risulta di utile applicazione soprattutto quando si adottino programmi di lotta basati sull'impiego di mezzi chimici o meccanici prima dell'impianto della coltura.

L'azione nei confronti delle piante già emerse varia notevolmente a seconda del tipo di malerba e di attrezzatura usata. Gli erpici dotati di elementi flessibili permettono di sollevare e sradicare la vegetazione presente; sono generalmente molto efficaci nel controllo delle piante annuali e permettono, con interventi ripetuti, anche di contenere lo sviluppo di quelle perennanti. Gli erpici a dischi e le frese consentono di distruggere le specie annuali, ma presentano il grave inconveniente di frammentare stoloni e rizomi, favorendo la diffusione delle piante a moltiplicazione vegetativa.

Non lavorazione

La non lavorazione del terreno prevede la semina diretta della coltura con la sola apertura di un solco di 2-5 cm operata dalla seminatrice. In queste condizioni è necessario provvedere alla devitalizzazione della vegetazione presente al momento della semina costituita dagli eventuali ricacci della coltura precedente e dalle piante a nascita spontanea. Tale operazione può essere agevolmente realizzata con uno sfalcio delle piante annuali, ma richiede necessariamente il ricorso ai mezzi chimici nel caso di specie perennanti a rapida moltiplicazione vegetativa (*Convolvulus arvensis*, *Sorghum halepense*, *Agropyron repens*, *Cynodon dactylon*). Nelle situazioni più favorevoli, rappresentate dalla sola presenza di specie annuali e in successione a colture da radice o da tubero (barbabietola da zucchero, patata, rapa) che abbiano lasciato il terreno smosso e arieggiato, la pratica della semina diretta può essere adottata anche nell'orticoltura estensiva (pisello, fagiolo).

I residui organici presenti sulla superficie del terreno sono in grado di modificare sensibilmente le condizioni idriche e termiche che si registrano nel terreno lavorato in modo tradizionale. Come osservato nella trattazione della pacciamatura, il ricoprimento del terreno diminuisce le perdite di acqua per evaporazione, riduce le variazioni termiche e limita la penetrazione della luce negli strati superiori del terreno influenzando favorevolmente la crescita della coltura e contenendo l'emergenza delle malerbe.

Lavorazioni al buio

Dopo un periodo di permanenza nel terreno, la maggior parte dei semi delle malerbe può interrompere la dormienza e germinare solo dopo essere stata esposta alla luce. Anche la breve esposizione che si determina durante una lavorazione del terreno, spesso non superiore a frazioni di secondo, è sufficiente a indurre la germinazione dei semi sensibili (Scopel *et al.*, 1994; Ascard, 1994; Buhler, 1997). La fotodormienza è dovuta all'azione di un pigmento, il fitocromo, sensibile alla luce e presente nelle due forme fotoconvertibili P_r (Phytochrome red) e P_{fr} (Phytochrome far red). Quando i semi vengono esposti alla luce del giorno, caratterizzata dalla presenza della componente radiativa rossa dello spettro visibile (660 nm), la forma inattiva P_r si trasforma nella corrispondente forma attiva P_{fr} la quale è in grado di stimolare i processi germinativi. Al momento non si hanno ancora sufficienti conoscenze sul livello minimo di luce necessario per stimolare la germinazione dei semi. La debole luce emessa dalla luna ($0,002 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) richiederebbe un'esposizione per almeno 5 secondi per stimolare il processo germinativo.

Tabella 3. Influenza delle lavorazioni al buio e alla luce sulla copertura di alcune infestanti (da Hartmann, 1990)

| Specie | Lavorazione al buio | Lavorazione alla luce |
|--------------------------------|---------------------|-----------------------|
| <i>Galium aparine</i> | 1 | 3 |
| <i>Veronica persica</i> | + | 3 |
| <i>Lamium amplexicaule</i> | + | 2 |
| <i>Matricaria chamomilla</i> | - | 2 |
| <i>Thlaspi arvense</i> | + | 2 |
| <i>Alopecurus myosuroides</i> | 1 | 2 |
| <i>Chenopodium album</i> | - | 1 |
| <i>Agropyron repens</i> | 1 | 1 |
| <i>Lamium purpureum</i> | - | 1 |
| <i>Convolvulus arvensis</i> | + | 1 |
| <i>Anagallis arvensis</i> | - | 1 |
| <i>Stellaria media</i> | + | 1 |
| <i>Polygonum aviculare</i> | + | 1 |
| <i>Capsella bursa-pastoris</i> | - | + |
| <i>Euphorbia helioscopia</i> | - | + |
| <i>Raphanus raphanistrum</i> | - | + |
| <i>Sonchus oleraceus</i> | - | + |
| <i>Sonchus asper</i> | - | + |
| <i>Sinapis arvensis</i> | + | + |
| <i>Poa annua</i> | + | - |
| <i>Lolium perenne</i> | + | - |

Legenda: 3: copertura del terreno da 25 a 50% ; 2: copertura del terreno da 5 a 25%; 1: copertura del terreno < 5%; + presenza, con copertura modesta; -: assenza.

Diversi studi hanno inoltre posto in evidenza che il fenomeno di fotodormienza è influenzato anche dalla temperatura, dall'umidità del terreno e dai nutrienti disponibili (Baskin e Baskin, 1985). Tra le specie più sensibili sono da considerare *Galium aparine*, *Veronica persica*, *Lamium amplexicaule*, *Matricaria chamomilla*, *Thlaspi arvense* (Tabella 3). Con queste specie le lavorazioni al buio hanno fatto rilevare riduzioni di germinazione variabili dal 40 all'80%.

Risultati simili a quelli ottenuti con le lavorazioni notturne si possono avere operando di giorno con attrezzature schermate mediante apposite coperture con teli scuri (Ascard 1994; Ferrero e Balsari, 1995). Nonostante questi risultati favorevoli gli interventi meccanici in assenza di luce appaiono però di non facile applicazione dovendo essere realizzati durante la notte o con attrezzature che non consentono il controllo dell'operazione.

Concimazione

Il livello di fertilità del suolo, soprattutto il contenuto di nitriti e nitrati, può influenzare la dormienza dei semi di numerose specie infestanti (Fawcett e Slife, 1978; Roberts, 1981). L'effetto dei nutrienti azotati sulla germinazione dei semi risulta anche legato alla presenza di altri stimoli quali la luce, le alternanze termiche, la presenza di inibitori della germinazione (es. etilene). In presenza di luce il nitrato di potassio e il nitrato d'ammonio hanno dimostrato di incrementare di oltre il 30% la germinazione di semi dormienti di *Avena* spp. rispetto alle condizioni di buio (Dyer, 1995).

Numerosi studi hanno posto in evidenza che i nutrienti del terreno sono utilizzati in modo meno efficiente dalle colture orticole, quali ad esempio cipolla, fagiolo e pomodoro rispetto alle piante infestanti (Vengris *et al.*, 1955; Qasem, 1992; Qasem, 1993, Di Tomaso, 1995) (Figura 6). In alcuni casi, tale comportamento risulta ancora più marcato quando gli elementi fertilizzanti sono presenti in quantità limitata. Il *Chenopodium album* è in grado di asportare quantità molto più elevate di potassio rispetto al pomodoro, soprattutto in condizioni di ridotta disponibilità di questo elemento (Minotti, 1977).

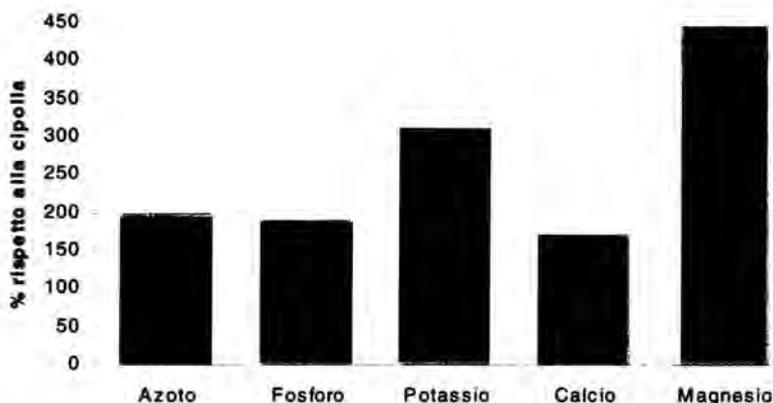


Figura 6. Percentuale di elementi minerali presenti nelle infestanti della cipolla rispetto alla coltura (da Vengris *et al.*, 1955, modificata).

Per contenere il vantaggio competitivo acquisito dalle malerbe per effetto di questo comportamento è consigliabile limitare la distribuzione dei fertilizzanti alla sola fila della coltura. Una ulteriore favorevole utilizzazione dei nutrienti da parte della coltura può essere ottenuta, oltre che con la localizzazione, anche mediante l'interramento dei concimi minerali. A tal scopo è opportuno tenere conto della differente profondità raggiunta dagli apparati radicali delle diverse specie coltivate:

- radici superficiali (30-50 cm) : spinacio, sedano, aromatiche annuali (basilico, prezzemolo), lattughe e cicorie, crucifere (cavolo, cavolfiore, ecc.), agliacee (aglio, cipolla), fragola;
- radici mediamente profonde (50-80 cm): patata, leguminose (fagiolo, fagiolino, pisello, ecc.), carota, zucchini.
- radici profonde (80-150 cm): solanacee (melanzana, peperone, pomodoro), melone.

Irrigazione

Gli interventi irrigui favoriscono normalmente l'intensità degli inerbimenti. Le acque di irrigazione possono apportare semi di malerbe provenienti dai bordi dei fossi e dei canali o dai terreni infestati attraversati da esse. Tuttavia, gli effetti più evidenti dell'acqua sulle infestazioni sono legati alla stimolazione della germinazione e ad un effetto favorevole sull'accrescimento delle malerbe. L'influenza sulla germinazione dipende sia dalle variazioni dello stato igrometrico del terreno (alternanze di condizioni di umettamento e di disseccamento), che permettono di interrompere la dormienza dei semi, sia dalla disponibilità di un livello idrico favorevole allo svolgimento del processo germinativo.

Le specie spontanee hanno frequentemente esigenze idriche inferiori alle piante orticole sopportando soglie minime di umidità nel terreno non sufficienti per le colture. Molte malerbe sono anche più efficienti delle piante coltivate nell'uso dell'acqua, richiedendo volumi idrici più limitati per produrre un'unità di sostanza secca (Tabella 4). Normalmente le specie a meccanismo fotosintetico C₄ hanno una maggior efficienza nell'uso dell'acqua rispetto alle C₃.

Le diverse esigenze idriche delle infestanti non determinano necessariamente una differente capacità competitiva, come è stato ad esempio osservato in *Amaranthus retroflexus* e *Chenopodium album*, (Pearcy *et al.* 1989).

In relazione alle diverse esigenze idriche, le piante infestanti sono in grado di mettere in atto un diverso tipo di comportamento competitivo nei riguardi dell'acqua. Le infestanti a bassa efficienza nell'utilizzo dell'acqua hanno la capacità di esaurire presto le riserve idriche disponibili approfittando delle buone dotazioni iniziali, mentre quelle ad elevata efficienza possono continuare la loro attività di crescita anche ai bassi livelli di umidità.

Tabella 4. Quantità di acqua consumata da alcune specie infestanti e colture orticole per produrre 1 kg di sostanza secca (da Black *et al.*, 1969, modificata).

| Specie | litri di acqua kg ⁻¹ di s.s. |
|--|---|
| Infestanti | |
| <i>Panicum miliaceum</i> | 267 |
| <i>Sorghum</i> spp | 304 |
| <i>Setaria italica</i> | 285 |
| <i>Amaranthus graecizans</i> | 260 |
| <i>Amaranthus retroflexus</i> | 305 |
| <i>Portulaca oleracea</i> | 281 |
| <i>Avena</i> spp. | 583 |
| <i>Chenopodium album</i> | 658 |
| <i>Polygonum aviculare</i> | 678 |
| Colture orticole | |
| <i>Solanum tuberosum</i> (patata) | 575 |
| <i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i> (cavolo cappuccio) | 518 |
| <i>Citrullus lanatus</i> (anguria) | 577 |
| <i>Cucumis sativus</i> (cetriolo) | 686 |
| <i>Phaseolus vulgaris</i> (fagiolo) | 700 |
| <i>Capsicum annuum</i> (peperone) | 865 |
| <i>Lycopersicon esculentum</i> (pomodoro) | 645 |

Gli studi di Bond e Baker (1990) hanno posto in evidenza che gli interventi irrigui effettuati dopo la preparazione del letto di semina determinano una elevata concentrazione dei flussi germinativi delle malerbe soprattutto nei mesi primaverili e tardo estivi. Nei terreni non irrigati le emergenze sono in genere molto più distribuite nel tempo e risultano strettamente correlate all'andamento delle precipitazioni (Figura 7).

La gestione dell'acqua costituisce, quindi, un importante strumento di regolazione della flora infestante. Con l'irrigazione effettuata 15-20 giorni prima dell'impianto di una coltura nei letti di semina preparati in anticipo è possibile l'applicazione della tecnica della falsa semina. L'elevato contenuto di acqua nel suolo risulta, poi, particolarmente favorevole al rapido insediamento della coltura seminata subito dopo l'intervento di diserbo, contribuendo a fornire ad essa un buon vantaggio competitivo sulle infestanti emerse successivamente.

Tenendo conto di questo comportamento delle malerbe nei confronti dell'acqua, nelle colture a file distanziate è possibile ridurre la pressione competitiva delle specie spontanee presenti nell'interfila ricorrendo ai sistemi di irrigazione localizzata a microportata.

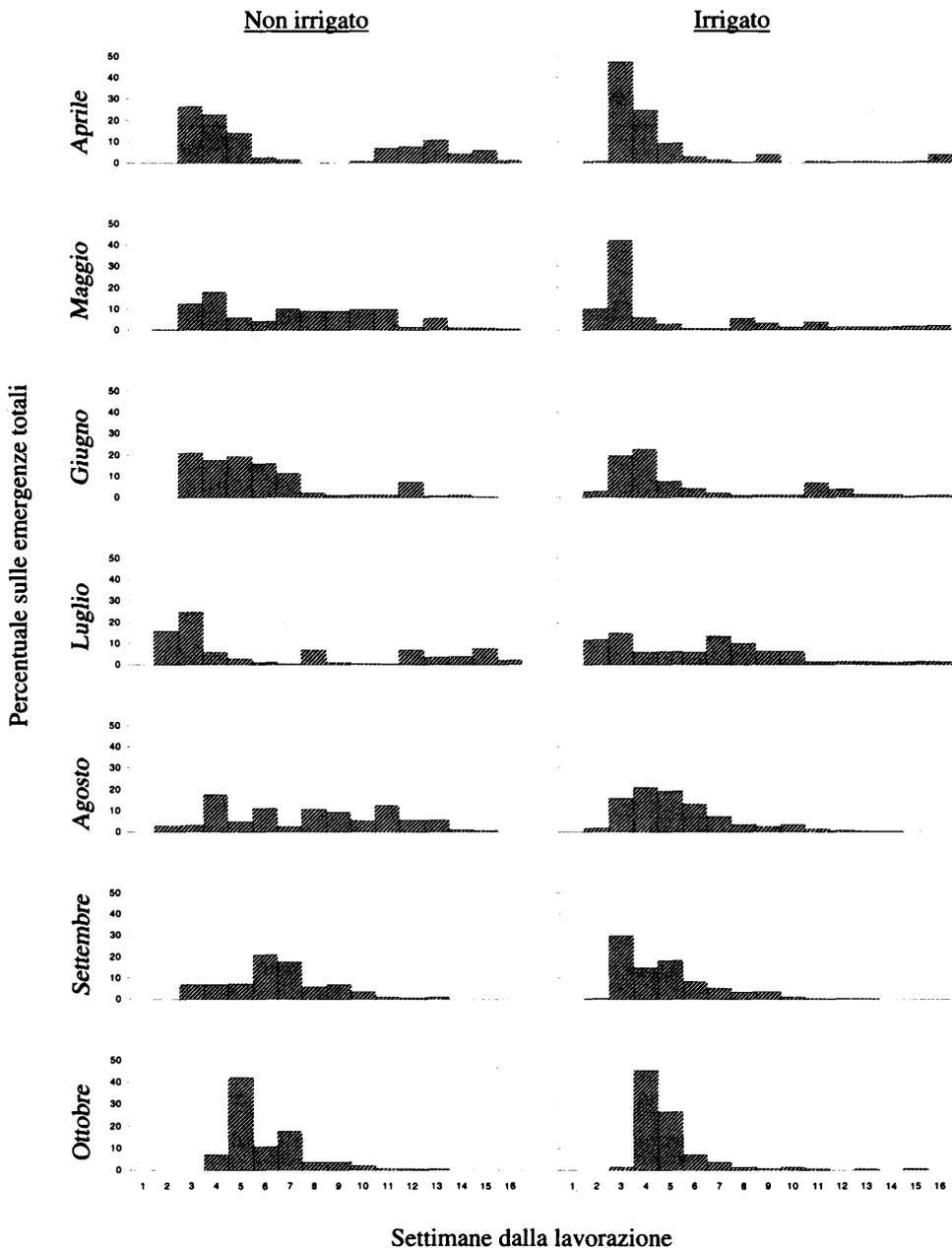


Figura 7. Flussi di emergenze conseguenti alla preparazione del letto di semina in epoche diverse, con e senza interventi irrigui. Le percentuali si riferiscono al totale delle emergenze osservate in un periodo di 16 settimane successive all'intervento (da Bond e Baker, 1990).

Falsa semina

Questa tecnica 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, in assenza della coltura. Si tratta di un intervento tattico in grado di favorire il flusso germinativo dei semi privi di dormienza e capaci di emergere contemporaneamente alla specie da coltivare. Mediante la regolazione delle nascite è così possibile interferire sul quadro malerbologico e quindi anche sui rapporti tra i diversi gruppi eco-fisiologici delle malerbe.

Tabella 5. Durata della germinazione in relazione alla temperatura del terreno (da Ghesquière, 1992).

| Coltura | Temperatura del suolo (°C) | | | | | | | | | |
|---|----------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 | 12 | 15 | 20 | 25 | 30 |
| Durata della germinazione (giorni) | | | | | | | | | | |
| Orticole da foglia | | | | | | | | | | |
| Crescione | 21 | 16 | 13 | 9 | 7 | 6 | 5 | 3 | 3 | 2 |
| Lattuga | | 47 | 28 | 16 | 11 | 8 | 6 | 4 | 3 | 3 |
| Endivia | | | | 31 | 18 | 13 | 9 | 6 | 4 | 3 |
| Cicoria | | 33 | 25 | 16 | 12 | 9 | 7 | 5 | 4 | 3 |
| Cavolo rosso | 38 | 28 | 22 | 16 | 12 | 10 | 8 | 6 | 4 | 4 |
| Spinacio | 29 | 23 | 19 | 14 | 11 | 9 | 7 | 6 | 5 | 4 |
| Porro | | | 52 | 35 | 27 | 22 | 17 | 12 | 10 | 8 |
| Sedano | | | | | 44 | 32 | 23 | 15 | 12 | 9 |
| Prezzemolo | | | | 34 | 27 | 22 | 18 | 13 | 11 | 9 |
| Orticole da legume | | | | | | | | | | |
| Pisello | | 48 | 31 | 18 | 13 | 10 | 7 | 5 | 4 | 3 |
| Fagiolino | | | | | 57 | 30 | 18 | 11 | 8 | 6 |
| Fava | 41 | 32 | 26 | 19 | 15 | 13 | 10 | 8 | 6 | 5 |
| Orticole da radice | | | | | | | | | | |
| Ravanello | 27 | 20 | 16 | 11 | 9 | 7 | 5 | 4 | 3 | 3 |
| Scorzonera | 45 | 30 | 23 | 15 | 11 | 9 | 7 | 5 | 4 | 3 |
| Barbabietola | | 41 | 31 | 20 | 15 | 12 | 9 | 7 | 5 | 4 |
| Carota | | 46 | 36 | 25 | 20 | 16 | 12 | 9 | 7 | 6 |
| Cipolla | | | 48 | 33 | 25 | 21 | 16 | 12 | 9 | 8 |
| Durata della germinazione (giorni) | | | | | | | | | | |
| Orticole da frutto | | | | | | | | | | |
| Pomodoro | 20 | 17 | 14 | 12 | 9 | 8 | 7 | 5 | 4 | 3 |
| Melanzana | | | 32 | 24 | 16 | 12 | 9 | 7 | 5 | 4 |
| Cetriolo | | | 37 | 28 | 18 | 14 | 11 | 8 | 6 | 5 |
| Melone | | | 39 | 28 | 19 | 14 | 11 | 8 | 6 | 5 |
| Cocomero | | | 30 | 21 | 13 | 9 | 7 | 6 | 4 | 3 |
| Peperone | | 40 | 36 | 32 | 26 | 22 | 19 | 16 | 13 | 10 |

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 10 cm) e al livello idrico del suolo. Per influenzare favorevolmente le emergenze delle malerbe è consigliabile ricorrere a lavorazioni leggere che consentano di mantenere la maggior parte dei semi dell'anno negli orizzonti superficiali e di stimolarne la germinazione con interventi irrigui. L'apporto di volumi di acqua sufficienti a innalzare l'umidità del terreno a livelli prossimi alla capacità di campo crea le condizioni favorevoli all'insediamento della coltura seminata successivamente.

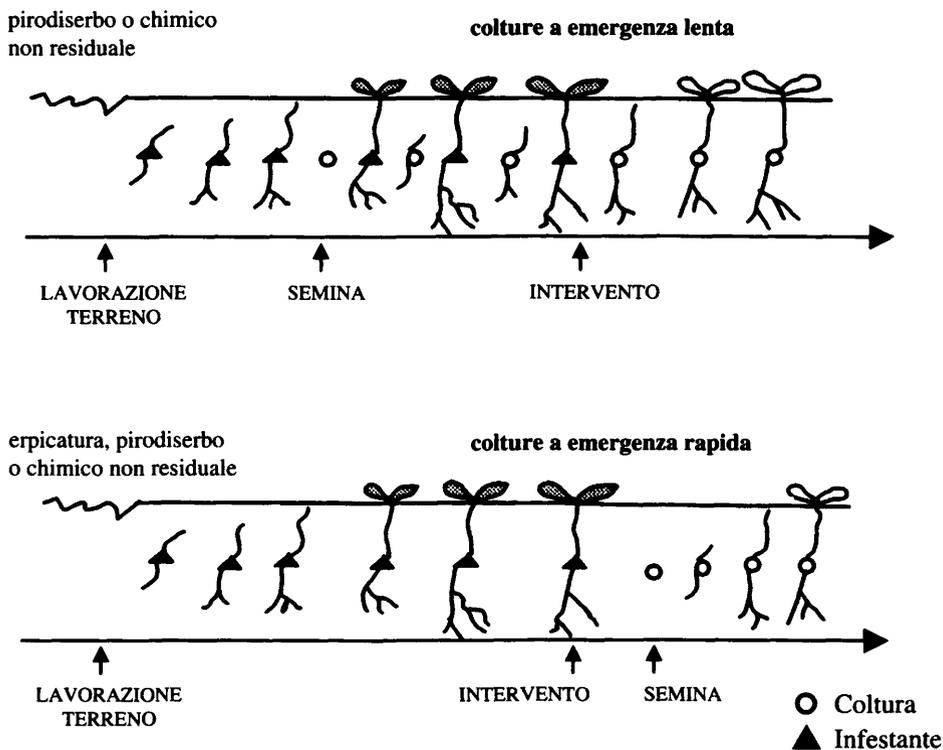


Figura 9. Schemi operativi dell'intervento di falsa semina in colture a emergenza lenta e rapida.

La lotta alle malerbe con la falsa semina può essere realizzata con diverse modalità operative, in relazione alla tipologia del sistema di controllo e all'epoca di impianto della coltura (Figura 9).

Prima della semina o del trapianto della coltura è possibile utilizzare sia mezzi fisici o meccanici (pirodiserbo o erpicature) sia diserbanti totali non residuali (glyphosate, glyphosate trimesium, gluphosinate ammonium). Prima dell'emergenza è possibile ricorrere soltanto al mezzo fisico e a quello chimico. Quest'ultimo caso è limitato solo alle colture a emergenza relativamente lenta, quali carota, cipolla, prezzemolo, porro, sedano, fagiolino o bulbose ornamentali come gladiolo e

tulipano. In tal caso il trattamento dovrà essere il più possibile ritardato, in relazione all'epoca di emergenza della coltura seminata.

L'erpatura fornisce in genere risultati inferiori a quelli ottenuti con gli altri mezzi di lotta; anche 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.).

Scelta della specie, epoca e dispositivo di semina

La scelta della specie orticola, l'epoca di semina e la spaziatura delle piante possono avere una notevole influenza sui rapporti competitivi tra la coltura e le malerbe ad esse associate.

Il successo competitivo della specie coltivata è direttamente correlato con il ritardo nell'emergenza e con la limitazione nella crescita della vegetazione spontanea rispetto alla coltura. In tal senso sono prevedibili diversi indirizzi operativi in base alla scelta della specie coltivata. Nel caso di orticole a nascita lenta è possibile assicurare un vantaggio competitivo solo mediante il contenimento dei flussi germinativi delle malerbe durante le prime fasi di crescita della coltura. Ciò può essere ottenuto con il ricorso alla tecnica basata sulla preparazione anticipata del letto di semina seguita dalla eliminazione degli inerbimenti, prima dell'emergenza della coltura, seguendo ad esempio i criteri suggeriti per l'applicazione del pirodiserbo. In tali condizioni è opportuno adottare i diversi accorgimenti che consentono di stimolare l'emergenza delle malerbe, come le lavorazioni superficiali (10-15 cm) e gli interventi irrigui.

Per le orticole a rapida emergenza sono applicabili due diverse soluzioni operative. La prima riguarda il controllo delle infestazioni con la tecnica della falsa semina, intervenendo contro le malerbe in pre-semina della coltura. La seconda soluzione è volta invece a ritardare l'emergenza delle infestanti e a ridurre la densità mediante l'adozione delle lavorazioni profonde per la preparazione del letto di semina.

La densità e la distribuzione spaziale più favorevoli alla rapida copertura del terreno da parte della vegetazione delle piante coltivate consentono a queste di acquisire un vantaggio competitivo nei confronti della flora infestante, particolarmente importante nelle colture a ciclo breve quali la maggior parte delle orticole (Malik *et al.*, 1993). L'aumento della capacità competitiva può essere ottenuto altresì ricorrendo a specie e varietà caratterizzate da taglia elevata, disposizione orizzontale delle foglie e da alto indice di area fogliare (LAI) (Shenk, 1994).

Trapianto

Il trapianto, possibilmente associato agli interventi di lotta effettuati con la falsa semina, permette alla pianta coltivata di avvantaggiarsi di un notevole anticipo nella crescita rispetto alla vegetazione spontanea. In queste condizioni è importante limitare al massimo la crisi successiva alla messa a dimora per favorire un rapido ricoprimento del terreno da parte della coltura.

Rispetto alla semina diretta, il trapianto offre inoltre una maggiore flessibilità nell'uso dei mezzi di lotta alle infestanti, chimici e non; con questa tecnica è possibile, infatti, utilizzare nelle condizioni di maggiore sensibilità delle malerbe e in modo selettivo gli erbicidi, il pirodiserbo o le lavorazioni interfila, non impiegabili, invece, nelle prime fasi vegetative delle colture seminate.

Rotazione

La rotazione assume un ruolo di primo piano nella gestione della vegetazione infestante con mezzi non chimici. Con tale pratica il terreno è occupato nel tempo da colture diverse, con ciclo colturale differente e sottoposte a pratiche agronomiche differenziate. Viene in tal modo evitata la formazione di associazioni malerbologiche selezionatesi sulla base di ripetute condizioni colturali e caratterizzate dalla presenza di popolazioni con strette affinità tassonomiche con le specie seminate. La continua successione sullo stesso terreno di colture come il pomodoro, la patata, il peperone e la melanzana porta inevitabilmente alla diffusione di una pericolosa solanacea spontanea come il *Solanum nigrum*. Questa malerba presenta esigenze ecologiche, relative al terreno, all'acqua e alla temperatura, molto simili a quelle delle solanacee coltivate e sfugge ai prodotti comunemente impiegati per il diserbo di queste colture.

Nella scelta delle specie da porre in rotazione in orticoltura, è necessario tenere in considerazione, in particolare, aspetti morfologici delle piante: lo sviluppo epigeico e la profondità dell'apparato radicale (Masiunas *et al.*, 1997). Si dovrà cercare di evitare la ripetizione di colture a ridotta espansione fogliare e a limitato approfondimento radicale, poco competitive nei confronti delle malerbe per la luce, per l'acqua e gli elementi nutritivi.

L'influenza della successione delle colture sullo stesso appezzamento si manifesta anche a livello della riserva dei semi nel terreno. Nei terreni delle regioni settentrionali dove frequentemente ricorrono le colture a ciclo primaverile estivo (mais, barbabietola da zucchero, soia) si osserva una netta predominanza di semi appartenenti a gruppi di specie in grado di germinare nei periodi più caldi (Tabella 6).

Tabella 6. Incidenza percentuale dei gruppi ecofisiologici delle infestanti presenti nella banca semi dei campi di mais della pianura padana (da Zanin *et al.*, 1992)

| Gruppo ecofisiologico | % |
|-----------------------|------|
| Autunnali | 5,3 |
| Invernali | 8,1 |
| Primaverili | 21,9 |
| Estive | 39,8 |
| Indifferenti | 24,9 |

La rotazione, pur non modificando sostanzialmente, rispetto alla monosuccessione, la consistenza della riserva dei semi nel terreno, cambia spesso i rapporti qualitativi tra le specie presenti (Cantele e Zanin, 1992). Nelle successioni articolate e frequenti di colture tendono a predominare le malerbe meno competitive e normalmente quelle caratterizzate da minor longevità.

In sistemi produttivi a orticoltura meno intensiva, può essere suggerita la coltivazione di un cereale autunno-vernino (frumento, orzo) o del colza prima della semina o del trapianto di una orticola estiva. Il fitto manto vegetale del cereale e della crucifera nella stagione primaverile limita notevolmente la crescita delle spontanee macroterme nel periodo in cui si determina il massimo flusso naturale di emergenze.

L'avvicendamento ha anche una notevole influenza sullo stato sanitario delle piante orticole, consentendo di ridurre sensibilmente la diffusione di molti parassiti dei vegetali (marciumi radicali, malattie vascolari, nematodi) e aumentando indirettamente la competitività della coltura nei confronti delle malerbe.

La rotazione rappresenta, quindi, uno strumento strategico di fondamentale importanza soprattutto nel caso della gestione delle infestanti basata su sistemi colturali, senza o con limitato impiego di mezzi chimici.

Controllo delle malerbe con interventi meccanici

Erpicatura

Nelle colture seminate a spaglio o a file ravvicinate (cipolla, carota) il contenimento delle malerbe con mezzi meccanici può essere realizzato quasi esclusivamente con l'erpicatura. Pur non determinando la eliminazione totale delle infestanti presenti, tale tecnica consente in molti casi di limitare la presenza della flora infestante a livelli accettabili (Boidston, 1995), o quantomeno di ritardarne lo sviluppo (Figura 10). In linea generale, l'azione erbicida dell'erpicatura si manifesta soprattutto nei confronti di plantule di dicotiledoni annuali, principalmente a causa di una azione di

ricoprimento (Rasmussen, 1991). Limitata efficacia viene generalmente osservata nei confronti di plantule con più di 4-6 foglie vere (Kress, 1993) e per le monocotiledoni. Per tale ragione, esiste una buona correlazione fra la percentuale di infestanti allo stadio cotiledonare al momento dell'intervento ed il successo dell'intervento stesso (Rasmussen, 1996).

Come qualsiasi altra operazione meccanica, l'erpatura migliora l'areazione superficiale del terreno e la disponibilità di elementi nutritivi per la coltura, anche se queste condizioni possono favorire successive emergenze delle infestanti (Putnam, 1990).

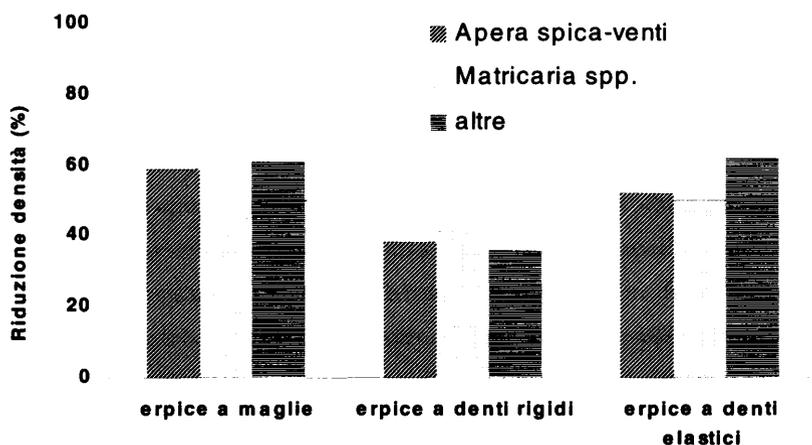


Figura 10. Riduzione della densità delle infestanti, dopo 3 passaggi con 3 tipi di erpice (Böhrnsen, 1993).

Le variabili in grado di condizionare l'efficacia e l'efficienza di questa tecnica di lotta sono numerose e riguardano soprattutto il terreno (tessitura, umidità e struttura degli strati superficiali), il tipo di macchina (caratteristiche degli organi lavoranti, velocità di avanzamento), le malerbe da controllare (specie e stadio) e la coltura.

I tipi di erpice che meglio si adattano a un utilizzo in tal senso sono gli erpici a maglia e gli erpici a denti flessibili. Mentre nei primi l'intensità della lavorazione è regolabile essenzialmente attraverso la variazione della velocità di avanzamento, negli erpici a denti flessibili è possibile ottenere effetti diversi anche a seconda del tipo di dente utilizzato e della tensione della molla.

Le maggiori limitazioni all'impiego della erpatura sono rappresentate dalla variabilità di efficacia (Rasmussen, 1993a) e dagli effetti negativi sulla coltura, che in alcuni casi possono essere superiori a quelli provocati dalla presenza delle infestanti (Rasmussen, 1996). Sono stati elaborati modelli previsionali finalizzati alla individuazione del momento ottimale di intervento, nei quali si

esprime la resa della coltura in funzione dell'efficacia erbicida, del grado di selettività e della capacità competitiva delle malerbe (Rasmussen, 1991, 1993b e 1996).

Le esperienze nel campo orticolo sono tuttora molto limitate, anche per la mancanza di strumenti oggettivi di valutazione del danno arrecato alla coltura (Rasmussen, 1993a).

Sarchiatura

E' una operazione applicabile nell'interfila degli impianti a file distanziate, che consente di effettuare il controllo meccanico delle malerbe in modo selettivo per le colture. Rispetto all'erpatura la sarchiatura ha normalmente un'azione più completa nei confronti delle malerbe per una serie di favorevoli condizioni operative, principalmente legate alla possibilità di effettuare interventi più energici:

- possibilità di utilizzare organi lavoranti in grado di colpire anche l'apparato radicale delle infestanti;
- possibilità di intervenire anche contro infestanti a stadi di sviluppo relativamente avanzati;
- efficacia contro un maggior numero di specie (comprese le graminacee e, parzialmente, le perennanti);
- maggiore flessibilità gestionale, potendo intervenire in un più ampio arco di tempo;
- possibilità di combinare l'operazione con altri interventi (rincalzatura, concimazione di copertura, ecc.);
- possibilità di ottenere vantaggi agronomici correlati all'intervento meccanico (riduzione dell'evaporazione, arieggiamento degli strati superficiali del terreno, ecc.).

Nelle colture ortive seminate in estate, caratterizzate da portamento assurgente, emergenza lenta e scarsa competitività con le infestanti (es. finocchio), la sarchiatura deve essere effettuata preferibilmente nel periodo compreso tra 20 e 30 giorni dopo la semina. Un ritardo dell'intervento comporta una riduzione ed uno scadimento qualitativo delle produzioni (Tabella 7).

Tabella 7. Influenza del ritardo della sarchiatura su alcune caratteristiche del finocchio (da Bianco, 1990)

| Caratteristiche dei grumuli | Sarchiatura eseguita dopo la semina (giorni) | |
|------------------------------------|---|-----|
| | 30 | 60 |
| Produzione commerciabile (t/ha) | 37 | 20 |
| Scarto (% della produzione totale) | 4 | 12 |
| Peso medio (g) | 503 | 414 |
| Spessore (cm) | 8,0 | 7,4 |
| Tempo medio di raccolta (d) | 17 | 28 |
| Foglie residue (t/ha) | 28 | 22 |

Analogamente alla erpicatura, l'efficacia erbicida della sarchiatura risulta essere piuttosto variabile. In prove condotte utilizzando una sarchiatrice con organi lavoranti a zappetta fissa a doppio tagliente larga 35 cm, è stata registrata una mortalità delle infestanti del 94% (Terpstra e Kouwenhoven, 1981). In corrispondenza del passaggio dell'organo lavorante, il 57% delle piante presenti prima del trattamento è stato eliminato per ricoprimento con il terreno smosso e oltre il 30% per sradicamento e disseccamento in superficie (Figura 11).

Le macchine utilizzate per la sarchiatura sono essenzialmente di due tipi: ad organi operativi fissi o rotanti. Nella prima categoria, la modalità d'azione prevalente (taglio, estirpazione, ricoprimento) varia in relazione alla forma dell'organo lavorante (lama orizzontale, dente elastico, dente fisso, vangheggia, ecc.) e alla morfologia delle piante, mentre nella seconda, che prevede il rimescolamento parziale dello strato superficiale del suolo, prevale l'azione di ricoprimento e trinciatura.

Il limite principale di tale tecnica consiste nella ridotta capacità di contenere l'infestazione presente sulla fila. In questa zona, infatti, le malerbe non sono interessate direttamente dagli organi lavoranti e la loro crescita viene solo parzialmente limitata dal terreno smosso che può giungere sulla fila. Sebbene siano disponibili sarchiatrici a denti gommati specificatamente progettate per operare sulla fila di colture sufficientemente resistenti all'azione meccanica, il danno provocato alla coltura generalmente non viene compensato dalla eliminazione delle malerbe (Bàrberi, 1997).

La sarchiatura raggiunge elevati livelli di efficacia, quando è abbinata alla rincalzatura (Vecchio *et al.*, 1993), anche nei confronti delle infestanti presenti sulla fila, a patto che l'intervento risulti sufficientemente precoce da permettere il ricoprimento delle malerbe.

La disposizione delle colture a file distanziate può permettere una buona integrazione fra la sarchiatura dell'interfila e il diserbo chimico della fila (Shaw, 1982; Balsari *et al.*, 1989; Covarelli, 1989; Rapparini *et al.*, 1998). Grazie a questa tecnica è possibile ridurre di oltre il 65% l'impiego di prodotto chimico. La combinazione del diserbo chimico sulla fila con quello meccanico nell'interfila presenta, però, limitazioni applicative nei terreni pesanti, nei quali periodi prolungati di piogge possono compromettere la necessaria tempestività delle operazioni di sarchiatura.

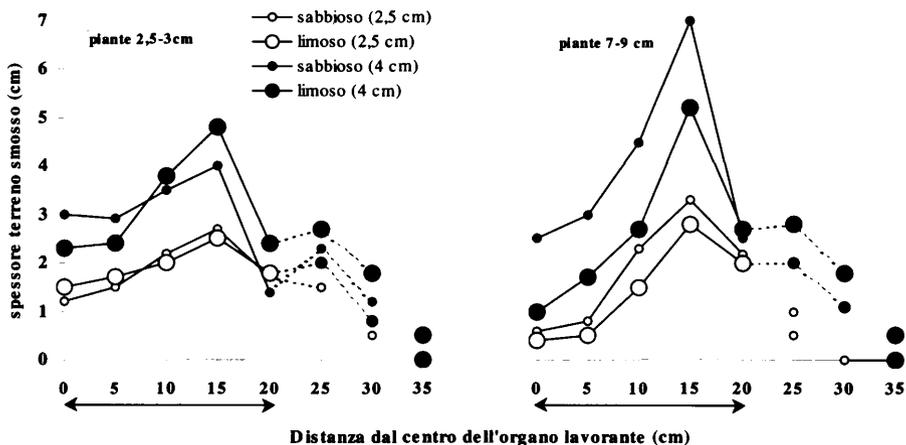


Figura 11. Efficacia della sarchiatura. Spostamento trasversale del terreno smosso, in relazione all'altezza della pianta (2,5-3 e 7-9 cm), al tipo di terreno (sabbioso e limoso), alla profondità di lavorazione (2,5 e 4 cm) e alla distanza dall'organo lavorante; \longleftrightarrow larghezza dell'organo lavorante; — efficacia su tutte le infestanti; - - - - - efficacia sulle annuali a radice non fittonante; nessuna efficacia. (Da Terpstra e Kouwenhoven, 1981).

Spazzolatura

La spazzolatura è una tecnica di controllo delle infestanti relativamente recente che si basa su un concetto completamente nuovo (Lampkin, 1992). Le infestanti vengono estirpate per mezzo di spazzole in polipropilene mosse dalla presa di potenza della trattrice e rotanti attorno a un asse verticale od orizzontale (Figura 12). Diversamente da quanto accade con l'erpicazione o la sarchiatura, nel caso della spazzolatura il terreno viene smosso solo parzialmente e superficialmente, riducendo il rischio di stimolare l'emergenza di nuove infestanti. Il tipo di azione esercitato sulle piante richiede che la spazzolatura, per essere efficace, debba essere realizzata su infestanti ai primi stadi di sviluppo e che la velocità di avanzamento non sia troppo elevata per evitare la eccessiva polverizzazione del suolo. In particolare, la velocità assoluta della spazzola (derivante dalla combinazione fra la velocità periferica della spazzola con quella di avanzamento) e la velocità di avanzamento della macchina sono strettamente correlate con la profondità di lavorazione e con il grado di "polverizzazione". Considerando una velocità assoluta della spazzola costante e pari a $1,5 \text{ m s}^{-1}$, e modificando la velocità di avanzamento da 5 km h^{-1} a circa 1 km h^{-1} , la profondità di lavorazione aumenta progressivamente da 1 cm fino a 5 cm circa (Weber e Mejer, 1993).

Le spazzolatrici ad asse orizzontale sono in grado di operare solo nell'interfila, mentre quelle ad asse verticale permettono un certo grado di controllo anche sulla fila.

Con queste macchine è possibile regolare gli organi lavoranti in modo che questi possano avvicinarsi alle piante coltivate senza correre il rischio di danneggiarne l'apparato radicale (Vester e Rasmussen, 1989), in quanto le spazzole non determinano la fessurazione del suolo e possono essere opportunamente schermate.

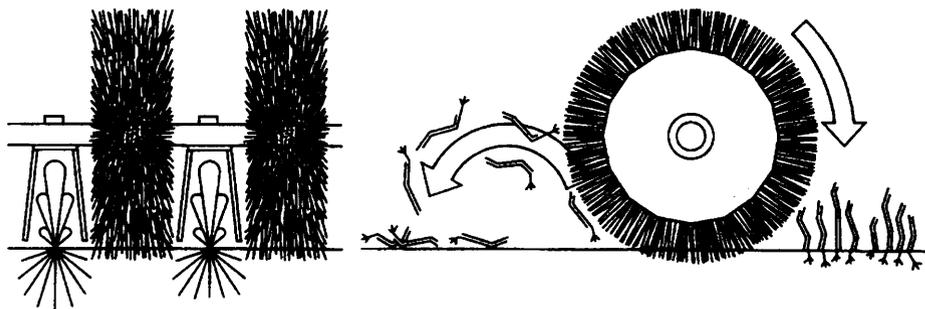


Figura 12. Schema di una spazzolatrice ad asse orizzontale.

Tra gli aspetti negativi della spazzolatura, si ricordano la scarsa efficacia sulle infestanti negli stadi fenologici avanzati e la limitata capacità operativa delle macchine attualmente disponibili ($0,3-0,5 \text{ ha h}^{-1}$). Regolando opportunamente le velocità di avanzamento e di rotazione delle spazzole si può ottenere una polverizzazione dello strato superficiale del suolo inferiore a quella ottenuta con alcune sarchiatrici, limitando così i rischi di erosione.

Sfalcio

Lo sfalcio trova applicazione limitatamente a colture poliennali quali il carciofo e l'asparago. In queste colture, l'intervento può venire praticato nell'interfila per impedire la disseminazione delle specie annuali e contenere la vegetazione di quelle perennanti. Nell'asparago tale intervento è utilizzabile anche a fine estate, in pieno campo, per l'eliminazione della vegetazione senescente della coltura e di quella delle infestanti presenti.

Controllo delle malerbe con interventi fisici

Pacciamatura

La pacciamatura è una tecnica di coltivazione basata sul ricoprimento parziale o totale della superficie del terreno interessata da una coltura. La presenza di uno strato di materiale più o meno opaco, è in grado di limitare la germinazione e lo sviluppo delle malerbe, oltre ad avere una serie di effetti sulle caratteristiche del terreno (temperatura, umidità e struttura), sulla microflora e sulla disponibilità di elementi nutritivi.

I prodotti impiegati sono molteplici e vengono distinti prevalentemente in base alla loro origine. I materiali di origine vegetale impiegati sono principalmente rappresentati da foglie, paglia, segatura, residui di patata, cortecce triturate, aghi di pino, cascami di cotone. Con l'impiego dei diserbanti, l'uso di questi materiali si è progressivamente ridotto, limitandosi ad alcune produzioni orticole particolari.

Nella moderna orticoltura, la pacciamatura viene per lo più effettuata ricorrendo a film plastici. Sebbene la natura di questi film possa essere diversa (polietilene, policloruro di vinile, tessuto di polipropilene, ecc.), in Italia l'Ente Nazionale Italiano di Unificazione (UNI) prevede che i mezzi tecnici qualificati come film per la pacciamatura delle colture debbano essere esclusivamente in polietilene a bassa densità (LDPE), distinguibili nei tipi nero, trasparente e fumé (norma UNI 9738). Secondo tale norma, analogamente a quanto previsto per i film e le lastre per la copertura delle serre, a fine esercizio i film per la pacciamatura devono possedere ancora il 50% delle caratteristiche meccaniche iniziali, al fine di consentire la loro completa raccolta per il riciclo o l'incenerimento (Pacini, 1997).

L'azione svolta dal film pacciamante nel contenimento dello sviluppo delle malerbe è inversamente correlata con la sua trasmittanza alla radiazione solare. I migliori risultati vengono infatti ottenuti con film nero, il quale è in grado di impedire il passaggio di quasi tutte le radiazioni visibili. Il colore e il materiale della copertura, inoltre, influenza notevolmente la temperatura della superficie esterna della copertura stessa e degli strati di suolo sottostanti (Tabella 8).

I film neri, assorbendo buona parte delle radiazioni ultraviolette, visibili e infrarosse aumentano anche considerevolmente la loro temperatura. Una parte del calore assorbito viene ceduto all'aria (per irraggiamento e convezione), ma è soprattutto il suolo, per la sua maggiore conduttività termica, a ricevere per conduzione gran parte di questa energia. A parità di irraggiamento, pertanto, il riscaldamento del suolo al di sotto di una copertura in film nero è tanto maggiore quanto più elevata è la superficie del film a contatto con il suolo stesso. L'aumento di temperatura rispetto al suolo nudo durante il giorno può variare fra 2,8 e 3,2 °C a 5 cm di profondità e fra 1,7 e 2,9 a 10 cm (Lamont, 1993; Marucci e Boccia, 1997).

Tabella 8. Effetto di diversi materiali pacciamanti sulla temperatura del suolo, misurata a 10 cm di profondità (da Monks *et al.*, 1997). I dati si riferiscono a una prova condotta su pomodoro in pieno campo e rappresentano il numero totale di ore nelle quali il suolo ha raggiunto le temperature indicate.

| Tipo di copertura | Spessore (cm) | Temperatura suolo (°C) | | | |
|--------------------|---------------|------------------------|-------|-------|-----|
| | | 16-21 | 21-26 | 27-32 | >32 |
| Suolo nudo | - | 214 | 1080 | 457 | 117 |
| Carta sfilacciata | 2.5 | 255 | 1504 | 109 | 0 |
| Carta sfilacciata | 7.6 | 308 | 1512 | 48 | 0 |
| Carta sfilacciata | 12.7 | 328 | 1534 | 6 | 0 |
| Carta sfilacciata | 17.8 | 272 | 1566 | 29 | 0 |
| Carta tagliata | 2.5 | 286 | 1577 | 5 | 0 |
| Carta tagliata | 7.6 | 294 | 1558 | 16 | 0 |
| Paglia di frumento | 15.2 | 175 | 1671 | 22 | 0 |
| PE nero film | - | 54 | 1169 | 586 | 59 |
| PE nero tessuto | - | 163 | 1179 | 490 | 36 |
| aria | - | 637 | 720 | 414 | 97 |

A differenza dei film neri, quelli trasparenti sono in grado di trattenere solo una parte della radiazione (5-15%). Lo strato di gocce d'acqua dovuto alla condensazione sulla faccia a contatto con il suolo, inoltre, è pressoché trasparente alla radiazione incidente a corta lunghezza d'onda, ma è opaca alla radiazione ad onda lunga riemessa da suolo. Per questa ragione, le temperature registrate al di sotto di tali film possono essere superiori a quelle raggiunte sotto altri tipi di coperture.

Vengono inoltre prodotti film coestrusi bianchi e neri, da disporre in campo con lo strato nero rivolto verso il suolo, con i quali il limitato incremento della temperatura del suolo (a volte una riduzione) che si ottiene può essere favorevole in periodi ad alto irraggiamento. Sono stati messi a punto anche film colorati (blu-verdi, rosso-bruni), detti opaco-termici che combinano i vantaggi dei materiali opachi (effetto erbicida) e di quelli trasparenti, lasciando solo filtrare la radiazione infrarossa (Pacini e Popoli, 1976; Guariento, 1976).

Per usi particolari, esistono inoltre film in grado di riflettere radiazioni di specifica lunghezza d'onda. Alcune piante (come ad esempio il pomodoro) manifestano variazioni significative di taglia, numero e lunghezza delle ramificazioni quando sottoposte a piccole modificazioni dello spettro (Decoteau *et al.*, 1988; Decoteau *et al.*, 1989). Infine, film pacciamanti riflettenti (bianchi o

argentati) possono avere un effetto attrattivo o repulsivo nei confronti di fitomizi e altri artropodi (Brown e Brown, 1992).

Il grado di efficacia sulle infestanti dipende notevolmente dalle loro caratteristiche morfologiche. La presenza di formazioni pungenti o taglienti, infatti, consente a *Cyperus rotundus*, *Elymus repens*, *Digitaria sanguinalis* e a *Cynodon dactylon* (Appleton e Derr, 1990) di perforare sia i film di polietilene sia i tessuti di polipropilene.

La pacciamatura è altresì in grado di influenzare in maniera significativa le perdite di acqua per evaporazione, la struttura del terreno e l'attività della microflora. La riduzione delle perdite di acqua per evaporazione, in abbinamento all'irrigazione a goccia, permette risparmi di acqua di irrigazione anche dell'ordine del 45% (Clough *et al.*, 1987). Il terreno pacciamato con film plastico subisce una compattazione inferiore, permettendo un migliore sviluppo dell'apparato radicale della coltura e favorendo l'attività della microflora (Hankin *et al.*, 1982; Poling, 1993).

I materiali per pacciamatura di origine vegetale presentano generalmente una inferiore efficacia nel controllo delle infestanti, anche se per alcuni materiali (es. aghi di pino) non sono state osservate differenze significative rispetto alla copertura con LDPE nero (Carter e Johnson, 1988).

Sono stati prodotti film in LDPE fotodegradabili, soggetti cioè a rapida depolimerizzazione dopo un periodo di induzione a causa della liberazione di un catalizzatore metallico a partire da un sale la cui parte organica ha inizialmente funzione di additivo di protezione (Fabbri, 1988). Poiché la degradazione viene direttamente determinata dalla azione combinata di radiazione UV, calore, ossigeno e umidità, le porzioni di film interrate (o comunque non esposte) subiscono una ridotta depolimerizzazione e con le lavorazioni del terreno solo una piccola parte dei frammenti viene riportata in superficie. Questo inconveniente, unitamente agli elevati costi e ad altre conseguenze della disgregazione fisica del film (es. dispersione nell'ambiente dei frammenti ad opera del vento), ha fatto sì che tale materiale, nonostante sia presente nel nostro paese da almeno 10 anni, non abbia avuto grande diffusione.

Tra i materiali non plastici prodotti specificatamente per la pacciamatura, un certo interesse rivestono i fogli di composti cellulosici che possono essere incorporati al terreno a fine campagna. In esperienze condotte nel Regno Unito, tale tipo di copertura ha determinato un efficiente controllo delle infestanti dello zucchini per oltre 14 settimane, con l'unico inconveniente di provocare, rispetto al film in LDPE nero, un più lento riscaldamento primaverile del terreno (Runham e Town, 1998).

Solarizzazione

La solarizzazione è una tecnica di trattamento termico del terreno che sfrutta l'energia solare. Nella definizione di Stapleton e De Vay (1986), per solarizzazione si deve intendere l'insieme dei fenomeni connessi con le variazioni termiche, chimiche e biologiche che si verificano nel suolo a seguito dell'irraggiamento solare. Sebbene ideata in origine con l'intento di controllare malattie fungine trasmesse dal terreno (Elmore, 1989), molto presto è stata osservata una buona efficacia anche nei confronti di altri organismi del suolo, in particolare nematodi e piante infestanti.

Inizialmente applicato a livello sperimentale oltre 50 anni fa (Abu-Irmaileh, 1991), ha trovato una pratica applicazione solo verso gli anni '70 in Israele, in California ed in altre regioni a clima tropicale o subtropicale. Nei paesi a clima mediterraneo la solarizzazione è stata introdotta circa un decennio dopo e ancor oggi è praticata ad un livello piuttosto limitato. In questi ambienti, sono stati ottenuti buoni risultati particolarmente nei terreni umidi (Abu-Irmaileh, 1991; Vizantinopoulos e Katranis, 1993). La sperimentazione condotta in Italia ha confermato la validità della tecnica sia in ambiente protetto sia in pieno campo (Cartia, 1989; Materazzi *et al.*, 1987; Garibaldi *et al.*, 1989; Garibaldi e Gullino, 1991; Barone, 1992).

La tecnica consiste nel ricoprire il terreno con film plastico trasparente durante il periodo estivo per una durata variabile da 3-4 settimane (Vizantinopoulos e Katranis, 1993) fino a oltre 3 mesi (Stevens *et al.*, 1990). Durante questo periodo, la temperatura del terreno, assume un andamento periodico con una fase di riscaldamento dalle 6 alle 14 corrispondente all'aumento della radiazione solare e della temperatura dell'aria, seguito da una fase di graduale raffreddamento nelle successive 16 ore. L'ampiezza delle variazioni termiche si riduce progressivamente lungo il profilo del terreno, fino a diventare irrilevante oltre i 40 cm di profondità.

Rispetto al terreno nudo, in pieno campo la presenza del film determina un aumento della temperatura nei diversi strati e in particolare in quelli superficiali (nei primi 10 cm), compreso fra 10-12 °C (Garibaldi e Gullino, 1991; Vizantinopoulos e Katranis, 1993) e oltre 20 °C (Jaffrin *et al.*, 1989). In queste condizioni si possono raggiungere temperature massime anche superiori a 40 °C (Barone, 1992). La solarizzazione è applicabile con ottimi risultati anche in ambiente protetto. In particolare, a causa delle alte temperature che vengono raggiunte durante il periodo estivo, essa viene consigliata in tunnel con copertura ormai prossima alla fine della sua durata tecnica. In realtà, le caratteristiche del film di copertura possono avere un effetto notevole sulle temperature raggiunte dal suolo. In prove condotte in Italia centrale, infatti, utilizzando lo stesso film per la solarizzazione, sono state registrate temperature massime (a 5 cm di profondità) di circa 10 °C superiori in tunnel coperti con EVA rispetto a tunnel coperti con PE (Marucci e Boccia, 1997, Figura 13).

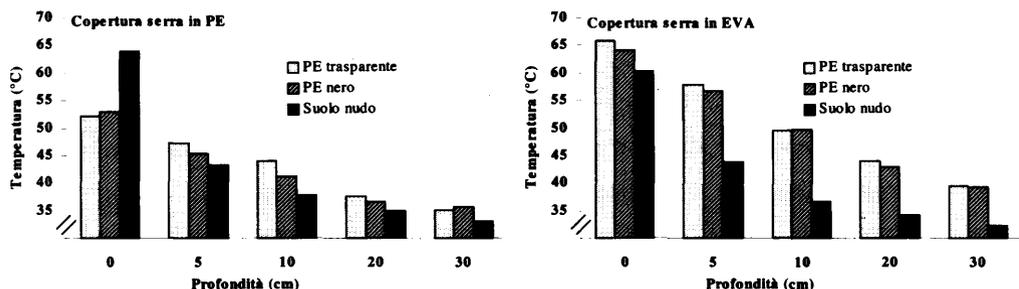


Figura 13. Solarizzazione in tunnel: temperatura media massima registrata a diverse profondità, in relazione al tipo di copertura del tunnel e al materiale impiegato per ricoprire il terreno (da Marucci e Boccia, 1997, rielaborato).

Al fine di ottenere un efficace contenimento delle malerbe, non sembra avere notevole importanza la temperatura massima, quanto piuttosto il totale di ore con temperature al di sopra di una soglia critica. Livelli termici di 40 °C per 50 ore o di 45 °C per 24 ore o ancora di 50 °C per 12 ore sono da considerarsi sufficienti per il controllo del 90% di *Phalaris paradoxa* L., *Bromus japonicus* L., *Avena byzantina* L., *Helianthus annuus* L. (Vizantinopoulos e Katranis, 1993). Va tuttavia osservato che in alcuni casi il raggiungimento di una quantità di calore subletale può portare ad un incremento di germinazione di molte specie di malerbe.

Tabella 9. Malerbe suscettibili o moderatamente suscettibili alla solarizzazione (da Elmore, 1989).

| Invernali | Estive | Perennanti |
|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| <i>Anagallis coerulea</i> | <i>Abutilon theophrasti</i> | <i>Convolvulus arvensis</i> |
| <i>Avena fatua</i> | <i>Amaranthus</i> spp. | <i>Cynodon dactylon</i> |
| <i>Capsella bursa-pastoris</i> | <i>Chenopodium</i> spp. | <i>Equisetum</i> spp. |
| <i>Hordeum leporinum</i> | <i>Cyperus</i> spp. | <i>Plantago</i> spp. |
| <i>Lactuca scariola</i> | <i>Datura stramonium</i> | <i>Sorghum halepense</i> |
| <i>Lamium applexicaule</i> | <i>Digitaria sanguinalis</i> | |
| <i>Mercurialis annua</i> | <i>Echinochloa crus-galli</i> | |
| <i>Phalaris brachystachys</i> | <i>Eleusine indica</i> | |
| <i>Phalaris paradoxa</i> | <i>Orobanche</i> spp. | |
| <i>Raphanus raphanistrum</i> | <i>Polygonum persicaria</i> | |
| <i>Senecio vulgaris</i> | <i>Portulaca oleracea</i> | |
| <i>Sinapis arvensis</i> | <i>Setaria glauca</i> | |
| <i>Sonchus oleraceus</i> | <i>Solanum nigrum</i> | |
| <i>Stellaria media</i> | | |
| <i>Urtica urens</i> | | |

Il livello di efficacia nei confronti delle infestanti varia in funzione della specie (Tabella 9), della tessitura e dell'umidità del suolo, dell'epoca e della durata del periodo di solarizzazione. In

generale, vengono indicati valori medi di efficacia (sulle specie sensibili) variabili da 65% (Vizantinopoulos e Katranis, 1993) a oltre il 90% (Stevens *et al.*, 1990).

In pratiche condizioni operative con livelli termici analoghi a quelli del nostro Paese sono, dalla bibliografia, risultati resistenti alla solarizzazione *Cyperus rotundus*, *Digitaria sanguinalis*, *Malva* spp. e *Conyza* spp.

Per ottenere un buon grado di efficacia con questa tecnica è necessario che il terreno sia sufficientemente umido all'inizio della copertura (Sauerborn *et al.*, 1989). E' altresì necessario che la pacciamatura solarizzante sia mantenuta per almeno un mese in assenza di coltura nella stagione più calda dell'anno quando possono venire garantiti i livelli termici richiesti.

Piroliserbo

E' una tecnica di lotta fisica alle malerbe basata sull'impiego controllato del calore. Il piroliserbo comprende sia gli interventi con il calore prodotto dal fuoco (cui si riferisce l'etimologia del termine) sia quelli in cui l'effetto termico è prodotto da generatori elettromagnetici ed elettrici. L'efficacia di questo mezzo fisico di lotta è legata alla distruzione delle membrane cellulari e alla coagulazione delle proteine determinati dalle temperature superiori ai 50-70°C all'interno delle cellule vegetali.

Le prime notizie sull'applicazione controllata del fuoco per il controllo delle infestanti risalgono alle esperienze nord americane del 1852, tuttavia lo sviluppo applicativo di questa tecnica si è avuto solo un secolo più tardi, a seguito della messa a punto di attrezzature affidabili, in grado di utilizzare gas di petrolio liquefatti (GPL) (Pellizzi, 1964; Garcea e Vecchio, 1986; Covarelli, 1989).

In Italia le prime applicazioni di questa tecnica di lotta alle malerbe sono iniziate solo negli anni '70, utilizzando inizialmente attrezzature di importazione americana e successivamente macchine di costruzione tedesca e nazionale. Fino ad oggi il piroliserbo ha avuto una limitata diffusione, principalmente a causa degli elevati costi di esercizio in rapporto a quelli dei prodotti chimici, nonostante abbia fornito buone prestazioni nelle applicazioni su mais, girasole, in frutticoltura e in orticoltura (Casini *et al.* 1992; Calamai e Martini, 1994; Balsari *et al.*, 1994).

E' prevedibile che la lotta termica possa avere buone prospettive di sviluppo applicativo soprattutto in quest'ultimo settore agricolo, a causa delle crescenti preoccupazioni legate all'impiego di prodotti di sintesi.

La lotta termica alle malerbe può venire realizzata con diversi mezzi operativi, molti dei quali ancora nelle prime fasi sperimentali:

- raggi termici;
- vapore;

- microonde;
- scariche elettriche;

Raggi termici

Rappresentano i mezzi fisici più adottati per l'applicazione del metodo di lotta basato sull'impiego del calore. Sono utilizzati con 2 tipi di apparecchiature: a fiamma diretta e a raggi infrarossi.

I sistemi a fiamma diretta sono dotati di ugelli caratterizzati da diversa tipologia costruttiva. Sono disponibili macchine dotate di bruciatori con più ugelli, in grado di generare una fiamma a ventaglio (tipo "Reinert") ed attrezzature che montano invece bruciatori cilindrici monougello. Le prime producono una fiamma dai contorni ben definiti e con temperatura uniforme, ma rischiano di spegnersi quando l'ugello si avvicina eccessivamente al terreno; le seconde hanno una fiamma più irregolare ma meno soggetta allo spegnimento, disponendo di una pre-miscelazione del gas con l'aria a mezzo di aperture praticate sul bruciatore. In entrambi i sistemi l'alimentazione avviene a seguito della decompressione del GPL contenuto in bombole in fase liquida. Il passaggio del propano dalla fase liquida a quella gassosa determina un forte abbassamento della temperatura (fino a -10°C) che tende a bloccare la fuoriuscita del gas. Per ovviare a questo inconveniente le attrezzature sono frequentemente dotate di un contenitore pieno d'acqua, riscaldata da un piccolo bruciatore, in cui vengono immerse le bombole del gas.

Le attrezzature impiegate per questi tipi di intervento possono avere dimensioni e capacità operative variabili: a spalla e a carriola (fronte di lavoro di 20-100 cm) e applicabili all'attacco a 3 punti della trattoria (fronte di lavoro di 200-420 cm). Con una pressione di erogazione del gas compresa tra 1,5 e 2 bar la velocità di avanzamento è compresa tra 0,4 e 0,8 m s^{-1} .

Nel sistema a raggi infrarossi la fiamma riscalda una piastra irradiante che trasmette il calore per irraggiamento (Figura 14). Questo mezzo fisico presenta una serie di vantaggi rispetto ai dispositivi a fiamma diretta rappresentati principalmente dai consumi più contenuti, dalla limitata influenza del vento e dal ridotto rischio di provocare incendi. Esso ha però l'inconveniente di essere condizionato nella sua efficacia dalle basse velocità di avanzamento (10 volte inferiori a quelle del sistema a fiamma diretta) e di adattarsi male alle applicazioni sui terreni con superfici non uniformi, per la rigidità del telaio. Il sistema a raggi infrarossi ha avuto una discreta diffusione in Germania e nei paesi dell'Europa settentrionale per il diserbo delle aree urbane e ricreative.

Entrambi i sistemi hanno un'azione termica di breve durata con un conseguente riscaldamento del terreno limitato alla superficie. Alle basse velocità di avanzamento ($0,4 \text{ m s}^{-1}$), sul terreno si registrano temperature massime istantanee di 300°C , per frazioni di secondo, mentre a soli 5 mm di profondità si determinano livelli termici non superiori a $40-50^{\circ}\text{C}$ (Balsari *et al.*, 1994).

In tali condizioni gli effetti collaterali sulla flora e sulla fauna del terreno sono da considerarsi di scarso rilievo.

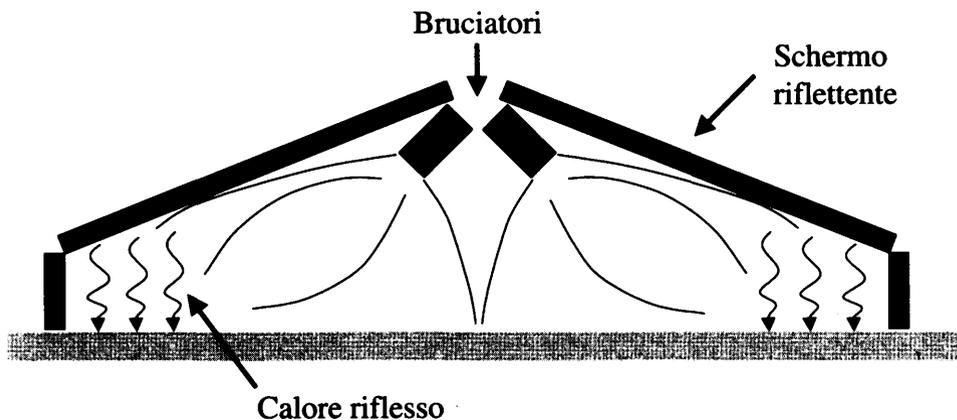


Figura 14. Schema di apparecchiatura a raggi infrarossi.

I metodi di lotta a raggi termici sono efficaci soprattutto sulle malerbe nei primi stadi di sviluppo. Le diverse specie, tuttavia, fanno rilevare un diverso grado di sensibilità al calore in relazione alle specifiche caratteristiche biologiche e morfologiche (presenza di strati protettivi, grado di succulenza nei tessuti, presenza o assenza di organi moltiplicativi sotterranei, ecc.) (Tabella 10); le dicotiledoni sono in genere più sensibili delle graminacee, a causa della minore protezione dell'apice vegetativo;

I trattamenti possono essere eseguiti in pre-semina o pre-trapianto, in pre-emergenza o in post-emergenza della coltura principale. In quest'ultimo caso la selettività può essere ottenuta con la schermatura, con l'opportuno orientamento dei raggi termici o sfruttando la limitata sensibilità delle specie coltivate al calore.

Tabella 10. Sensibilità di alcune infestanti al calore (da Ghesquiere)

| | |
|--------------------------------|-----------------------------|
| Stadio cotiledonare | Stadio 4-6 foglie |
| <i>Brassica napus</i> | <i>Chenopodium album</i> |
| <i>Polygonum aviculare</i> | <i>Erodium cicutarium</i> |
| <i>Sinapis arvensis</i> | <i>Fumaria officinalis</i> |
| <i>Viola arvensis</i> | <i>Galium aparine</i> |
| | <i>Geranium dissectum</i> |
| Stadio di 2-4 foglie | <i>Geranium molle</i> |
| <i>Capsella bursa-pastoris</i> | <i>Stellaria media</i> |
| <i>Chrysanthemum segetum</i> | <i>Urtica urens</i> |
| <i>Matricaria chamomilla</i> | |
| <i>Polygonum lapatifolium</i> | Specie resistenti al calore |
| <i>Polygonum persicaria</i> | <i>Cirsium arvense</i> |
| <i>Senecio vulgaris</i> | graminacee |
| <i>Solanum nigrum</i> | <i>Urtica dioica</i> |

Pre-semina, pre-trapianto della coltura

Si utilizza principalmente per il controllo delle malerbe con l'adozione della tecnica della falsa semina, in luogo della applicazione degli erbicidi non residuali ad azione totale (Glifosate e Glufosinate). L'intervento termico è più lento e oneroso di quello con i prodotti chimici.

In applicazioni realizzate a pieno campo, prima del trapianto della lattuga cappuccio con inerbimenti caratterizzati da una forte presenza di *Portulaca oleracea* il pirodiserbo ha fatto rilevare risultati produttivi simili a quelli ottenuti con il diserbo chimico (propyzamide) e superiori ad esso nel caso in cui il trattamento termico in pre-semina è stato combinato con la sarchiatura (Balsari *et al.*, 1994; Figura 15).

Pre-emergenza della coltura

Viene preferibilmente applicato in combinazione della falsa semina. Per contenere i costi il trattamento termico viene effettuato preferibilmente sulla fila di semina poco prima dell'emergenza della coltura e integrato da successivi interventi di sarchiatura nell'interfila.

I migliori risultati sono ottenuti nel caso di specie coltivate a germinazione relativamente lenta, quali carota, cipolla, prezzemolo, porro, sedano, fagiolino o bulbose ornamentali quali gladiolo e tulipano. In tal caso il trattamento dovrà essere il più possibile ritardato in relazione all'epoca di emergenza della coltura seminata.

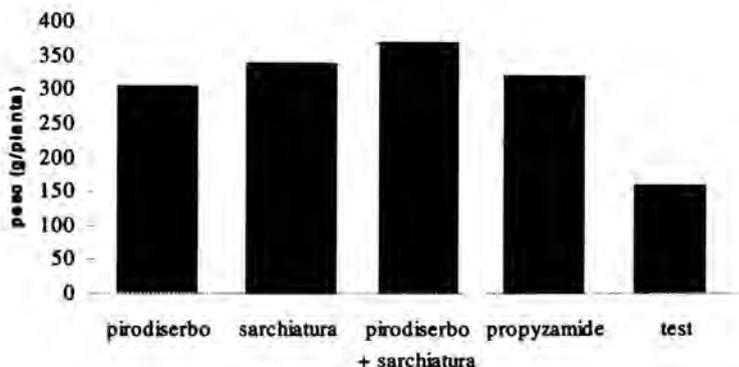


Figura 15 Produzioni della lattuga (espressa come peso pianta) ottenute con diverse tecniche di gestione degli inerbimenti (pirodiserbo effettuato prima del trapianto dopo la falsa semina. Da Balsari *et al.*, 1994).

Post-emergenza della coltura

Gli interventi di pirodiserbo possono venire effettuati o su specie tolleranti o con opportuni dispositivi schermanti che permettano di proteggere la coltura dall'azione del calore.

Interventi a contatto con la coltura

La tollerabilità al calore dipende dalle colture e dalle metodiche operative adottate. In genere le monocotiledoni hanno un maggior di resistenza al calore rispetto alle colture a foglia larga. La più elevata selettività si rileva nelle prime fasi vegetative (mais fino a 2-4 foglie, cipolla nello stadio di "frusta"); spesso sulle foglie delle piante compaiono dopo il trattamento delle leggere ustioni che non hanno normalmente riflessi negativi sulle produzioni.

Negli stadi di crescita più avanzati il pirodiserbo può essere realizzato con interventi localizzati sotto chioma sulla fila, regolando i bruciatori in modo da orientare i raggi termici al piede delle piante coltivate, evitando il più possibile il contatto della fiamma con esse.

I mezzi termici trovano impiego anche per la distruzione della vegetazione della patata da seme in pre-raccolta, per limitare le infezioni di peronospora ed agevolare le operazioni di raccolta. Per ridurre i consumi di combustibile l'intervento termico è frequentemente preceduto da una trinciatura della vegetazione o da una rullatura.

Interventi con schermi protettivi

Il calore è deviato nell'interfila della coltura mediante dispositivi di protezione del fogliame, comunemente di tipo ceramico. Per queste applicazioni sono preferite le apparecchiature a raggi infrarossi, in quanto presentano minori problemi di deriva termica, rispetto a quelli a fiamma libera.

L'impiego del pirodiserbo a pieno campo si è dimostrata una tecnica dispendiosa con consumi di gas di 60-80 kg ha⁻¹. Una notevole riduzione di combustibile (a 15-20 kg ha⁻¹) può essere ottenuta limitando l'intervento termico ad applicazioni sulla fila e controllando le malerbe nell'interfila con sarchiature.

Scariche elettriche

Il controllo delle malerbe con mezzi elettrici si basa sul ricorso ad attrezzature in grado di generare brevi scariche elettriche o di emettere in continuo la corrente elettrica.

Con il primo sistema, sperimentato alcuni anni fa in Russia viene generata corrente ad alta tensione (25 kV) a brevi impulsi della durata di 1 μ s ciascuno.

Il secondo metodo, sviluppato negli Stati Uniti e in Europa, dispone di un elettrodo che scarica la corrente elettrica durante tutto il tempo in cui esso è a contatto con la pianta infestante (Wilson e Anderson, 1981). Si tratta, in particolare, di un generatore (9-20 kV, 54 kW) montato sull'attacco a tre punti posteriore del trattore, azionato per mezzo della presa di potenza e collegato ad un insieme di elettrodi montati su di una barra posizionata anteriormente e regolabile in altezza.

In entrambi i sistemi, il controllo della vegetazione infestante avviene per immediato riscaldamento dei succhi cellulari dei tessuti colpiti dalla scarica elettrica.

Le applicazioni effettuate su barbabietola hanno dimostrato la necessità di effettuare almeno 3 interventi per ottenere un sufficiente controllo degli inerbimenti. Recentemente è stata sperimentata dalla Cemagref una attrezzatura per il diserbo elettrico denominata "ragno a sei zampe", totalmente automatizzata e destinata alle applicazioni in orticoltura. L'apparecchiatura dispone di una telecamera e di un mini-calcolatore in grado di rilevare la presenza delle malerbe e di comandare l'emissione della scarica elettrica di 15 kV, attraverso gli elettrodi applicati sui sei bracci del sistema.

Il diserbo con mezzi elettrici non ha ancora superato i confini della sperimentazione per i suoi numerosi limiti applicativi, principalmente legati all'elevato peso delle attrezzature, ai notevoli costi energetici richiesti e ai rischi per la sicurezza dell'operatore.

A fronte di tali limiti economici ed operativi va ricordato che tale tecnica non comporta tempi morti per il riempimento dell'attrezzatura, in quanto la sua autonomia risulta elevata e strettamente legata a quella della trattrice.

Microonde

Gli effetti dell'esposizione ad onde radio concentrate ad alta frequenza sui semi di infestanti sono conosciuti da tempo (Pice e Putnam, 1977). La devitalizzazione dei tessuti è da attribuirsi prevalentemente all'incremento di temperatura che si verifica nei liquidi cellulari durante l'esposizione e interessa non solo i semi delle infestanti, ma praticamente tutti gli organismi presenti nel terreno. La sensibilità dei semi è direttamente proporzionale al loro contenuto in acqua e il grado di efficacia varia in funzione della potenza impiegata e del tempo di esposizione (Moosman e Koch, 1988).

Le onde elettromagnetiche vengono prodotte utilizzando corrente elettrica ottenuta da generatori ad alta tensione (58 kV) azionati dalla presa di potenza della trattrice.

Sebbene la profondità raggiunta dalle microonde nel terreno sia all'incirca pari a quella della lunghezza d'onda (circa 12 cm), lo strato di suolo nel quale i semi vengono devitalizzati non supera i 4-5 cm.

Oltre che per la disinfezione dei letti di semina, le microonde possono essere impiegate per la distruzione delle plantule emerse, ma in questo caso la richiesta energetica aumenta considerevolmente.

La tessitura, l'umidità e la temperatura del suolo, sono considerati punti critici per la riuscita del trattamento. Scarsa efficacia è stata infatti dimostrata con temperature del suolo inferiori a 10 °C e in presenza di elevati livelli di umidità nello strato superficiale (Patay e Lonne, 1981).

I vantaggi dell'impiego delle microonde sono rappresentati soprattutto dalla mancanza di effetto residuo e dalla possibilità di controllare anche patogeni fungini. Per contro, a causa dell'alto costo energetico (100-180 kJ kg⁻¹ suolo) e dei rischi connessi alla dispersione di onde elettromagnetiche durante il trattamento, la sperimentazione in questo settore non è particolarmente attiva e le attrezzature impiegabili sono ancora allo stadio di prototipo.

Vapore acqueo

Il vapore acqueo agisce provocando il riscaldamento dei succhi cellulari e la coagulazione delle proteine. Si determina in tal modo un rapido disseccamento dei tessuti vegetali e la devitalizzazione dei semi colpiti. Il getto di vapore acqueo è generato da una attrezzatura caratterizzata spesso da notevoli dimensioni e da limitata autonomia operativa. Questo sistema è attualmente principalmente utilizzato per la geosterilizzazione delle serre.

Criodiserbo

E' un metodo di controllo della vegetazione infestante basato sull'utilizzo delle basse temperature. A tal scopo, si ricorre all'azoto liquido, che a pressione atmosferica raggiunge temperature di $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$. Queste temperature provocano la distruzione meccanica della membrana cellulare a seguito della formazione di cristalli di ghiaccio nel protoplasma (Sakai e Larcher, 1987). Analogamente al pirodiserbo, l'efficacia di questa tecnica di lotta è molto condizionata dal tipo e dallo stadio di sviluppo delle infestanti presenti; i migliori risultati sono conseguibili intervenendo sulle piante nelle prime fasi vegetative (Fergedal, 1993).

L'azione del criodiserbo si evidenzia particolarmente nella parte basale della vegetazione, in quanto il gas freddo tende a rimanere in prossimità del terreno. Questa tecnica di controllo delle malerbe, attualmente ancora nella fase sperimentale e prevalentemente destinata ad applicazioni in assenza delle colture ha dimostrato di richiedere elevati consumi energetici, con dei costi attualmente non competitivi con altri tipi di lotta.

Conclusioni

I mezzi non chimici rappresentano, ancora oggi, un'importante componente dei sistemi di controllo degli inerbimenti nelle colture orticole. Essi costituiscono, in particolare, lo strumento indispensabile per la gestione delle malerbe nei programmi di produzione integrata, sostenibile e biologica.

La validità del controllo delle malerbe con i mezzi non chimici è strettamente legata ad una elevata professionalità dell'operatore agricolo, poiché dipende più dalla ragionata applicazione degli interventi agronomici previsti nel ciclo culturale che non dal risultato di una specifica azione di controllo. Il buon risultato degli interventi con questi strumenti è inoltre subordinato ad una elevata conoscenza delle caratteristiche biologiche delle piante infestanti e delle prestazioni dei diversi strumenti a disposizione.

Alcune pratiche, come le rotazioni, le lavorazioni del terreno, la scelta della coltura, la concimazione e l'irrigazione consentono di regolare le infestazioni in modo preventivo, mentre altre come le erpicature, la sarchiatura, la pacciamatura e il pirodiserbo sono in grado di agire sulle malerbe già emerse. Gran parte di queste tecniche hanno antiche tradizioni applicative e in questi ultimi tempi hanno subito notevoli evoluzioni, grazie allo sviluppo tecnologico della meccanica agraria. Il tradizionale aratro, capace di realizzare solo il rovesciamento del terreno, è oggi spesso sostituito da macchine più complesse, adatte anche ad effettuare diverse operazioni in un unico

passaggio. La versatilità di queste macchine facilita notevolmente la differenziazione dell'intervento meccanico, permettendo ad esempio di effettuare lavorazioni profonde o superficiali a seconda della necessità di favorire la devitalizzazione o di migliorare l'emergenza delle piante infestanti.

Il fuoco, un tempo utilizzato in modo estensivo sui residui della vegetazione, viene attualmente applicato in modo controllato e spesso selettivo per le colture. La lotta alle malerbe con mezzi non chimici si avvale anche di attrezzature innovative come le spazzolatrici, i generatori di microonde o di scariche elettriche, per le quali sono ancora da risolvere molti problemi di carattere funzionale ed economico.

I mezzi meccanici e fisici di intervento in presenza della coltura consentono, in alcune situazioni, di eliminare le infestanti nel periodo in cui queste provocano il maggior danno, inserendosi adeguatamente nei programmi di lotta integrata basati sul concetto del periodo critico della competizione.

Il quadro di sintesi precedentemente esposto sulle caratteristiche dei mezzi non chimici di lotta alle malerbe può essere di aiuto nella scelta dei mezzi operativi applicabili nelle produzioni orticole integrate e soprattutto in quelle biologiche.

E prevedibile che alla diffusione di questi tipi di gestione agricola faccia riscontro una evoluzione dei mezzi meccanici, fisici e biologici complementari o alternativi al diserbo chimico, mediante la messa a punto di nuove tecnologie applicative a più contenuti costi operativi e ottimizzate sulla base delle conoscenze biologiche delle piante infestanti.

Bibliografia

- AA VV (1989) Cosa si intende per agricoltura alternativa. *Italia Verde* Ottobre 1989, 46-51.
- ABU-IRMAILEH BE (1991) Weed control in squash and tomato fields by solarization in the Jordan Valley. *Weed Research* **31**, 125-133.
- APPLETON BL e DERR JF (1990) Growth and root penetration by large crabgrass and bermudagrass through mulch and fabric barriers. *Journal of Environmental Horticulture* **8** (4), 197-199.
- ASCARD J (1994) Soil cultivation in darkness reduced weed emergence. *Acta Horti* **372**, 167-177.
- BALSARI P, BERRUTO R e FERRERO A (1994) Flame weed control in lettuce crop. *Acta Horticulturae* **372**, 213-222.
- BALSARI P, AIROLDI G, FERRERO A e MAGGIORE T (1989) Lotta integrata alle malerbe del mais. *L'Informatore Agrario* **45** (30), 61-73.

- BÀRBERI P (1997) Il controllo delle infestanti con mezzi non chimici. *L'Informatore Agrario* **53** (11), 25-32.
- BARONE L(1992) La solarizzazione in ambiente protetto ed in pieno campo: andamenti termici nel suolo. *L'Informatore Agrario* **48** (13), 101-103.
- BASKIN JM e BASKIN CC (1985) Seasonal changes in the germination responses on buried witchgrass (*Panicum capillare*) seeds. *Weed Science* **34**, 22-24.
- BASOCCU L e PIMPINI F (1996) Prodotti orticoli per il 2000. *Atti dell'Accademia dei Georgofili*. Vol. XLII, 543-560.
- BIANCO VV (1990) Finocchio. In: *Orticoltura*. Pàtron Editore, Bologna, pp 168-83.
- BLACK CCJR, CHEN TM e BROWN RH (1969) Biometrical basis for plant competition. *Weed Science* **17**, 338-344.
- BÖHRNSEN A (1993) Several years results about mechanical weeding in cereals. In: *Maitrise des adventices par voie non chimique* (ed Thomas JM), pp. 93-99.
- BOND W e BAKER PJ (1990) Patterns of weed emergence following soil cultivation and its implications for weed control in vegetable crops. *Proceedings of Symposium on "Crop protection in organic and low input agriculture"*, British Crop Protection Council **45**, 63-68.
- BØRRESEN T e NJØS A (1993) The effect of ploughing depth and seedbed preparation on crop yields, weed infestation and soil properties from 1940 to 1990 on a loam soil in south eastern Norway. *Soil & Tillage Research* **32**, 21-39.
- BOYDSTON RA (1995) Effect of tillage and herbicides on weed control and yield of asparagus (*Asparagus officinalis*) in the pacific Northwest. *Weed Technology* **9**, 768-772.
- BROWN SL e BROWN JE (1992) Effect of plastic mulch color and insecticides on thrips populations and damage to tomato. *Hort Technology* **2** (2), 208-211.
- BUHLER DD (1997) Effects of tillage and light environment on emergence of 13 annual weeds. *Weed Technology* **11**, 496-501.
- CALAMAI P e MARTINI A (1994) Tecnica del pirodiserbo per il controllo delle infestanti in coltura di cipolla e peperone. *L'Informatore Agrario* **50** (17), 87-92.
- CANTELE A e ZANIN G (1992) Effetto dell'avvicendamento, dell'irrigazione e della concimazione sulla composizione quali-quantitativa della flora potenziale. *Rivista di Agronomia* **4**, 470-481.
- CANTELE A, ZANIN G e ZUIN MC (1986) Semplificazione delle lavorazioni e flora reale e potenziale. *Rivista di Agronomia* **20**, 288-300.
- CARTER J e JOHNSON C (1988) Influence of different types of mulches on eggplant production. *Hort Science* **23** (1), 143-145.
- CARTIA G (1989) La solarizzazione del terreno: esperienze maturate in Sicilia. *Informatore Fitopatologico* **39**, 49.

- CASINI P, CALAMAI P e VECCHIO P (1992) Flaming for weed control in sunflower (*Helianthus annuus* L.): results of a four-year research. *Proceedings of the 13th International sunflower conference. Pisa Italy*, 64-73.
- CATIZONE P, ADE G, BALDONI G, TEI F, VICARI A, VIGGIANI P e ZANIN G (1991) L'innovazione nel diserbo del grano. *Atti Convegno SILM "Il controllo della vegetazione infestante il frumento"*, Rimini, 47-145.
- CLOUGH GH, LOCASCIO SJ e OLSON SM (1987) Continuous use of polyethylene mulched beds with overhead or drip irrigation for successive vegetable production. In: *Proceedings of 20th National Agriculture Plastics Congress*, 57-61.
- COVARELLI G (1989) Possibilità e limiti del controllo agronomico delle erbe infestanti. In: *Atti del Convegno SILM "Il diserbo delle colture agrarie: attualità e prospettive"*. Torino, 85-118.
- DECOTEAU DR, KASPERBAUER MJ, DANIELS DD e HUNT PG (1988) Plastic mulch color effects on reflected light and tomato plant growth. *Scientia Horticulturae* **34**, 169-175.
- DECOTEAU DR, KASPERBAUER MJ, e HUNT PG (1989) Mulch surface color affects yield of fresh-market tomatoes. *Journal of the American Society for Horticultural Science* **114** (2), 216-219.
- DI TOMASO JM (1995) Approaches for improving crop competitiveness through the manipulation of fertilisation strategies. *Weed Science* **43**, 491-497.
- DYER W (1995) Exploiting weed seed dormancy and germination requirements through agronomic practices. *Weed Science* **43**, 498-503.
- ELMORE CL (1989) Weed control by solarization. In: *Soil Solarization* (eds. Katan J & DeVay J.E.) Boca Raton, Florida, USA; CRC Press, pp. 61-72.
- ENTE SVILUPPO AGRICOLO VENETO (1989) Agricoltura e ambiente – Proposte per una agricoltura eco-compatibile. *Documenti di lavoro, agricoltura e ambiente*, pp.156.
- FABBRI A (1988) Pacciamatura con film fotodegradabile e irrigazione localizzata con ala gocciolante. *L'Informatore Agrario* **44** (40), 62-66.
- FAWCETT RS e SLIFE FW (1978) Effect of field applications of nitrates on weed seed germination and dormancy. *Weed Science* **26**, 594-596.
- FERGEDAL S (1993) Ograsbekampning genom fljtande kvave och kolsyresno – en jamforelse med flammning. *Department of Agricultural Engineering, Swedish University of Agricultural Sciences, Report*, 165.
- FERRERO A e BALSARI P (1995) Prospettive nel diserbo con mezzi fisici e meccanici. *La difesa delle piante* **18** (2), 70-88.
- GARCEA R e VECCHIO V (1986) Pirodiserbo: mezzo di lotta contro le malerbe nelle colture agrarie. *L'Informatore Agrario* **42** (50), 83-89.

- GARIBALDI A e GULLINO G (1991) Soil solarization in southern European countries, with emphasis on soilborne disease control of protected crops. In: *Soil Solarization* (eds. Katan J & DeVay J.E.) Boca Raton, Florida, USA; CRC Press, pp. 227-235.
- GARIBALDI A, BOZZANO G e LONGONI U (1989) Prime applicazioni nella pratica della solarizzazione nelle serre dell'albenghese. *L'Informatore Agrario* **45** (5), 61-72.
- GHESQUIERE P (1992) Désherbage mécanique et thermique. *CRABE Asbl, Jodoigne, Belgio. Dossier technique* **14/92**, pp. 81.
- GUARIENTO M (1976) La pacciamatura della vite. *Vignevini* **3** (9), 31-36.
- HANKIN L, HILL DE e STEPHENS GR (1982) Effects of mulches on bacterial population and enzyme activity in soil and vegetable yields. *Plant e Soil Science* **64**, 193-201.
- HARTMANN K (1990) Photobiologische Unkrautbekämpfung *Bioland* **6**, 15-21.
- JAFFRIN A, MAKHLOUF S, SCOTTO LA MASSESE C, BETTACHINI A e VOISIN R (1989) Effet de la mouillabilité d'un film polymère sur les températures et l'action nématocide obtenues en solarisation d'un sol de culture. *Agronomie* **9**, 729-741.
- KRESS W (1993) Maitrise des adventices avec herse-chaine ou la herse étrille. In: *Maitrise des adventices par voie non chimique* (ed Thomas JM), pp 79-82.
- LAMONT WJ JR (1993) Plastic mulches for the production of vegetable crops. *Hort Technology* **3** (1), 35-39.
- LAMPKIN N (1992) Weed management. In: *Organic farming* (ed Nicolas Lampkin), pp. 161-213. Farming Press Books, Wharfedal Road, Ipswich, United Kingdom.
- MALIK VS, SWANTON CJ e MICHAELS TE (1993) Interaction of white bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars, row spacing and seeding density with annual weeds. *Weed Science* **41**, 62-68.
- MARLAND A (1989) An overview of organic farming in the UK. *Outlook on Agriculture* **17** (1).
- MARUCCI A e BOCCIA L (1997) Tunnel coperti con film plastico: la solarizzazione del terreno. *Colture Protette* **53** (1), 69-74.
- MASIUNAS J, MC GIFFEN M, WILEN C, LANINI T, DERR J e KOLASANI G (1997) Integrated weed management in horticultural crops. In: *Weed management in horticultural crops*. ASHS Press, Milton E. Mc Giffen, Jr. Editor, 1-41.
- MATERAZZI A, INANDOLO R, TRIOLO E e VANNACCI G (1987) La solarizzazione del terreno. Un mezzo di lotta contro il marciume del colletto della lattuga. *L'Informatore Agrario* **48** (28), 97-99.
- MINOTTI PL (1977) Differential response of tomato and lambsquarter seedling to potassium level. *Journal of the American Society of Horticultural Science* **102**, 646-648.

- MONKS CD, MONKS DW, BASDEN T, SELDERS A, POLAND S e RAYBURN E (1997) Soil temperature, soil moisture, weed control and tomato (*Lycopersicon esculentum*) response to mulching. *Weed Technology* **11**, 561-566.
- MOOSMANN A e KOCH W (1988) Soil disinfection by microwaves with special reference to weed control. In: *Weed control in vegetable production. Proceedings of a meeting of the EC Experts' Group, Stuttgart, 28-31 October 1986*. pp. 187-93. Balkema AA, Rotterdam, Netherlands.
- PACINI L (1997) I materiali in plastica certificati nel vivaismo orticolo. *L'Informatore Agrario* **53** (48), 47-50.
- PACINI L e POPOLI A (1976) Meccanizzazione integrale e pacciamatura. *L'Informatore Agrario* **32** (15), 22453-22455.
- PATAY L e LONNE J (1981) Desherbage et disinfection des sols par localisation d'energie micro-ondes. In: *Compte rendu de la 11e Conference du COLUMA*. Tome 1, pp. 31-39.
- PEARCY RW, TUMOSA N e WILLIAMS K (1989) Relationship between growth, photosynthesis and competitive interaction for C₃ and C₄ plant. *Oecologia* **48**, 371-376.
- PELLIZZI G (1964) La pratica del diserbo a mezzo del fuoco su colture erbacee seminate a file. *Macchine e Motori Agricoli* **4**.
- PHATAK SC (1992) An integrated sustainable vegetable production system. *Hort Science* **27** (7), 738-741.
- PICE RP e PUTNAM AR (1977) Some factors which influence the toxicity of the UHF energy to weed seeds. *Weed Science* **25**, 179-183.
- POLING EB (1993) Strawberry plasticulture in North Carolina: II. Prplant, planting, and postplant considerations for growing 'Chandler' strawberry on black plastic mulch. *Hort Technology* **3** (4), 383-393.
- PRATESI CA (1985) Agricoltura biologica: un modo di produrre rispettoso dell'ambiente. *Agricoltura* **154**, 17-32.
- PUTNAM AR (1990) Vegetable weed control with minimal herbicide inputs. *Hort Science* **25** (2), 155-159.
- QASEM JR (1992) Nutrient accumulation by weeds and their associated vegetable crops. *Journal Horticultural Science* **67**, 189-195.
- QASEM JR (1993) Root growth, development and nutrient uptake of tomato (*Lycopersicum esculentum*) and *Chenopodium album*. *Weed Research* **33**, 35-42.
- RAPPARINI G, CAMPAGNA G e TALLEVI G (1998) Aggiornamenti sul diserbo chimico della patata. *L'Informatore Agrario* **54** (6), 71-82.
- RASMUSSEN J (1991) A model for prediction of yield response in weed harrowing. *Weed Research* **31**, 401-408.

- RASMUSSEN J (1993a) The influence of harrowing used for post-emergence weed control on the interference between crop and weeds. In: *Proceedings of 8th EWRS Symposium "Quantitative approaches in weed and herbicide research and their practical application"*, Braunschweig, 209-218.
- RASMUSSEN J (1993b) Yield response models for mechanical weed control by harrowing at early growth stages in peas (*Pisum sativum* L.). *Weed Research* **33**, 231-240.
- RASMUSSEN J (1996) Mechanical weed management. In: *Proceedings of Second International Weed Control Congress, Copenhagen*, 943-948.
- ROBERTS EH (1981) The interaction of environmental factors controlling loss of dormancy in seeds. *Annals Applied Biology* **98**, 552-555.
- RUNHAM S e TOWN J (1998) Evaluation of a paper mulch for weed control in vegetables over three seasons. In: *Abstracts of XXV International Horticultural Congress (IHC), Brussels, 1998*. 22.
- SAKAI A e LARCHER W (1987) Frost survival of plants. Responses and adaptations to freezing stress. *Ecological studies* **62**, 28-31.
- SAUERBORN J, LINKE KH, SAXENA MC e KOCH W (1989) Solarization: a physical control method for weeds and parasitic plants (*Orobanche* spp.) in Mediterranean agriculture. *Weed Research* **29**, 391-396.
- SCOPEL AL, BALLARÈ CL e RADOSEVICH SR (1994) Fotostimulation of seed germination during soil tillage. *New Phytologist* **126**, 145-152.
- SENZA A, FOCKER F, MARCHESINI L e MONTERMINI A (1991) Agricoltura ecologica e meccanizzazione. *L'Informatore Agrario* **47** (4), 41-69.
- SHAW WC (1982) Integrated weed management systems technology for pest management. *Weed Science* **30** (suppl. 1), 2-12.
- SHENK MD (1994) Cultural practices for weed management. In: *Weed management for developing countries*. FAO, 163-169.
- STAPLETON JJ e DE VAY JE (1986) Soil solarization: a non-chemical approach for management of plants and pests. *Crop Protection* **5** (3), 190-198.
- STEVENS C, KHAN VA, OKORONKWO T, TANG AY, WILSON MA, LU J e BROWN JE (1990) Soil solarization and Dachtal: influence on weeds, growth, and root microflora of collards. *Hort Science* **25** (10), 1260-1262.
- TERPSTRA R e KOWENHOVEN JK (1981) Inter-row and intra-row weed control with hoe-ridger. *Journal of Agricultural Engineering Research* **26**, 127-134.
- VECCHIO V, CREMASCHI D e GUARDA G (1993) Verso un sistema culturale integrato. *L'Informatore Agrario* **49** (3) speciale patata, 39-44.

- VENGRIS J, COLBY WG e DRAKE M (1955) Plant nutrient competition between weeds and crops. *Agronomy Journal* **47**, 213-216.
- VESTER J e RASMUSSEN J (1989) Test of the row brush hoe in horticultural crops. In: *Importance and perspectives on herbicide-resistant weeds. Proceedings of a meeting of the EC Experts' Group, Tollose, Denmark, 15-17 November 1988* (eds Cavalloro R e Noye G). pp. 123-133. Office for Official Publications of the European Community, Luxembourg.
- VIZANTINOPOULOS S e KATRANIS N (1993) Soil solarization in Greece. *Weed Research* **33**, 225-30.
- WEBER H e MEYER J (1993) Mechanical weed control with a row brush hoe. In: *Maitrise des adventices par voie non chimique* (ed Thomas JM), pp. 89-92.
- WILSON RG e ANDERSON FN (1981) Control of three weed species in sugar beets (*Beta vulgaris*) with and electrical discharge system. *Weed Science Society of America Journal* **29**, 93-98.
- ZANIN G, MOSCA G e CATIZONE P (1992) A profile of the potential flora in maize fields of the Po valley. *Weed Research* **32**, 407-418.

Comportamento ambientale degli erbicidi impiegati nelle colture orticole

A. ONOFRI¹, C. VISCHETTI², G. RAPPARINI³, F. MARCHI³

¹ *Istituto di Agronomia generale e Coltivazioni erbacee, Università degli Studi di Perugia*

² *Centro Chimica e Biochimica Fitofarmaci, CNR, Istituto di Chimica Agraria, Università degli studi di Perugia*

³ *Centro di Fitofarmacia, Università degli Studi di Bologna*

Riassunto

Il comportamento degli erbicidi nel terreno e nell'ambiente in genere è sotto l'influenza dalle condizioni ambientali e pedologiche, nonché dalle tecniche agronomiche che vengono poste in atto. Da questo punto di vista, le colture orticole sono caratterizzate da una serie di peculiarità in grado di porre problemi particolari per quanto riguarda la persistenza dei residui degli erbicidi nel terreno. Il lavoro si propone di mettere in evidenza queste peculiarità, individuando alcune direzioni per le ricerche future. Vengono inoltre analizzati i dati disponibili in letteratura sul monitoraggio della persistenza dei fitofarmaci nelle colture orticole, oltre ad alcuni metodi per la previsione del comportamento ambientale degli erbicidi, quali gli indici d'impatto e i modelli matematici di simulazione.

Summary

Environmental behaviour of herbicides for horticultural crops

The environmental behaviour of herbicides is largely controlled by pedo-climatic conditions and by agronomic practices. With this respect, horticultural crops are characterised by some peculiar techniques, which can pose particular problems concerning herbicide persistence in soil. Those peculiarity are analysed in the paper and some new research directions are outlined. Data concerning monitoring of herbicide residues are reported from literature and discussed; furthermore, methods to forecast environmental behaviour of herbicides in horticultural crops are highlighted, such as impact indexes and simulation models.

Introduzione

Quando si pensa alle colture orticole e al problema dei residui dei fitofarmaci vengono subito in mente le problematiche legate alla salubrità del prodotto ed ai residui nelle parti eduli. Il problema dei residui degli erbicidi nel terreno sembra invece, almeno a prima vista, meno importante; infatti, analizzando il destino ambientale di un fitofarmaco, si è portati a considerare l'effetto dei fattori pedologici e climatici, sottovalutando almeno in parte l'importanza dei fattori agronomici.

In realtà, è presumibile che le colture orticole e le pratiche agronomiche in esse poste in atto influenzino in maniera anche consistente il destino ambientale di un erbicida, ponendo problemi specifici per l'operatore. In altre parole, è ipotizzabile che lo stesso erbicida, utilizzato nelle stesse condizioni pedo-climatiche, abbia un destino ambientale diverso quando utilizzato in una coltura orticola o, ad esempio, in un cereale.

Scopo di questo lavoro è tentare di:

- (1) analizzare il comportamento ambientale degli erbicidi utilizzati nelle colture orticole, valutando quali sono le tecniche agronomiche tipiche di queste colture che possono maggiormente influenzarlo;
- (2) valutare come le colture orticole possono essere influenzate dagli erbicidi utilizzati nelle colture precedenti e, viceversa, come gli erbicidi impiegati nelle colture orticole possono influenzare la produttività delle colture in successione;
- (3) illustrare alcuni metodi per prevedere il comportamento ambientale degli erbicidi impiegati nelle colture orticole e mostrare quali sono le necessità di ricerca per ottenere previsioni più attendibili.

Alcuni richiami al problema della persistenza degli erbicidi nel terreno e alle loro caratteristiche tossicologiche

Prima di analizzare i problemi relativi alle colture orticole, è necessario richiamare alcuni dei fattori che influenzano il destino ambientale di un erbicida e di un fitofarmaco in genere. Date le finalità del lavoro verranno esposte solo alcune nozioni fondamentali sull'argomento, rimandando il lettore ai testi specializzati per una trattazione più esauriente della materia (Hance, 1980; Weber e Miller, 1989).

Una volta distribuiti, gli erbicidi raggiungono il terreno, o direttamente (trattamenti di pre-emergenza) o indirettamente per sgocciolamento (trattamenti di post-emergenza) e per caduta assieme alla vegetazione dopo il disseccamento di quest'ultima. Dopo che ha raggiunto il terreno, l'erbicida è soggetto ad una serie di fenomeni, sintetizzati in Figura 1; l'entità di ciascuno di questi è

dipendente da una serie di fattori, legati alle caratteristiche del principio attivo, a quelle del terreno, alle condizioni climatiche, alle tecniche agronomiche ed alle complesse interazioni tra i suddetti fattori.

In sintesi, gli erbicidi sono soggetti a tre tipi di fenomeni: l'assorbimento da parte delle piante, la mobilizzazione (che non comporta l'alterazione della struttura chimica della molecola) e la degradazione, che comporta invece fondamentali alterazioni molecolari.

Fenomeni di mobilizzazione. I fenomeni di mobilizzazione sono molteplici e possono avvenire essenzialmente per via gassosa (volatilizzazione) o in soluzione (lisciviazione o ruscellamento superficiale). L'entità della volatilizzazione è difficile da valutare e studiare anche se, ad eccezione di alcuni principi attivi, si ritiene che il contributo di questo fenomeno alla dissipazione di un erbicida nel terreno sia piuttosto limitato, anche se esso può costituire potenziale fonte di rischio per quanto riguarda la dispersione ambientale su larga scala dei principi attivi. Si rimanda per una trattazione approfondita a Fritz (1993), anche se in questa sede è opportuno ricordare che la tendenza di un erbicida ad essere perduto per volatilizzazione può essere descritta, tra l'altro, tramite l'indice di Hartley, che a sua volta fa riferimento ad alcune caratteristiche del principio attivo, quali il peso molecolare e la pressione di vapore (Glotfelty e Schomburg, 1989).

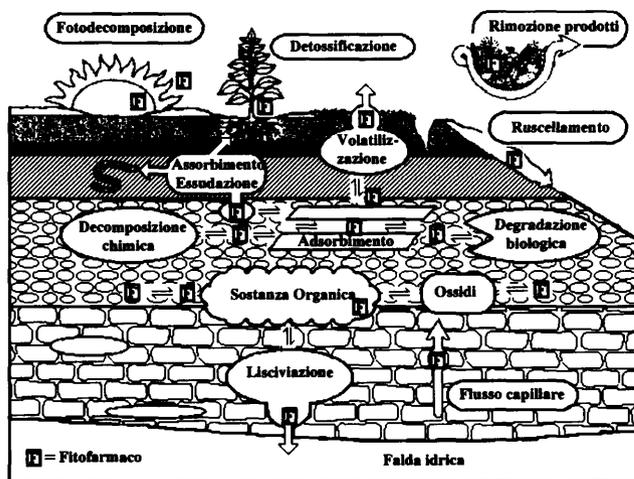


Figura 1. Principali processi che regolano la dissipazione dei fitofarmaci nell'ambiente (da Weber e Miller, 1989)

I fenomeni di mobilitazione dei principi attivi in soluzione sono soprattutto legati al movimento verticale dell'acqua nel terreno, che trasporta gli erbicidi fino alla falda. Questo tipo di movimenti riveste un'importanza notevole da un punto di vista ecotossicologico ed ha per questo ricevuto molta attenzione da parte dei ricercatori di tutto il mondo a causa del potenziale inquinamento delle acque di falda (Cohen *et al.*, 1984; Peoples *et al.*, 1980; Rothenshield *et al.*, 1982; Weber e Miller, 1989; Zaki *et al.*, 1982).

Oltre al movimento verso il basso, l'acqua contenente molecole di principio attivo può anche essere trasportata in superficie per risalita capillare, evaporata nell'atmosfera, assorbita dalle piante e traspirata oppure può ruscellare sulla superficie del terreno ed essere scaricata in laghi, fiumi o corsi d'acqua in genere. Ovviamente, il trasporto fisico di un erbicida in soluzione acquosa sarà influenzato da tutti quei fattori che influenzano l'infiltrazione ed il movimento dell'acqua nel terreno. Per una trattazione esauriente di questi aspetti si veda, ad esempio Cavazza e Patruno (1993).

In ogni caso, il movimento lungo il profilo del terreno (lisciviazione) è senza dubbio il processo più importante ai fini dell'inquinamento dell'acqua di falda. Esso influenza la quantità di tempo in cui l'erbicida permane nel terreno, ma ne risulta a sua volta fortemente influenzato in quanto maggiore è la quantità di fitofarmaco presente nel tempo nel terreno, maggiore sarà la possibilità che questo possa essere lisciviato negli strati profondi.

Tra i fenomeni che influenzano la lisciviazione i più importanti sono senz'altro l'adsorbimento e la degradazione (che verrà descritta in seguito). L'adsorbimento è quel fenomeno che fa sì che gli erbicidi siano trattenuti dalle superfici attive del terreno (colloidi organici ed inorganici); esso non riduce la quantità totale di principio attivo presente nel suolo, ma può diminuire od annullare la quantità disponibile per il trasporto e per l'assorbimento delle piante.

Il parametro più utilizzato per descrivere le caratteristiche di un fitofarmaco all'adsorbimento è il K_{oc} (*costante di ripartizione del carbonio organico*) che rappresenta la quantità di fitofarmaco adsorbito sull'unità di massa di carbonio organico del terreno, che viene considerato in prima approssimazione l'unico responsabile dell'adsorbimento almeno per fitofarmaci apolari o poco polari che sono la stragrande maggioranza.

Un altro indice molto importante per esprimere l'affinità di un erbicida con la matrice organica del terreno è il K_{ow} , che è una quantità adimensionale, di solito espressa in forma logaritmica, che esprime la lipofilia di un composto (*coefficiente di ripartizione n-ottanolo/acqua*); sostanze con alto K_{ow} sono poco affini per il comparto acquatico e molto affini per il comparto suolo. Questo indice viene utilizzato come misura della bioaccumulabilità di una sostanza, in quanto ad alti valori di K_{ow} corrisponde un'elevata capacità ad entrare e permanere nelle membrane cellulari.

Fenomeni di degradazione. I fitofarmaci nel terreno, oltre ad essere mobilizzati, possono subire una serie di processi chimici che comportano una netta alterazione della loro struttura molecolare. Come risultato abbiamo una netta riduzione della quantità di fitofarmaco presente e disponibile per il trasporto e l'assorbimento. La degradazione può avvenire per fotodecomposizione alla superficie del terreno, per via chimica (idrolisi od ossidazione) o per via microbiologica; la distinzione tra i diversi processi non può essere studiata in pieno campo, ma è necessario organizzare esperienze specifiche in laboratorio e in condizioni controllate. La velocità di degradazione di un erbicida in condizioni controllate è data dalla *semivita* ($t_{1/2}$), cioè dal tempo richiesto per il dimezzamento della concentrazione iniziale.

Abbiamo visto in precedenza che la degradazione, oltre ad essere importante di per se', lo è anche perché, assieme all'adsorbimento, essa influenza l'entità delle perdite per mobilizzazione di un erbicida. Per questo motivo è stato definito un indice riassuntivo (GUS) che tiene in considerazione in maniera sintetica sia il K_{oc} che il $t_{1/2}$ di un erbicida ed esprime la tendenza di quest'ultimo a muoversi verso le acque di falda (Gustafson, 1989).

Persistenza degli erbicidi. I processi finora descritti sono fortemente interdipendenti e sono sotto il controllo di fattori intrinseci ed estrinseci. I primi sono legati alle proprietà del terreno dovute ai processi pedogenetici (sostanza organica, tessitura), i secondi sono il risultato delle pratiche di gestione del terreno e delle colture in un sito specifico (modalità di applicazione del fitofarmaco, lavorazioni, irrigazioni, fertilizzazioni ecc...).

Tuttavia, il risultato finale è che la concentrazione dell'erbicida nel terreno tende a diminuire nel tempo, più o meno velocemente; per questo è possibile definire la persistenza di un erbicida in termini di *DT50* (*Dissipation Time 50*: tempo di scomparsa del 50% del prodotto) e *DT90* (*Dissipation Time 90*: tempo di scomparsa del 90% del prodotto), normalmente espressi in giorni. Tali parametri danno importanti informazioni soprattutto sull'attività residua di un fitofarmaco, che dal punto di vista agronomico è estremamente importante in quanto, se troppo prolungata, potrebbe comportare fenomeni di fitotossicità ad una coltura sensibile che dovesse seguire quella diserbata (*carry-over* dei residui).

Ovviamente nello stabilire il rischio di fitotossicità per le colture successive sarà necessario tenere in considerazione non solo la presenza fisica del residuo al momento della semina, ma anche la soglia di sensibilità delle colture da seminare. Si viene così a definire il concetto di *disponibilità*: un erbicida è molto disponibile se mantiene nel terreno per lungo tempo una concentrazione superiore alla soglia di sensibilità della coltura che deve essere seminata. In senso traslato, il concetto di disponibilità può essere riferito a qualunque specie vivente il cui normale sviluppo può essere influenzato dall'erbicida distribuito su una coltura.

Tossicologia degli erbicidi. Se vogliamo analizzare il comportamento ambientale di un erbicida non possiamo fare a meno di tenere in considerazione le sue caratteristiche tossicologiche, cioè la sua capacità di produrre effetti negativi sugli organismi viventi, sia nel breve termine (tossicità acuta), sia nel lungo termine (tossicità cronica). L'argomento è troppo lungo e complesso per poter essere trattato in maniera esauriente in questa sede, anche se vale la pena di richiamare alcuni degli indici che vengono utilizzati per esprimere la tossicità di un erbicida.

Si tratta in genere di valori "soglia", intesi come la quantità di erbicida che è in grado di produrre un effetto osservabile (e misurabile) in un determinato organismo (*NOEL: No Observable Effect Level*). A questo proposito è necessario ricordare la soglia di tossicità verso le piante superiori, solitamente definita in termini di *ED10 (Effective Dose 10*: mg di erbicida per grammo di terreno o per ml di acqua che inibiscono lo sviluppo della pianta test del 10% rispetto al testimone non trattato; Pestemer e Günther, 1993) o *ED20*. Questo valore è estremamente importante e deve essere utilizzato congiuntamente agli indici di persistenza di un erbicida per valutare la probabilità della comparsa di tossicità sulle colture in successione a quella diserbata (Gottesburen *et al.*, 1994).

Il concetto di *NOEL* è utilizzato anche per misurare la tossicità cronica di un erbicida verso gli animali terrestri ed indica la quantità giornaliera di principio attivo (in mg kg^{-1} di dieta) alla quale non si sono manifestati effetti negativi durante una somministrazione di lungo termine.

La tossicità acuta verso gli animali viene invece espressa in termini di *DL50* (Dose Letale 50), che è la quantità di principio attivo (in mg kg^{-1} di peso corporeo) che somministrata in un'unica dose è in grado di uccidere il 50% degli animali da esperimento.

La *CL50* (Concentrazione letale 50) viene invece utilizzata per indicare la tossicità acuta verso gli organismi acquatici ed esprime la concentrazione di principi attivi (in mg l^{-1} di acqua) in grado di provocare la morte del 50% degli individui in prova, in un periodo prestabilito di tempo (48 o 96 ore).

Peculiarità delle colture orticole

Come descritto precedentemente, gli erbicidi, una volta raggiunto il terreno, sono soggetti ad una serie di fenomeni che comportano la diminuzione della loro concentrazione. Questi fenomeni, oltre che dalla struttura chimica del principio attivo, dipendono da una serie di fattori, tra i quali il ruolo più importante è svolto dalle condizioni climatiche (soprattutto temperatura ed umidità del terreno) e pedologiche (tessitura e struttura).

Da quanto detto si potrebbe dedurre che la velocità di dissipazione degli erbicidi nel terreno sia largamente indipendente dalla coltura che in esso viene attuata. Tuttavia, analizzando attentamente la tecnica colturale delle specie orticole è possibile riscontrare alcune peculiarità che potrebbero in qualche modo influenzare la persistenza degli erbicidi e la comparsa di problematiche particolari all'interno del sistema colturale. Alcune di queste peculiarità sono state analizzate da Tei e Montemurro (1998), mentre quelle più specificatamente legate alla persistenza degli erbicidi nel terreno verranno analizzate qui di seguito.

Problematiche di carry-over dei residui. Da un punto di vista strettamente agronomico, le problematiche di *carry-over* dei residui costituiscono uno dei problemi fondamentali all'interno di un agroecosistema orticolo.

Il problema va studiato da due punti di vista diversi:

- 1) gli erbicidi impiegati nella coltura non-orticola precedente possono causare danni anche evidenti nella coltura orticola che segue nella successione;
- 2) gli erbicidi impiegati nella coltura orticola possono invece determinare danni nella coltura che segue (orticola o non).

In generale, per definire il problema è necessario avere informazioni sperimentali su due aspetti fondamentali:

- 1) persistenza degli erbicidi nel terreno (sia di quelli utilizzati nelle colture orticole, sia di quelli utilizzati nelle altre colture che possono precedere le orticole nella successione);
- 2) soglie di sensibilità delle colture che possono essere seminate su terreno in precedenza diserbato.

Date alcune delle peculiarità delle colture orticole, il problema risulta più complicato che in una agricoltura estensiva. Una di queste peculiarità è data dalla lunghezza del ciclo colturale: molte colture orticole, infatti, sono caratterizzate da un ciclo molto breve, che ne permette l'inserimento nell'avvicendamento come colture intercalari. In ogni caso, gli agroecosistemi orticoli sono comunque caratterizzati da avvicendamenti piuttosto stretti. E' evidente che in questa situazione è molto frequente il caso in cui ci si trova ad impiantare una coltura in un terreno nel quale gli erbicidi utilizzati in precedenza non hanno ancora completato la loro dissipazione ed è quindi presente un livello di residuo disponibile per le piante piuttosto elevato.

Il problema è piuttosto serio anche perché molte colture orticole sono caratterizzate da una sensibilità elevata ai residui degli erbicidi, con soglie di fitotossicità inferiori a pochi mg di erbicida per kg di terreno o addirittura, nel caso delle solfoniluree, a pochi μg di erbicida per kg di terreno (Walker e Brown, 1980; Vicari *et al.*, 1991). Alcuni dati in proposito verranno esposti nei successivi capitoli.

Un altro problema connesso a quest'ultimo è legato al differenziale di sensibilità tra le diverse varietà ed ibridi in commercio, che sono spesso caratterizzati da materiale genetico diverso tra di loro. Ciò rende piuttosto difficile la determinazione delle soglie di sensibilità, che dovrebbe esser fatta separatamente per le cultivar e gli ibridi in commercio; infatti estrapolare dati ottenuti in varietà diverse può creare ampi margini di rischio per l'agricoltore. Ciò pone un problema non indifferente di costi connessi alle attività sperimentali.

Per quanto riguarda invece il problema degli erbicidi impiegati nelle colture orticole, la possibilità che i residui di questi ultimi in grado di dare fenomeni di *carry-over* nelle colture successive è piuttosto consistente. In proposito, possono esser fatte alcune considerazioni di principio.

Gli erbicidi più impiegati per il diserbo delle colture orticole, tra gli altri, sono trifluralin, pendimethalin, propyzamide (soprattutto nel caso delle insalate) e chlortal-dimethyl. Si tratta in genere di prodotti residuali, caratterizzati da una persistenza nel terreno abbastanza prolungata, pari rispettivamente a 60 giorni (trifluralin), 90 giorni (pendimethalin), 30 giorni (propyzamide) e 100 giorni (chlortal-dimethyl). Se consideriamo la lunghezza del ciclo di alcune colture orticole intercalari (che in taluni casi non supera i 30-40 giorni) e il tempo che intercorre tra il trattamento e la semina della coltura successiva, ci rendiamo conto di come effettivamente possano sussistere dei problemi legati ai fenomeni di *carry-over* dei residui.

In sostanza, gli aspetti legati al *carry-over* dei residui all'interno di un agroecosistema orticolo sembrano destare molte preoccupazioni, anche a livello di ricerca scientifica. Non va dimenticato infatti come un agroecosistema orticolo si presenta sempre piuttosto complesso, con molte colture che si succedono in tempi stretti sullo stesso terreno. Ciò, unitamente al già citato differenziale varietale di sensibilità, richiede una banca di dati sperimentali piuttosto ampia a livello locale, cosa che per ora sembra mancare in tutte le zone a più ampia vocazione orticola.

Problematiche ambientali. Oltre ai problemi discussi in precedenza, che assumono un carattere spiccatamente agronomico, le colture orticole possono presentare anche alcune singolarità per quanto riguarda gli aspetti ecotossicologici *sensu lato*, legati all'impiego degli erbicidi.

Ad esempio, in molte colture orticole viene eseguita la pacciamatura del terreno e, in questo caso, il diserbo chimico di solito precede le operazioni di copertura del terreno. Da un punto di vista teorico, è evidente che la pacciamatura esercita un effetto notevole sulla dissipazione e sulla dispersione ambientale del principio attivo.

In genere, sotto i teli pacciamanti e considerando lo strato superficiale di terreno, i movimenti di acqua dall'alto verso il basso vengono ad essere fortemente limitati. Ciò ovviamente non si verifica con l'irrigazione localizzata, ma questo caso verrà preso in considerazione in seguito. Addirittura,

potrebbero essere intensificati i movimenti di acqua dal basso verso l'alto o lateralmente, dalle zone di terreno scoperte verso quelle coperte dalla pacciamatura (Macchia, 1985). Oltre a ciò il telo pacciamante viene ad ostacolare i processi di evaporazione dell'acqua e, di conseguenza, la volatilizzazione dei principi attivi.

Tutto ciò costituisce un ostacolo ai processi di mobilizzazione fisica degli erbicidi, che pertanto possono concentrarsi sotto il telo di plastica.

D'altro canto, se i fenomeni di mobilizzazione potrebbero subire un calo dovuto alla presenza del telo, lo stesso non si può dire dei fenomeni di degradazione. Infatti, la copertura del terreno, specie se effettuata con teli trasparenti, comporta un incremento della temperatura e dell'umidità dello strato superficiale di suolo (Covarelli, 1995), che può essere anche accompagnato da una variazione dell'attività microbica (in senso positivo o negativo, a seconda del livello di temperatura e umidità). Tutti questi fenomeni possono comportare una variazione notevole dell'entità della degradazione chimica o microbiologica degli erbicidi e velocizzarne la diminuzione di concentrazione.

Un altro aspetto della tecnica agronomica che può influenzare il destino ambientale degli erbicidi è l'irrigazione localizzata. Con questa tecnica agronomica, anche se ben eseguita, nel punto di terreno in cui è presente il gocciolatore si hanno comunque perdite di acqua verso gli orizzonti più profondi (soprattutto con i terreni sabbiosi). Ciò comporta un incremento della lisciviazione degli erbicidi, che, anche se si tratta di un fenomeno puntiforme, può comunque rappresentare una fonte di pericolo per le falde freatiche.

Per quanto riguarda la concimazione, è necessario osservare che le colture orticole richiedono, in genere, input di N, P, K piuttosto elevati rispetto ad altre colture estensive come i cereali. Queste abbondanti dosi di elementi minerali aggiunte al terreno potrebbero esercitare un'influenza rilevante sulla velocità di degradazione degli erbicidi, come per esempio osservato da Hance (1973) in esperienze di laboratorio con atrazina, la cui semivita in alcuni casi era risultata più breve in presenza di fertilizzanti minerali. Questo effetto potrebbe essere rilevante soprattutto per erbicidi che sono soggetti a fenomeni di degradazione chimica.

Ovviamente, questi effetti si aggiungono a quelli di tutte le altre pratiche agronomiche eseguite sulle orticole nello stesso modo che sulle altre colture di pieno campo e che non vengono qui descritti perché non possono essere considerate pratiche peculiari per le colture di cui si sta qui discutendo. Per una trattazione dettagliata di questi effetti si rimanda a testi specializzati (ad esempio Hance, 1974).

Quello che tuttavia è importante puntualizzare è che a tutti gli aspetti agronomici che normalmente influenzano il comportamento ambientale degli erbicidi e a proposito dei quali esiste un'evidente mancanza di conoscenza, nel caso delle colture orticole si aggiungono altri aspetti particolari, che non sono stati quasi mai oggetto di studi specifici di pieno campo. Tutti questi

aspetti meriterebbero nel futuro una maggiore attenzione e una maggiore collaborazione tra chimici agrari ed agronomi. L'obiettivo di questa collaborazione non dovrebbe essere solo quello di misurare l'entità di questi effetti (che è pure un obiettivo valido e arduo da raggiungere), ma anche quello di comprenderne i meccanismi fondamentali.

Ciò è di estrema importanza in quanto, come vedremo, i modelli di simulazione del comportamento degli erbicidi nel terreno non tengono quasi mai in considerazione l'effetto dei fattori agronomici tipici delle colture orticole. E'ovvio che l'inclusione di questi effetti, se si dimostrasse necessaria, potrebbe portare ad un decisivo miglioramento delle stime previsionali e facilitare notevolmente l'impiego degli erbicidi e le procedure di registrazione dei nuovi principi attivi.

Questo aspetto non è trascurabile per almeno due motivi: da un lato gli erbicidi attualmente registrati per le colture ortive sono pochi e quasi mai consentono di risolvere tutti i problemi di diserbo. Si richiede pertanto la registrazione e/o l'estrapolazione di altri principi attivi da altre colture per le quali questi sono già registrati. Avere modelli di simulazione adeguati consentirebbe di concentrare gli sforzi di monitoraggio alle zone nelle quali sono più elevati i rischi di inquinamento ambientale.

Dall'altro lato non bisogna dimenticare come spesso le colture ortive siano concentrate in zone piuttosto vulnerabili dal punto di vista ambientale, in vicinanza di laghi, fiumi, corsi d'acqua o nelle zone costiere, spesso su terreni sabbiosi e quindi a rischio per quanto riguarda la lisciviazione degli erbicidi e l'inquinamento delle falde acquifere superficiali o profonde. Questo aspetto è fondamentale in quanto i rischi per l'ambiente divengono più alti non tanto per le caratteristiche agronomiche delle colture ortive, ma per la loro localizzazione geografica. Ciò consiglia una prudenza particolare da parte degli operatori del settore e dei legislatori.

Studio della persistenza degli erbicidi nel terreno nelle colture orticole: attualità e prospettive

L'esigenza di studiare i concetti finora illustrati è evidente, non solo per le colture ortive, ma per qualunque tipo di coltura, in quanto il diserbo chimico può avere un notevole impatto nell'ecosistema e, da un punto di vista più specificatamente agronomico nell'agroecosistema (*carry-over* dei residui).

La valutazione della persistenza di una molecola può essere fatta seguendo varie metodiche che comportano tempi e costi molto diversi. In generale, la valutazione può essere consuntiva e preventiva. La valutazione consuntiva viene fatta attraverso il monitoraggio del comportamento ambientale: l'erbicida viene utilizzato e la sua dispersione nell'ambiente viene seguita e misurata in vario modo.

Questo tipo di valutazione è il più preciso, ma comporta costi e tempi elevatissimi; gli erbicidi sono numerosi ed il loro comportamento ambientale è strettamente dipendente dalle condizioni pedo-climatiche e dalla tecnica agronomica, cosa che impone l'organizzazione di una serie notevole di esperimenti nelle condizioni più disparate. Inoltre si tratta di una valutazione *de facto*: il danno viene rilevato solo quando è già avvenuto.

Di conseguenza, senza negare l'importanza del monitoraggio, che è fondamentale per una corretta valutazione ecotossicologica degli erbicidi, non bisogna trascurare l'importanza di altre metodiche di valutazione di tipo preventivo, che possono aiutare almeno a capire quali sono gli erbicidi o le situazioni potenzialmente più pericolose, nelle quali concentrare gli interventi di monitoraggio (Donigian e Carsel, 1992).

Cerchiamo ora di analizzare che cosa è stato finora fatto e che cosa potrebbe essere fatto nel futuro dal mondo scientifico. Ovviamente, data l'ampiezza dell'argomento, il seguito di questa relazione si concentrerà su aspetti di interesse agronomico ed in particolare sugli effetti di *carry-over* dei residui dei diserbanti nel terreno.

Monitoraggio della persistenza degli erbicidi utilizzati nelle colture orticole

Le informazioni sperimentali sulla persistenza degli erbicidi nel terreno sono spesso ottenute tramite vere e proprie metodiche di dosaggio biologico, che sono particolarmente adatte agli studi agronomici in quanto sono in grado di rilevare il residuo disponibile, costituito dall'erbicida non adsorbito e dai suoi metaboliti biologicamente attivi (Vicari, 1992). Per questo, forniscono una misura diretta della quantità di principio attivo in grado di influenzare lo sviluppo dei vegetali (Rapparini *et al.*, 1991).

A seconda del protocollo sperimentale utilizzato, i dosaggi biologici possono essere distinti in qualitativi, con i quali è possibile individuare solo la presenza del residuo, e quantitativi, che permettono la misurazione del livello di concentrazione del residuo (Vicari, 1992). Operativamente, le metodiche utilizzabili sono le seguenti.

- 1) *Dosaggi biologici in ambiente controllato per la determinazione delle soglie di sensibilità.* Una specie test viene allevata su substrato (terreno o preferibilmente substrato non adsorbente) a concentrazioni crescenti di erbicida per individuare la sua soglia di sensibilità ai residui (NOEL), in termini di ED10 o ED20 (concentrazione di erbicida che inibisce lo sviluppo della pianta test del 10 o 20%, rispettivamente).
- 2) *Dosaggi biologici per la determinazione degli intervalli di sicurezza.* Il terreno trattato in pieno campo viene prelevato in tempi diversi dopo il trattamento; sui campioni prelevati viene fatta

crescere una specie-test sensibile ai residui, per individuare l'intervallo di tempo al di là del quale questa specie non subisce danni da fitotossicità residua.

3) *Prove di recropping in pieno campo*. Le colture prescelte vengono seminate in pieno campo su terreno trattato. La semina avviene in tempi diversi dopo il trattamento, con l'obiettivo di verificare qual è l'intervallo di sicurezza dopo il quale lo sviluppo della coltura non è influenzato dall'effetto residuo del trattamento. Queste prove sono quelle più vicine alla realtà operativa, ma sono anche quelle che richiedono i costi ed i tempi più elevati.

Le metodiche utilizzabili per queste prove sono state sintetizzate da Allen (1996) a cui si rimanda per informazioni più dettagliate. In questa sede è tuttavia necessario ricordare che, in genere, si preferiscono i metodi di dosaggio biologico che utilizzano come indicatori di fitotossicità intere piante, in modo da porsi in condizioni analoghe alla realtà operativa (Rapparini *et al.*, 1988).

I parametri impiegati per la determinazione delle risposte delle piante intere sono diversi e possono prendere in considerazione il peso fresco, il peso secco e le dimensioni della pianta; in genere i risultati forniti da questi tre parametri sono molto simili (Addison e Bardsley, 1968). In alternativa alle metodiche biometriche, soprattutto quando la velocità della determinazione è fondamentale, possono essere eseguiti rilievi visivi di fitotossicità, esprimendo un giudizio su una scala empirica da 0 a 10 (0 = nessun sintomo; 10 = morte della pianta).

Altri metodiche di dosaggio biologico che non utilizzano piante intere sono state descritte, per esempio, da Stamford e Demond (1957), Parker (1975), Tomkins (1968), O'Brien *et al.* (1978) e Keppler (1975). Si rimanda ai lavori originali per una descrizione dettagliata dei metodi impiegati.

Ovviamente, le metodiche di dosaggio biologico non sono ne' le uniche, ne' quelle necessariamente più precise per studiare la persistenza degli erbicidi nel terreno. Infatti il ruolo svolto dalle analisi chimiche o, recentemente, dai dosaggi immunoenzimatici è fondamentale e non può essere trascurato (Dinelli *et al.*, 1995). I dati disponibili in relazione alle semivite, ai DT50 o DT90 sono estremamente numerosi e pensare di condensarli in questa sede appare di difficoltà estrema. Quindi, mentre di seguito ci si concentrerà sui risultati ottenuti con metodiche di dosaggio biologico, si rimanda a pubblicazioni più specializzate per un'analisi dei risultati ottenuti con metodiche chimiche.

Soglie di sensibilità delle colture ortive ai residui degli erbicidi nel terreno

Come già detto, questo tipo di informazione è di fondamentale importanza per la previsione dei rischi di *carry-over*, una volta che sia nota la persistenza di un erbicida in un determinato ambiente.

Le soglie di sensibilità finora individuate sono date in Tabella 1.

Tabella 1. Soglie di sensibilità in coltura idroponica per diverse colture orticole (autori vari citati in Ferris e Haigh, 1992).

| Principio attivo | Coltura | NOEL ($\mu\text{g l}^{-1}$) |
|--------------------|------------------|-------------------------------|
| Chlorsulfuron | cece | 0.14 |
| Chlortoluron | fagiolo nano | 27 |
| Chlortoluron | lattuga | 223 |
| Chlortoluron | lattuga | 56 |
| Chlortoluron | pisello | 49 |
| Chlortoluron | spinacio | 201 |
| Chlortoluron | carota | >400 |
| Ethofumesate | spinacio | 206 |
| Isoproturon | fagiolo nano | 57 |
| Isoproturon | carota | 50 |
| Isoproturon | lattuga | >200 |
| Isoproturon | lattuga | 57 |
| Isoproturon | pisello | 56 |
| Isoproturon | spinacio | 50 |
| Isoproturon | spinacio | 14 |
| Methabenzthiazuron | fagiolo nano | 240 |
| Methabenzthiazuron | lattuga da campo | 70 |
| Methabenzthiazuron | spinacio | 63 |
| Metribuzin | fagiolo nano | 10 |
| Metribuzin | lattuga | 31 |
| Metribuzin | pisello | 17 |
| Metribuzin | spinacio | 13 |
| Metsulfuron-methyl | spinacio | 0.22 |
| Pendimethalin | insalata | 85 |
| Pendimethalin | spinacio | 11 |
| Pendimethalin | fagiolo nano | >400 |
| Pendimethalin | carota | >400 |
| Pendimethalin | lattuga | >400 |
| Pendimethalin | pisello | >400 |
| Pendimethalin | spinacio | >400 |
| Propyzamide | fagiolo nano | 216 |
| Propyzamide | carota | 103 |
| Propyzamide | lattuga da campo | 137 |
| Propyzamide | lattuga | >800 |
| Propyzamide | pisello | >800 |
| Propyzamide | spinacio | 16 |
| Terbuthylazine | fagiolo nano | 49 |
| Terbuthylazine | lattuga | 140 |
| Terbuthylazine | spinacio | 40 |
| Terbutryn | spinacio | 10 |

Si tratta di valori ottenuti in coltura idroponica ed espressi in μg di erbicida l^{-1} di soluzione circolante. Dovendo riferire questi valori alla concentrazione nel terreno, bisogna conoscere la quantità d'acqua presente in quest'ultimo, la sua densità, nonché avere una stima dell'entità dei fenomeni di adsorbimento (Schmidt e Pestemer, 1980). Dati di questo tipo sono meno immediati, ma possono essere estrapolati facilmente a qualunque tipo di terreno.

La Tabella 2 riporta invece i valori di soglia di sensibilità misurati su terreno ed espressi in ng di erbicida g^{-1} di terreno. Questi valori sono ovviamente legati al tipo di terreno, di cui si riportano alcune caratteristiche in tabella.

Le soglie di sensibilità riportate in tabella possono essere molto utili anche se debbono essere prese con le dovute precauzioni, in quanto, come tutti i parametri relativi alla fitotossicità di un erbicida, anche le soglie economiche sono strettamente connesse alle condizioni ambientali in cui vengono misurate. Tuttavia, quello che è più interessante è che queste soglie, utilizzate congiuntamente ai valori di semivita, possono servire a definire degli intervalli di sicurezza per la semina (Onofri, 1996). Si viene così ad avere un'informazione molto importante da prove relativamente semplici e veloci.

Pertanto, nel futuro è auspicabile un maggiore impegno sperimentale nella misurazione delle soglie di sensibilità, nelle condizioni ambientali tipiche delle colture orticole italiane, per colmare una delle lacune di conoscenza relative alle colture orticole.

Tabella 2. Soglie di sensibilità su terreno per diverse colture orticole.

| Principio attivo | Coltura | NOEL (mg g ⁻¹) | Caratteristiche terreno | | Rif. bibliografico |
|------------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------|-----------|------------------------|
| | | | Argilla (%) | S. O. (%) | |
| Chlorsulfuron | Pisello | 0.17 | 27 | 1.3 | Vicari, 1991 |
| | Carota | 0.49 | 27 | 1.3 "" | Vicari, 1991 |
| | Pomodoro | 0.62 | 27 | 1.3 | Vicari, 1991 |
| | Spinacio | 2.65 | 27 | 1.3 | Vicari, 1991 |
| | Lattuga | 0.57 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1982 |
| | Cavolo | 0.54 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1982 |
| | Cipolla | <0.18 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1982 |
| | Bietola da orto | 0.25 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1982 |
| | Fagiolo | 0.71 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1982 |
| | Rapa | 0.61 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1982 |
| | Spinacio | 0.36 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1982 |
| Primisulfuron | Spinacio | 8.65 | 43 | 1.7 | Onofri, dati originali |
| | Lenticchia | 6.00 | 43 | 1.7 | Onofri, dati originali |
| | Finocchio | 1.44 | 43 | 1.7 | Onofri, dati originali |
| | Lattuga | 1.44 | 43 | 1.7 | Onofri, dati originali |
| Metribuzin | Cavolo | 60 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1980. |
| | Lattuga | 40 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1980. |
| | Carota | 110 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1980. |
| | Bietola da orto | 70 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1980. |
| | Cipolla | 50 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1980. |
| | Fagiolo nano | 130 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1980. |
| Metamitron | Cavolo | 890 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1980. |
| | Lattuga | 230 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1980. |
| | Carota | 500 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1980. |
| | Cipolla | 430 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1980. |
| | Fagiolo | 1070 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1980. |
| Trifluralin | Cavolo | >710 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1980. |
| | Lattuga | 420 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1980. |
| | Carota | >710 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1980. |
| | Bietola da orto | 190 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1980. |
| | Cipolla | 190 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1980. |
| | Fagiolo | >710 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1980. |
| Propyzamide | Cavolo | 460 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1980. |
| | Lattuga | >710 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1980. |
| | Carota | 320 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1980. |
| | Bietola da orto | 210 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1980. |
| | Cipolla | 310 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1980. |
| | Fagiolo | 540 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1980. |
| Linuron | Cavolo | 310 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1980. |
| | Lattuga | 230 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1980. |
| | Carota | >710 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1980. |
| | Bietola da orto | 540 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1980. |
| | Cipolla | 410 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1980. |
| | Fagiolo | 500 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1980. |
| Metazachlor | Lattuga | 21 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1982. |
| | Cavolo | >570 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1982. |
| | Cipolla | 57 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1982. |
| | Bietola da orto | 290 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1982. |
| | Carota | 18 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1982. |
| | Fagiolo | 440 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1982. |
| | Rapa | >570 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1982. |
| | Spinacio | 370 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1982. |
| Pendimethalin | Lattuga | >570 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1982. |
| | Cavolo | >570 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1982. |
| | Cipolla | 500 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1982. |
| | Bietola da orto | 140 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1982. |
| | Carota | >570 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1982. |
| | Fagiolo | >570 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1982. |
| | Rapa | >570 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1982. |
| | Spinacio | 350 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1982. |
| Napropamide | Lattuga | 110 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1982. |
| | Cavolo | >570 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1982. |
| | Cipolla | 210 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1982. |
| | Bietola da orto | >570 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1982. |
| | Carota | 210 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1982. |
| | Fagiolo | >570 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1982. |
| | Rapa | >570 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1982. |
| | Spinacio | 390 | 18 | 2 | Walker e Brown, 1982. |

Determinazione degli intervalli di sicurezza per la semina su terreno trattato

Mentre nel caso delle soglie di sensibilità non esistono moltissimi dati in letteratura, soprattutto nel caso delle condizioni pedoclimatiche tipiche dell'orticoltura italiana, per quanto riguarda gli intervalli di sicurezza per la risemina su terreno trattato vi è una più ampia banca dati disponibile, data l'immediatezza della determinazione. Per quanto riguarda l'Italia, dati in proposito di colture orticole possono essere reperiti su varie fonti, tra cui si ricorda Tei e Covarelli (1988), Elia *et al.* (1995) ed Elia e Parente (1998). In questa sede si presenteranno i dati ottenuti presso il Centro di Fitofarmacia dell'Università degli Studi di Bologna, che costituiscono una buona banca dati nel settore (Rapparini *et al.*, 1997).

Le prove sperimentali sono state eseguite a partire dall'anno 1984, con il contributo organizzativo dell'ERSO (ora confluito nel CRPV) e con il finanziamento della Regione Emilia Romagna. Lo scopo era quello di determinare il comportamento nel terreno degli erbicidi impiegati nel diserbo delle colture orticole studiandone i tempi di degradazione e la percolazione.

Nell'ambito di questo progetto sono state prese in considerazione le seguenti colture:

- insalate seminate e trapiantate negli anni 1984-85;
- fagiolino negli anni 1984-85;
- pisello negli anni 1985-86;
- patata negli anni 1985-86;
- spinacio e bietola da coste negli anni 1986-87;
- cetriolo e zucchini negli anni 1987-88;
- pomodoro e peperone negli anni 1987-88;
- cavolo nel 1988.

Su ogni coltura, fatta eccezione per il cavolo, l'indagine è stata effettuata per due anni e in due diverse condizioni pedoclimatiche. Gli erbicidi, applicati a mezzo di una barra trainata munita di ugelli a ventaglio irrorante 500 l ha⁻¹ di soluzione o sospensione erbicida, sono stati saggiati sia alla normale dose di applicazione che alla dose doppia per meglio esaltarne le caratteristiche di persistenza e percolazione.

Ogni prova è stata realizzata utilizzando lo schema sperimentale delle parcelle ripetute, con quattro ripetizioni e parcelle elementari di dimensioni variabili da prova a prova da 4 x 5m a 4 x 8m.

Per ogni diserbante saggiato si è studiata la persistenza e percolazione nel terreno, con particolare riferimento all'azione fitotossica verso le colture orticole di successione comprendendo anche il frumento in quanto coltura che generalmente viene inserita nella rotazione dell'azienda orticola. Si è voluta rivolgere l'attenzione anche alla scelta delle possibili colture che debbono seguire la coltura diserbata quando questa deve essere forzatamente distrutta prima della fine del ciclo.

Ciò è stato effettuato seminando (o trapiantando) le colture in pieno campo e simulandone la distruzione dopo un mese: a questa data, dopo una lavorazione superficiale del terreno (15 cm) sono state seminate in campo alcune colture di sostituzione. Prima della lavorazione sono stati prelevati dei campioni di terreno da ogni parcella (a due profondità, per avere anche un'indicazione approssimativa del grado di percolazione); anche su tali campioni sono state seminate, in serra, le colture di sostituzione, oltre alla pianta test più idonea a rilevare la presenza dell'erbicida. Analogo procedimento è stato seguito per lo studio delle colture di successione subito dopo la raccolta della coltura diserbata.

La metodologia adottata per i saggi biologici di serra è quindi riconducibile a quelle che vedono l'impiego di intere piante; su queste la valutazione della presenza dell'erbicida è stata valutata mediante stima visiva dei sintomi di fitotossicità specifici utilizzando la scala empirica 0 - 10.

Contemporaneamente al saggio di serra, sono state approntate per ogni erbicida ricerche delle "diluizioni standard", ovvero substrati costituiti da terreno contenente quantità note e decrescenti del principio attivo oggetto di studio in cui sono state seminate le medesime colture e le piante test, in modo da poter esprimere, per confronto, un giudizio molto preciso sulla concentrazione dell'erbicida nei campioni prelevati in campo. In Tabella 3 è riportato l'esempio della propyzamide mentre le essenze indicatrici utilizzate sono indicate nella Tabella 8.

Nelle tabelle 4 e 5 sono riportate in forma riassuntiva le indicazioni scaturite dall'indagine sulle colture orticole di sostituzione (Tab. 4) e successione (Tab. 5) dopo l'applicazione delle diverse molecole erbicide, mentre nelle tabelle 6 e 7 si ritrovano le colture orticole di possibile coltivazione in sostituzione e successione a frumento diserbato (Tab. 6) ed alle principali colture sarchiate (Tab. 7).

Le tabelle riportate sono sufficientemente informative e non necessitano di ulteriori commenti, che sono pertanto lasciati al lettore.

Sulla base di questa esperienza quinquennale e di informazioni derivanti da nuove acquisizioni sulla persistenza e percolazione dei più importanti erbicidi che si impiegano sulle colture orticole, è possibile constatare che nell'ambito degli avvicendamenti stretti e nei casi in cui si semina colture intercalari si possono riscontrare danni alle colture di successione che obbligano ad una attenta scelta dei prodotti diserbanti e delle specie che comunemente vengono inseriti nella rotazione dell'azienda a prevalente indirizzo orticolo.

Fra i diserbanti selettivi delle specie ortive, quelli che possono maggiormente causare danni alle colture di successione sono metribuzin, oxyfluorfen e lenacil, seguiti da pendimethalin, trifluralin, linuron, metobromuron, terbutryn, propyzamide, metazachlor e chloridazon, che in relazione alla durata del ciclo della coltura diserbata possono causare danni più o meno rilevanti che in molti casi sono costituiti solo da lievi manifestazioni di fitotossicità e transitorie riduzioni di crescita.

Nell'ambito delle numerose specie di possibile successione, frumento, spinacio, cetriolo, lattuga e fagiolino sono quelle che risultano più sensibili all'azione residua di molti erbicidi, compresi i prodotti impiegati nelle colture sarchiate dove le maggiori preoccupazioni sono date dai derivati triazinici, imazethapyr e fomesafen, mentre dopo la raccolta del frumento solo il chlortoluron ha causato estesi danni a numerose colture orticole.

Più preoccupanti rimangono le scelte da attuare quando si deve anzitempo distruggere la coltura diserbata e riseminare o trapiantare altre specie orticole e il frumento che spesso è inserito nella rotazione aziendale.

Sotto questo aspetto i prodotti che offrono le maggiori possibilità di scelta delle colture orticole di sostituzione sono trifluralin, pendimethalin, terbutryn, metazachlor, cycloate e, in misura minore, propyzamide, mentre più difficile rimane l'individuazione delle colture da seminare o trapiantare dopo oxyfluorfen, chloridazon, lenacil, linuron, metobromuron e in modo particolare metribuzin che risulta dannoso per tutte le colture riseminate o trapiantate ad eccezione del pomodoro.

Queste indicazioni sulle limitazioni alla semina di colture di sostituzione o successione dopo l'impiego dei più importanti erbicidi utilizzati nel diserbo delle colture orticole e di altre occasionali coltivazioni, trovano una conferma, in linea di massima, nei valori riscontrati nelle prove di persistenza e percolazione eseguite con la semina di piante test in grado di rilevare quantità infinitesimali di tutti i diserbanti residuali.

I risultati hanno confermato che per gli erbicidi più comunemente impiegati nell'azienda orticola i più persistenti alle normali dosi di impiego sono metribuzin, oxyfluorfen, pendimethalin e, limitatamente alle applicazioni su patata, anche linuron e metobromuron, i quali si uniformano agli erbicidi di media persistenza quali trifluralin, cycloate, lenacil, metazachlor ed eccezionalmente la persistente propyzamide a causa delle frequenti irrigazioni cui sono sottoposte le insalate.

Per quanto concerne infine il grado di pericolosità degli erbicidi saggiati nei confronti delle acque di falda, dai risultati dei test biologici si può affermare che tra gli erbicidi oggetto di studio trifluralin, pendimethalin, linuron, chlorpropham, terbutryn e propachlor sono i principi attivi meno mobili nel terreno, rimanendo generalmente localizzati nei primi 10 cm di profondità, mentre più percolabili sono apparsi metazachlor, propyzamide, metribuzin, metobromuron e, in modo particolare, oxyfluorfen e naptalam, che sono stati rilevati alla profondità di 40 - 50 cm nei vertisuoli.

Questa serie complessa di informazioni sul comportamento nel terreno dell'attività residua dei principali erbicidi delle specie orticole, o delle colture che occasionalmente vengono poste in rotazione con esse, ha permesso di trarre delle indicazioni orientative per poter procedere con relativa sicurezza alla semina di eventuali colture di sostituzione e, a maggior ragione, di quelle di successione.

Allo stesso tempo si evidenzia come negli ambienti tipici delle colture orticole, per la particolare natura dei terreni che, unitamente a pratiche colturali fra cui le fondamentali irrigazioni, favorisce la percolazione e la degradazione dei principi attivi, diventa difficile stabilire a priori la reale persistenza degli erbicidi, rendendo quindi indispensabile, nei casi più incerti, il ricorso ad analisi biologiche con piante test che per la loro estrema sensibilità sono in grado con una semplice metodologia di stabilire il limite di pericolosità degli erbicidi residuali e quindi procedere con più sicurezza alla semina o al trapianto delle più comuni colture orticole di sostituzione o di successione.

Tabella 3. Esempio di un saggio di serra per la determinazione biologica dei residui attivi di propyzamide distribuita sulle insalate alla dose normale (4 l ha⁻¹ di f.c.) e doppia (8 l ha⁻¹ di f.c.)

| Campioni terreno | | | Pianta spia e colture di sostituzione e successione: valutazione fitotossicità con scala 0-10 | | | |
|---|------------|-----------------------------------|--|----------|----------|---------|
| PRELIEVI | PROFONDITÀ | DOSE (L HA ⁻¹ DI F.C.) | FRUMENTO | SPINACIO | CETRIOLO | CIPOLLA |
| <i>Primo:</i> dopo 30 giorni dal trattamento | 0-5 | 4 | 6.8 | - | - | 4.0 |
| | | 8 | 8.1 | - | 2.2 | 4.8 |
| | 5-10 | 4 | - | | | |
| | | 8 | - | | | |
| <i>Secondo:</i> dopo 65 giorni dal trattamento e dopo la raccolta delle insalate | 0-15 | 4 | 3.3 | - | - | 1.5 |
| | | 8 | 7.5 | - | - | 4.0 |
| Diluizioni standard della dose normale su un profilo di terreno di 5 cm di profondità | | 1/2 | 10.0 | 5.1 | 5.5 | 6.6 |
| | | 1/4 | 9.7 | 2.5 | 4.2 | 3.7 |
| | | 1/8 | 9.3 | 1.5 | 3.5 | 1.1 |
| | | 1/16 | 7.9 | - | 2.7 | - |
| | | 1/32 | 6.2 | - | 1.1 | - |

Tabella 4a. Colture di sostituzione ai principali diserbanti impiegati nelle specie orticole.

| DISERBANTE e % di p.a. | COLTURE DISERBATE | EPOCA E MODALITÀ DI IMPIEGO | DOSE (l o kg/ha di f.c.) | COLTURE DI SOSTITUZIONE a 30 - 45 giorni dal trattamento | | |
|------------------------------|--|---|-----------------------------|---|--|---|
| | | | | POSSIBILI | POSSIBILI CON CAUTELA | SCONSIGLIATE |
| TRIFLURALIN 45,8 % | lattuga e indivia, fagiolino, pisello, pomodoro, cavolo, peperone, zucchini e cetriolo | Pre-trapianto interrato | 1,2 - 1,9 | lattuga, radicchio, finocchio, cavolo e ravanello | cetriolo | frumento, cipolla, spinacio |
| | | | 2,4 - 3 | lattuga, cavolo, fagiolino | finocchio, pomodoro | frumento, cipolla, spinacio, cetriolo |
| PENDIMETHALIN 31,7 % | lattuga e indivia, fagiolino, pisello, patata, pomodoro, peperone | Pre-trapianto in superficie, Pre- emergenza | 5 | lattuga, radicchio, finocchio, cavolo, fagiolino | frumento, cipolla, cetriolo, ravanello, pomodoro | spinacio |
| | | | 10 | finocchio | cipolla, lattuga, cavolo, fagiolino | frumento, spinacio, cetriolo, ravanello, pomodoro |
| LINURON 37,6 % | fagiolino, pisello, patata | Pre-emergenza | 1 | finocchio | frumento, cipolla, spinacio, fagiolino, pomodoro | lattuga, radicchio, cavolo, cetriolo, ravanello |
| | | | 2 | finocchio | frumento, cipolla, pomodoro | spinacio, lattuga, radicchio, fagiolino, cavolo, cetriolo, ravanello |

Tabella 4b. Colture di sostituzione ai principali diserbanti impiegati nelle specie orticole.

| DISERBANTE e % di p.a. | COLTURE DISERBATE | EPOCA E MODALITÀ DI IMPIEGO | DOSE (l o kg/ha di f.c.) | COLTURE DI SOSTITUZIONE a 30 - 45 giorni dal trattamento | | |
|------------------------------|--------------------------------|--|-----------------------------|---|---|---|
| | | | | POSSIBILI | POSSIBILI CON CAUTELA | SCONSIGLIATE |
| METOBROMURON 50 % | fagiolino, patata | Pre-emergenza | 2,5 - 4 | finocchio, fagiolino | spinacio, radicchio, pomodoro | frumento, cipolla, lattuga, cavolo, cetriolo, ravanello |
| | | | 5 - 8 | | radicchio, finocchio, pomodoro | frumento, spinacio, cipolla, lattuga, cavolo, cetriolo, fagiolino, ravanello |
| TERBUTRYN 44 % | pisello | Pre-emergenza | 2,5 | cipolla, spinacio, lattuga, cavolo, finocchio | frumento, fagiolino | cetriolo |
| | | | 5 | cipolla, spinacio, lattuga, cavolo, finocchio | | frumento, fagiolino, cetriolo |
| METRIBUZIN 35 % | patata, pomodoro e peperone | Pre-semina, Pre- emergenza e Pre- trapianto in superficie | 1,5 | pomodoro | | frumento, cipolla, spinacio, lattuga, cavolo, finocchio, fagiolino, cetriolo |
| | | | 3 | | pomodoro | frumento, cipolla, spinacio, lattuga, cavolo, finocchio, fagiolino, cetriolo |
| METAZACHLOR 43,1 % | cavolo, patata | Post-trapianto | 1,5 | cipolla, spinacio, cavolo, finocchio, fagiolino | frumento, lattuga | cetriolo |
| | | | 3 | finocchio, cavolo | cipolla, spinacio, lattuga, fagiolino, | frumento, cetriolo |

Tabella 4c. Colture di sostituzione ai principali diserbanti impiegati nelle specie orticole.

| DISERBANTE e % di p.a. | COLTURE DISERBATE | EPOCA E MODALITÀ DI IMPIEGO | DOSE (l o kg/ha di f.c.) | COLTURE DI SOSTITUZIONE a 30 - 45 giorni dal trattamento | | |
|------------------------------|--|--|-----------------------------|---|--------------------------------|---|
| | | | | POSSIBILI | POSSIBILI CON CAUTELA | SCONSIGLIATE |
| LENACIL 80 % | spinacio e bietola da coste | Pre-semina, Pre- emergenza, Post- emergenza | 0,7 | cipolla, spinacio | frumento | lattuga, finocchio, fagiolino, cavolo, cetriolo, pomodoro |
| | | | 1,4 | spinacio | | frumento, cipolla, lattuga, cavolo, finocchio, fagiolino, cetriolo, pomodoro |
| CYCLOATE 72,7 % | spinacio e bietola da coste | Pre-semina interrato | 6 | cipolla, spinacio, cavolo, finocchio, fagiolino | lattuga | frumento, cetriolo |
| | | | 12 | spinacio, cavolo, finocchio, | cipolla, lattuga, fagiolino | frumento, cetriolo |
| CHLORIDAZON 65 % | spinacio e bietola da coste | Pre-semina, Pre- emergenza | 6 | frumento, finocchio | cipolla, spinacio | lattuga, fagiolino, cavolo, cetriolo |
| | | | 12 | frumento, finocchio | cipolla, spinacio | lattuga, fagiolino, cavolo, cetriolo |
| PROPYZAMIDE 50 % | lattuga e indivie seminate e trapiantate | Pre-semina, Pre- trapianto, Post- semina (20 giorni), Post- trapianto | 4 | lattuga, cavolo, finocchio | spinacio, cetriolo | frumento, cipolla, fagiolino |
| | | | 8 | lattuga, finocchio | spinacio, cavolo | frumento, cipolla, , fagiolino, cetriolo |

Tabella 4d. Colture di sostituzione ai principali diserbanti impiegati nelle specie orticole.

| DISERBANTE e % di p.a. | COLTURE DISERBATE | EPOCA E MODALITÀ DI IMPIEGO | DOSE (l o kg/ha di f.c.) | COLTURE DI SOSTITUZIONE a 30 - 45 giorni dal trattamento | | |
|------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---|----------------------------------|--|
| | | | | POSSIBILI | POSSIBILI CON CAUTELA | SCONSIGLIATE |
| OXYFLUORFEN 23,6 % | cavolo, pomodoro e peperone | Pre-trapianto | 2,5 | frumento, fagiolino, cavolo | spinacio, finocchio, cetriolo | cipolla, lattuga, pomodoro |
| | | | 5 | fagiolino | frumento, finocchio, cavolo | cipolla, spinacio, lattuga, cetriolo, pomodoro |

Tabella 5a. Colture di successione ai principali diserbanti impiegati sulle specie orticole (le colture con l'asterisco possono essere seminate dopo i tempi indicati con l'asterisco).

| DISERBANTE E % DI P.A. | COLTURA DISERBATA | EPOCA E MODALITÀ DI IMPIEGO | GIORNI DAL TRATTAMENTO | DOSE (l o kg/ha di f.c.) | COLTURE DI SUCCESSIONE | | |
|----------------------------------|---|-----------------------------------|------------------------------|--------------------------------|---|------------------------------|--------------------------|
| | | | | | POSSIBILI | POSSIBILI CON CAUTELA | SCONSI- GLIATE |
| 135 TRIFLURALIN 45,8 % | Lattuga e Indivia trapiantate e seminate | Pre-trapianto interrato | 65(*)-80 | 1,2-1,5 | spinacio(*), lattuga, radicchio(*), finocchio, fagiolino, cetriolo, cavolo, carota(*), ravanello(*) | frumento(*) | |
| | | | | 2,4-3 | radicchio(*), finocchio, fagiolino, cetriolo, cavolo, carota(*), ravanello(*) | spinacio(*), ravanello(*) | frumento(*), spinacio |
| | Fagiolino | Pre-trapianto interrato | 80 | 1,5 | spinacio, radicchio, carota, ravanello | frumento | |
| | | | | 3 | carota, ravanello | spinacio, radicchio | frumento |
| | Pisello | Pre-trapianto interrato | 84-85 | 1,2 | spinacio, lattuga, cavolo, cetriolo, fagiolino, finocchio | | |
| | | | | 2,4 | lattuga, cavolo, finocchio, fagiolino | spinacio, cetriolo, | |
| | Pomodoro e Peperone | Pre-trapianto interrato | 150 | 1,5 | frumento | | |
| | | | | 3 | frumento | | |

Tabella 5b. Colture di successione ai principali diserbanti impiegati sulle specie orticole (le colture con l'asterisco possono essere seminate dopo i tempi indicati con l'asterisco).

| DISERBANTE E % DI P.A. | COLTURA DISERBATA | EPOCA E MODALITÀ DI IMPIEGO | GIORNI DAL TRATTAMENTO | DOSE (l o kg/ha di f.c.) | COLTURE DI SUCCESSIONE | | |
|------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|------------------------------|--------------------------------|---|--------------------------|--------------|
| | | | | | POSSIBILI | POSSIBILI CON CAUTELA | SCONSIGLIATE |
| TRIFLURALIN 45,8 % | Cetriolo e Zucchini | Pre-trapianto interrato | 70(*)-109 | 1,5 | frumento, cipolla, spinacio, lattuga, cetriolo, finocchio, fagiolino, cavolo, pomodoro | frumento(*) | |
| | | | | 3 | frumento, cipolla, spinacio, lattuga, cetriolo, finocchio, fagiolino, cavolo, pomodoro | | frumento(*) |
| | Cavolo | Pre-trapianto interrato | 74 | 1,5 | cipolla, spinacio, lattuga, cetriolo, finocchio, fagiolino, cavolo, pomodoro | frumento | |
| | | | | 3 | cipolla, spinacio, lattuga, cetriolo, finocchio, fagiolino, cavolo, pomodoro | frumento | |

Tabella 5c. Colture di successione ai principali diserbanti impiegati sulle specie orticole (le colture con l'asterisco possono essere seminate dopo i tempi indicati con l'asterisco).

| DISERBANTE E % DI P.A. | COLTURA DISERBATA | EPOCA E MODALITÀ DI IMPIEGO | GIORNI DAL TRATTAMENTO | DOSE (l o kg/ha di f.c.) | COLTURE DI SUCCESSIONE | | |
|------------------------------------|---|--|------------------------------|--------------------------------|--|--|-----------------------------------|
| | | | | | POSSIBILI | POSSIBILI CON CAUTELA | SCONSI- GLIATE |
| 137 PENDIMETHALIN 31,7 % | Lattuga e indivia seminate e trapiantate | Pre-emergenza, Pre-trapianto in superficie | 65(*)-80 | 4-5 | frumento, lattuga, radicchio, finocchio, fagiolino, cavolo, cetriolo, carota, ravanello | frumento(*), spinacio | |
| | | | | 8-10 | radicchio, carota, ravanello | frumento(*), radicchio(*), finocchio, fagiolino, cavolo | spinacio(*), lattuga, cetriolo |
| | Fagiolino | Pre-emergenza | 80 | 4 | radicchio, finocchio, fagiolino, cetriolo, carota, cavolo, ravanello | spinacio | frumento |
| | | | | 8 | finocchio, fagiolino, carota, cavolo, ravanello | radicchio, cetriolo | frumento, spinacio |
| | Pisello | Pre-emergenza | 84-85 | 4 | lattuga, cavolo | finocchio, fagiolino, cetriolo | spinacio |
| | | | | 8 | lattuga, cavolo | finocchio | spinacio, fagiolino, cetriolo |

Tabella 5d. Colture di successione ai principali diserbanti impiegati sulle specie orticole.

| DISERBANTE E % DI P.A. | COLTURA DISERBATA | EPOCA E MODALITÀ DI IMPIEGO | GIORNI DAL TRATTAMENTO | DOSE (l o kg/ha di f.c.) | COLTURE DI SUCCESIONE | | |
|------------------------------|------------------------|-----------------------------------|------------------------------|--------------------------------|--|--|----------------------------------|
| | | | | | POSSIBILI | POSSIBILI CON CAUTELA | SCONSI- GLIATE |
| PENDIMETHALIN 31,7 % | Patata | Pre-emergenza | 103-115 | 4 | finocchio, fagiolino, cavolo | cipolla, cetriolo, lattuga | spinacio |
| | | | | 8 | finocchio, cavolo | cipolla, cetriolo, fagiolino | spinacio, lattuga, |
| | Pomodoro e peperone | Pre-emergenza | 150 | 5 | frumento | | |
| | | | | 10 | | frumento | |
| | Cavolo | Pre-emergenza | 74 | 4,5 | cipolla, finocchio, cavolo | spinacio, lattuga, cetriolo | frumento, pomodoro |
| | | | | 9 | cipolla, finocchio, cavolo | lattuga, cetriolo | frumento, spinacio e pomodoro |
| LINURON 37,6 % | Fagiolino | Pre-emergenza | 80 | 1 | spinacio, radicchio, finocchio, fagiolino, cetriolo, carota, ravanello | cavolo | frumento |
| | | | | 2 | radicchio, fagiolino, carota | spinacio, finocchio, cetriolo, ravanello | frumento, cavolo |
| | Pisello | Pre-emergenza | 84-85 | 1 | spinacio, lattuga, finocchio, fagiolino, cetriolo, cavolo | | |
| | | | | 2 | spinacio, lattuga, cavolo | finocchio, cetriolo | fagiolino |

Tabella 5e. Colture di successione ai principali diserbanti impiegati sulle specie orticole.

| DISERBANTE E % DI P.A. | COLTURA DISERBATA | EPOCA E MODALITÀ DI IMPIEGO | GIORNI DAL TRATTAMENTO | DOSE (l o kg/ha di f.c.) | COLTURE DI SUCCESSIONE | | |
|---------------------------------|----------------------|-----------------------------------|------------------------------|--------------------------------|--|--|-------------------|
| | | | | | POSSIBILI | POSSIBILI CON CAUTELA | SCONSI- GLIATE |
| LINURON 37,6 % | Patata | Pre-emergenza | 103-115 | 1 | cipolla, spinacio, finocchio | lattuga, fagiolino, cavolo, cetriolo | |
| | | | | 2 | cipolla, spinacio, finocchio, fagiolino | lattuga, cetriolo | cavolo |
| 139 METOBROMURON 50 % | Fagiolino | Pre-emergenza | 80 | 2,5 | frumento, spinacio, radicchio, finocchio, fagiolino, cetriolo, cavolo, carota, ravanello | | |
| | | | | 5 | fagiolino, cetriolo, ravanello | frumento, spinacio, radicchio, finocchio, cavolo, carota | |
| | Patata | Pre-emergenza | 103-115 | 4 | frumento, cipolla, spinacio, lattuga, finocchio, fagiolino, cetriolo, cavolo | | |
| | | | | 8 | frumento, cipolla, spinacio, lattuga, finocchio, fagiolino, cavolo | | cetriolo |

Tabella 5f. Colture di successione ai principali diserbanti impiegati sulle specie orticole.

| DISERBANTE E % DI P.A. | COLTURA DISERBATA | EPOCA E MODALITÀ DI IMPIEGO | GIORNI DAL TRATTAMENTO | DOSE (l o kg/ha di f.c.) | COLTURE DI SUCCESSIONE | | |
|------------------------------|------------------------|---|------------------------------|--------------------------------|--|--------------------------|--|
| | | | | | POSSIBILI | POSSIBILI CON CAUTELA | SCONSI- GLIATE |
| TERBUTRYN 44 % | Pisello | Pre-emergenza | 84-85 | 2,5 | spinacio, lattuga, finocchio, fagiolino, cetriolo, cavolo | | |
| | | | | 5 | spinacio, lattuga, finocchio, fagiolino, cavolo | cetriolo | |
| 140 METRIBUZIN 35 % | Patata | Pre-semina, Pre-emergenza e pre-trapianto in superficie | 103-115 | 1,5 | cipolla | finocchio | spinacio, lattuga, fagiolino, cetriolo, cavolo |
| | | | | 3 | | cipolla | spinacio, lattuga, finocchio, fagiolino, cetriolo, cavolo |
| | Pomodoro e peperone | Pre-semina, Pre-emergenza e pre-trapianto in superficie | 150 | 1,5 | | frumento | |
| | | | | 3 | | frumento | |
| METAZACHLOR 43,1 % | Patata | Post-trapianto | 115 | 1,5 | spinacio, lattuga, fagiolino, cetriolo, cavolo | | |
| | | | | 3 | spinacio, lattuga, cetriolo, cavolo | fagiolino | |

Tabella 5g. Colture di successione ai principali diserbanti impiegati sulle specie orticole (le colture con l'asterisco possono essere seminate dopo i tempi indicati con l'asterisco).

| DISERBANTE E % DI P.A. | COLTURA DISERBATA | EPOCA E MODALITÀ DI IMPIEGO | GIORNI DAL TRATTAMENTO | DOSE (l o kg/ha di f.c.) | COLTURE DI SUCCESSIONE | | |
|------------------------------|--------------------------------|---|------------------------------|--------------------------------|--|--------------------------|--|
| | | | | | POSSIBILI | POSSIBILI CON CAUTELA | SCONSI- GLIATE |
| METAZACHLOR 43,1 % | Cavolo | Post-trapianto | 74 | 1,5 | frumento, cipolla, spinacio, lattuga, finocchio, fagiolino, cetriolo, cavolo, pomodoro | | |
| | | | | 3 | cipolla, spinacio, lattuga, finocchio, cetriolo, cavolo, pomodoro | frumento, fagiolino | |
| LENACIL 80 % | Spinacio e Bietola da coste | Pre-semina, Pre- emergenza, Post- trapianto | 60-90(*) | 0,7 | spinacio, finocchio, fagiolino, cetriolo(*) | | lattuga, cavolo, carota |
| | | | | 1,4 | | cetriolo(*) | lattuga, finocchio, fagiolino, cavolo, carota |
| CYCLOATE 72,7 % | Spinacio e Bietola da coste | Pre-semina interrato | 60-90(*) | 6 | spinacio, lattuga, finocchio, fagiolino(*), cetriolo(*), cavolo | fagiolino | carota |
| | | | | 12 | spinacio, fagiolino(*) | cetriolo(*) | spinacio, lattuga, finocchio, fagiolino, cavolo, carota |

Tabella 5h. Colture di successione ai principali diserbanti impiegati sulle specie orticole (le colture con l'asterisco possono essere seminate dopo i tempi indicati con l'asterisco).

| DISERBANTE E % DI P.A. | COLTURA DISERBATA | EPOCA E MODALITÀ DI IMPIEGO | GIORNI DAL TRATTAMENTO | DOSE (l o kg/ha di f.c.) | COLTURE DI SUCCESSIONE | | |
|------------------------------|---|---|------------------------------|--------------------------------|---|--|---|
| | | | | | POSSIBILI | POSSIBILI CON CAUTELA | SCONSI- GLIATE |
| CHLORIDAZON 65 % | Spinacio e Bietola da coste | Pre-semina Pre-emergenza | 60-90(*) | 6 | spinacio,lattuga(*), finocchio, fagiolino(*), cavolo, carota | | fagiolino |
| | | | | 12 | spinacio, lattuga, fagiolino(*) | cavolo | finocchio, fagiolino, carota |
| PROPYZAMIDE 50 % | Lattuga e Indivia seminate e trapiantate | Pre-semina, Pre- trapianto, Post- semina (20 giorni), Post-trapianto | 65(*)-80 | 4 | spinacio(*),lattuga, radicchio(*),finoc- chio, fagiolino, cavolo, carota(*), ravanello(*) | cetriolo | frumento(*) |
| | | | | 8 | spinacio, radicchio(*), fagiolino, carota (*), ravanello(*) | spinacio(*), lattuga, cetriolo, cavolo | frumento(*), |
| OXYFLUORFEN 23,6 % | Cavolo | Pre-trapianto | 74 | 2,5 | fagiolino | cavolo | frumento, cipolla, spinacio, lattuga, finocchio, cetriolo, pomodoro |
| | | | | 5 | fagiolino | | frumento, cipolla, spinacio, lattuga, finocchio, cetriolo, cavolo, pomodoro |
| | Pomodoro e Peperone | Pre-trapianto | 150 | 2,5 | | frumento | |
| | | | | 5 | | | frumento |

Tabella 6a. Colture orticole di sostituzione e successione ai diserbanti del frumento

| PRODOTTO | EPOCA | DOSE (l o kg/ha di f.c.) | COLTURE DI SOSTITUZIONE a 165 giorni dal trattamento | | | COLTURE DI SUCCESSIONE dopo la trebbiatura | | |
|-------------------------|-------------------|--------------------------------|--|-------------------------------------|---------------------------------|--|---|-------------------|
| | | | POSSIBILI | POSSIBILI CON CAUTELA | SCONSI- GLIATE | POSSIBILI | POSSIBILI CON CAUTELA | SCONSI- GLIATE |
| TRIFLURALIN 45,8 % | Pre- emergenza | 2 | lattuga, finocchio, fagiolino, cetriolo, cavolo, ravanello, pomodoro | cipolla, spinacio | | cipolla, spinacio, lattuga, finocchio, fagiolino, cetriolo, cavolo | | |
| | | 4 | finocchio, fagiolino, cetriolo, cavolo, ravanello, pomodoro | cipolla, spinacio, lattuga | | cipolla, lattuga, finocchio, fagiolino, cetriolo, cavolo | spinacio | |
| PENDIMETHALIN 31,7 % | Pre- emergenza | 3 | cipolla, finocchio, fagiolino, cetriolo | spinacio, ravanello, pomodoro | lattuga | cipolla, lattuga, finocchio, fagiolino, cetriolo, cavolo | spinacio | |
| | | 6 | cipolla, finocchio, fagiolino | cetriolo, ravanello, pomodoro | spinacio, lattuga, cavolo | cipolla | lattuga, finocchio, fagiolino, cetriolo, cavolo | spinacio |

Tabella 6b. Colture orticole di sostituzione e successione ai diserbanti del frumento

| PRODOTTO | EPOCA | DOSE (l o kg/ha di f.c.) | COLTURE DI SOSTITUZIONE a 165 giorni dal trattamento | | | COLTURE DI SUCCESSIONE dopo la trebbiatura | | |
|------------------------|-------------------|--------------------------------|--|-----------------------------|--|--|-----------------------------|---|
| | | | POSSIBILI | POSSIBILI CON CAUTELA | SCONSI- GLIATE | POSSIBILI | POSSIBILI CON CAUTELA | SCONSI- GLIATE |
| LINURON 37,6 % | Pre- emergenza | 1 | cipolla, spinacio, lattuga, finocchio, fagiolino, cavolo, pomodoro | cetriolo | ravanello | cipolla, spinacio, lattuga, finocchio, fagiolino, cetriolo, cavolo | | |
| | | 2 | cipolla, spinacio, finocchio, fagiolino, pomodoro | lattuga, cavolo | cetriolo, ravanello | cipolla, spinacio, finocchio, fagiolino, cavolo | lattuga, cetriolo | |
| CHLORTOLURON 43,6 % | Pre- emergenza | 5 | spinacio, pomodoro | ravanello | cipolla, lattuga, finocchio, fagiolino, cetriolo, cavolo | cipolla, spinacio | | lattuga, finocchio, fagiolino, cetriolo, cavolo |
| | | 10 | spinacio | | cipolla, lattuga, finocchio, fagiolino, cetriolo, cavolo, ravanello, pomodoro | cipolla | spinacio | lattuga, finocchio, fagiolino, cetriolo, cavolo |

Tabella 6c. Colture orticole di sostituzione e successione ai diserbanti del frumento

| PRODOTTO | EPOCA | DOSE (1 o kg/ha di f.c.) | CULTURE DI SOSTITUZIONE a 165 giorni dal trattamento | | | CULTURE DI SUCCESSIONE dopo la trebbiatura | | |
|------------------------|--------------------|--------------------------------|---|-----------------------------|---------------------------------|--|------------------------------------|---|
| | | | POSSIBILI | POSSIBILI CON CAUTELA | SCONSI- GLIATE | POSSIBILI | POSSIBILI CON CAUTELA | SCONSI- GLIATE |
| CHLORTOLURON 43,6 % | Post- emergenza | 2,5 | | | | | cipolla, spinacio, finocchio | lattuga, fagiolino, cetriolo, cavolo |
| ISOPROTURON 45,1 % | Post- emergenza | 2 | | | | cipolla, spinacio, lattuga, finocchio, fagiolino, cetriolo, cavolo | cetriolo, cavolo | |
| TERBUTRYN 44 % | Pre- emergenza | 2,5 | cipolla, spinacio, lattuga, finocchio, fagiolino, cetriolo, cavolo, ravanello, pomodoro | | | cipolla, spinacio, lattuga, finocchio, fagiolino, cetriolo, cavolo | | |
| | | 5 | cipolla, spinacio, finocchio, fagiolino, pomodoro | ravanello | lattuga, cetriolo, cavolo | cipolla, spinacio, lattuga, finocchio, fagiolino, cetriolo, cavolo | | |

Tabella 6d. Colture orticole di sostituzione e successione ai diserbanti del frumento

| PRODOTTO | EPOCA | DOSE (l o kg/ha di f.c.) | COLTURE DI SOSTITUZIONE a 165 giorni dal trattamento | | | COLTURE DI SUCCESSIONE dopo la trebbiatura | | |
|-----------------------|-----------------|--------------------------------|---|-----------------------------|----------------------|--|-----------------------------|-------------------|
| | | | POSSIBILI | POSSIBILI CON CAUTELA | SCONSI- GLIATE | POSSIBILI | POSSIBILI CON CAUTELA | SCONSI- GLIATE |
| CHLORSULFURON 75 % | Pre- energia | 0,020 | cipolla, lattuga, finocchio, fagiolino, cetriolo, ravanello, pomodoro | spinacio, cavolo | | cipolla, spinacio, lattuga, finocchio, fagiolino, cetriolo, cavolo | | |
| | | 0,040 | cipolla, lattuga, fagiolino, ravanello, pomodoro | spinacio, cetriolo | finocchio, cavolo | cipolla, spinacio, lattuga, finocchio, fagiolino, cetriolo, cavolo | | |

Tabella 7. Colture orticole di sostituzione e successione ai principali diserbanti delle colture sarchiate (mais, soia, girasole)

| DISERBANTI | COLTURE DI SOSTITUZIONE | | COLTURE DI SUCCESSIONE | |
|----------------|---|--|--|---|
| | POSSIBILI | SCONSIGLIATE | POSSIBILI | SCONSIGLIATE |
| TRIFLURALIN | lattuga, radicchio, finocchio, fagiolino, cavolo, ravenello | cipolla, spinacio, cetriolo | cipolla, lattuga, radicchio, finocchio, fagiolino, cetriolo, cavolo, carota, ravenello, pomodoro | spinacio |
| PENDIMETHALIN | lattuga, radicchio, finocchio, cavolo, fagiolino | spinacio, cetriolo, ravenello, pomodoro | cipolla, lattuga, radicchio, finocchio, fagiolino, cavolo, cetriolo, carota, ravenello | spinacio |
| ACIFLUORFEN | fagiolo, pisello | crocifere, spinacio | tutte | nessuna |
| FOMESAFEN | fagiolo, pisello | bietola, spinacio, crocifere | fagiolo, pisello, patata | bietola, spinacio, crocifere |
| ACLONIFEN | pisello, pomodoro, patata, fagiolo | bietola, spinacio, crocifere | tutte | nessuna |
| CLOPIRALID | bietola, spinacio | insalate, fagiolo, pisello, ombrellifere, pomodoro | bietola, crocifere | fagiolo, pisello |
| LINURON | sedano, finocchio, porro, pisello, fagiolo | bietole, crocifere, lattuga, cucurbitacee | spinacio, finocchio, fagiolino, cetriolo, ravenello | lattuga |
| METOBROMURON | finocchio, fagiolino | crocifere, lattuga, cucurbitacee | spinacio, radicchio, finocchio, fagiolino, cetriolo | crocifere |
| TERBUTHYLAZINE | nessuna | tutte | nessuna | tutte |
| METRIBUZIN | pomodoro, pisello | cipolla, spinacio, lattuga, cavolo, finocchio, fagiolino, cetriolo | pomodoro, patata | spinacio, lattuga, finocchio, fagiolino, cetriolo, cavolo e altre crocifere |
| METOLACHLOR | fagiolo, pisello, pomodoro, crocifere | graminacee | tutte | graminacee |
| ALACHLOR | fagiolo, pomodoro, crocifere | graminacee, spinacio, bietola | tutte | graminacee |
| NICOSULFURON | | crocifere, ombrellifere | tutte | nessuna |
| IMAZETHAPYR | fagiolo, pisello, fava | spinacio, crocifere, pomodoro, bietola | pomodoro, insalate, leguminose, ombrellifere | crocifere, bietola, spinacio |
| SULCOTRIONE | - | bietola, spinacio, crocifere, insalate | tutte | nessuna |

(da G. Rapparini: "Il diserbo delle colture", ed. L'informatore Agrario, 1996)

Tabella 8. Limiti di persistenza e percolazione e di sensibilità delle piante test dei principali erbicidi delle colture orticole

| DISERBANTE | LIMITI DI PERSISTENZA | GRADO DI PERCOLAZIONE | PIANTA TEST | LIMITE DI SENSIBILITÀ (ng g ⁻¹ di terreno) |
|---------------|------------------------|-----------------------|---------------------------|---|
| TRIFLURALIN | tra 30 e 75 giorni | >5 e <25 cm | <i>Lolium multiflorum</i> | <20 |
| PENDIMETHALIN | tra 43 e 125 giorni | >5 e <25 cm | <i>Triticum aestivum</i> | <42 |
| OXYFLUORFEN | tra 39 e 139 giorni | >5 e <25 cm | <i>Allium cepa</i> | <17 |
| CHLORPROPHAM | superiore a 30 giorni | >5 e <10 cm | <i>Triticum aestivum</i> | <191 |
| CYCLOATE | superiore a 60 giorni | / | <i>Cucumis sativus</i> | <254 |
| LINURON | tra 49 e 115 giorni | >5 e <25 cm | <i>Cucumis sativus</i> | <12 |
| METOBROMURON | tra 49 e 115 giorni | >5 e <50 cm | <i>Cucumis sativus</i> | <23 |
| TERBUTRYN | tra 43 e 84 giorni | >5 e <10 cm | <i>Cucumis sativus</i> | <128 |
| METRIBUZIN | superiore a 115 giorni | >5 e <25 cm | <i>Cucumis sativus</i> | <15 |
| METAZACHLOR | tra 30 e 75 giorni | >5 e <25 cm | <i>Triticum aestivum</i> | <22 |
| PROPACHLOR | superiore a 32 giorni | <25 cm | <i>Triticum aestivum</i> | <256 |
| PROPYZAMIDE | superiore a 80 giorni | >10 cm | <i>Triticum aestivum</i> | 176 |
| NAPTALAM | superiore a 36 giorni | <25 cm | <i>Triticum aestivum</i> | <249 |
| LENACIL | superiore a 60 giorni | / | <i>Cucumis sativus</i> | <32 |

Previsione della persistenza e del comportamento degli erbicidi utilizzati nelle colture orticole

Come già anticipato, raccogliere una banca dati come quella appena presentata richiede tempi e costi molto elevati e ciò non è spesso compatibile con l'elevato numero di principi attivi e di colture orticole, nonché con le esigenze di registrazione di un mercato in continua evoluzione. Per questo motivo è forte l'esigenza di prevedere *a priori* con sufficiente precisione il comportamento degli erbicidi, prima ancora di impiegarli. Per questo fine, la tendenza attuale è quella di utilizzare due metodiche: semplici indici d'impatto e veri e propri modelli di simulazione. Le due possibilità verranno descritte di seguito.

Indici d'impatto

La valutazione basata sugli indici d'impatto è probabilmente la più semplice ed economica: il comportamento tendenziale di un erbicida viene valutato sinteticamente considerando le caratteristiche chimico fisiche della molecola ed il suo comportamento in alcune situazioni specifiche. Ovviamente si tratta di una valutazione piuttosto approssimata, data la notevole variabilità di comportamento di una molecola in funzione delle condizioni in cui questa viene utilizzata.

Tuttavia, è indubbio che alcuni principi attivi siano potenzialmente più pericolosi di altri e la definizione di questi semplici indici potrebbe essere di grande aiuto nello scegliere le molecole meno pericolose in una data situazione o per orientare la registrazione dei prodotti verso quelli più ecocompatibili.

Ovviamente, per la definizione degli indici d'impatto non esiste una via unica (Cohen *et al.*, 1984; Zanin *et al.*, 1996), anche se la strada seguita in Italia da Zanin *et al.* (1996) appare di notevole interesse. I citati autori hanno pensato di classificare gli erbicidi sulla base di una serie di parametri che tengono in considerazione sia il comportamento ambientale tendenziale sia le caratteristiche tossicologiche. Questa classificazione è basata sul principio secondo cui un erbicida molto tossico, ma che rimane concentrato in un comparto dell'ambiente in cui non viene a contatto con alcun essere vivente, sarà sicuramente meno pericoloso di uno che invece, pur essendo poco tossico, è anche molto disponibile per gli esseri viventi.

Senza entrare nei dettagli del metodo, vale la pena di ricordare che nella definizione dell'indice vengono tenuti in considerazione i parametri riportati in Tabella 9, distinti in ambientali, tossicologici e comuni.

Sulla base del valore assunto da ognuno dei sette indici anzidetti, l'erbicida viene assegnato ad una classe, secondo lo schema riportato in Tabella 10. Ovviamente, ad una classe più bassa corrisponde un minor rischio ecotossicologico. I valori delle classi ottenute da un singolo erbicida vengono moltiplicati tra loro per definire un indice integrato, che può essere utilizzato per classificare gli erbicidi in base al loro impatto sull'ambiente.

Tabella 9. Indici ambientali, tossicologici e comuni utilizzati per la classificazione degli erbicidi (da Otto e Zanin, 1998; non pubblicato).

| Indici ambientali | Indici tossicologici | Indice comune |
|---|---|---|
| Lisciviabilità (<i>GUS</i>) | Tossicità cronica per i mammiferi (<i>NOEL</i>) | Carico (<i>g di p.a. ha⁻¹ anno⁻¹</i>) |
| Volatilizzazione (<i>LogJ di Hartley</i>) | Tossicità acuta per i mammiferi (<i>DL50</i>) | |
| Bioaccumulabilità (<i>K_{ow}</i>) | Tossicità per i pesci (<i>CL50</i>) | |

Tabella 10. Classificazione degli indici ambientali (da Otto e Zanin, 1998; non pubblicato).

| Classe | GUS | LogJ di Hartley | Log <i>K_{ow}</i> | NOEL | DL50 | CL50 | Carico |
|--------|-----------|-----------------|---------------------------|-----------|--------------|----------|-----------|
| 1 | < 0 | < -3 | < 0 | > 1'000 | >10'000 | > 100 | < 100 |
| 2 | 0 - 1.8 | -3 - 0 | 0 - 3 | 100-1'000 | 1'000-10'000 | 10 - 100 | 100-1'000 |
| 3 | 1.8 - 2.8 | > 0 | > 3 | < 100 | < 1'000 | < 10 | > 1'000 |
| 4 | 2.8 - 3.8 | - | - | - | - | - | - |
| 5 | > 3.8 | - | - | - | - | - | - |

Ad esempio, l'aclonifen ha un GUS pari a 0.1 (classe 2), un LogJ di Hartley pari a -3.58 (classe 1), un Log *K_{ow}* pari a 4.37 (classe 3), un NOEL di 400 (classe 2), una DL50 di 5000 (classe 2) e una CL50 di 0.67 (classe 3); il carico risulta di 900 g ha⁻¹ per anno (in genere si fa un solo trattamento per ettaro; classe 2). Il valore dell'indice ambientale è 6 (2 x 1 x 3), il valore dell'indice tossicologico è 12 (2 x 2 x 3), il valore dell'indice integrato è 144 (6 x 12 x 2).

Gli autori anzidetti hanno anche tentato una classificazione dei principali erbicidi utilizzabili nelle colture orticole. Il risultato è sintetizzato in Tabella 11. L'interesse di questi dati è notevole e permette svariati confronti che vengono lasciati al lettore. Tuttavia è necessario rimarcare il fatto che la valutazione proposta non ha alcun significato fisico, ma è tuttavia utile come indicazione preventiva per poter isolare, a parità di prestazioni agronomiche, i principi attivi più compatibili dal punto di vista ambientale, sia a livello di pieno campo, che per scopi legati alle registrazioni.

Tabella 11. Indici d'impatto ambientale di alcuni erbicidi impiegati nelle colture orticole (da Otto e Zanin, dati non pubblicati).

| Principio attivo | GUS | Classe | Log J | Classe | LogK _{ow} | Classe | Indice ambientale | NOEL | Classe | DL50 | Classe | CL50 | Classe | Indice tossicologico | Classe carico | Indice integrato |
|--------------------|-------|--------|-------|--------|--------------------|--------|-------------------|------|--------|-------|--------|-------|--------|----------------------|---------------|------------------|
| Aclonifen | 0.10 | 2 | -3.58 | 1 | 4.37 | 3 | 6 | 400 | 2 | 5000 | 2 | 0.67 | 3 | 12 | 2 | 144 |
| Benfluralin | -2.25 | 1 | -0.80 | 2 | 5.29 | 3 | 6 | 1000 | 2 | 10000 | 2 | 0.08 | 3 | 12 | 3 | 216 |
| Chloridazon | 4.46 | 5 | -3.83 | 1 | 1.19 | 2 | 10 | 229 | 2 | 3830 | 2 | 32.00 | 2 | 8 | 3 | 240 |
| Chlorpropham | 2.07 | 3 | -7.84 | 1 | 2.81 | 2 | 6 | 2000 | 1 | 5000 | 2 | 1.00 | 3 | 6 | 3 | 108 |
| Chlortal-dimethyl | 0.60 | 2 | -2.42 | 2 | 4.28 | 3 | 12 | 2029 | 1 | 13 | 3 | 4.70 | 3 | 9 | 3 | 324 |
| Clopyralid | 5.16 | 5 | -1.73 | 2 | -2.63 | 1 | 10 | 214 | 2 | 4300 | 2 | 103.5 | 1 | 4 | 2 | 80 |
| Cycloxydim | 1.41 | 2 | -3.74 | 1 | 1.36 | 2 | 4 | 100 | 2 | 5000 | 2 | 220 | 1 | 4 | 2 | 32 |
| Desmedipham | 1.21 | 2 | -6.16 | 1 | 3.39 | 3 | 6 | 60 | 3 | 10250 | 1 | 1.7 | 3 | 9 | 2 | 108 |
| Diclofop-methyl | -0.30 | 1 | -2.34 | 2 | 4.57 | 3 | 6 | 1 | 3 | 481 | 3 | 0.23 | 3 | 27 | 2 | 324 |
| Diphenamid | 2.48 | 3 | -4.81 | 1 | 2.53 | 2 | 6 | 2000 | 1 | 1050 | 2 | 1 | 3 | 6 | 3 | 108 |
| Dinitramine | 0.59 | 2 | -2.07 | 2 | 4.30 | 3 | 12 | 2000 | 1 | 3000 | 2 | 6.6 | 3 | 6 | 2 | 144 |
| Fenoxaprop-P-ethyl | 0.02 | 2 | -4.10 | 1 | 4.19 | 3 | 6 | 80 | 3 | 4670 | 2 | 0.48 | 3 | 18 | 2 | 216 |
| Fluazifop-P-butyl | 0.28 | 2 | -1.98 | 2 | 4.50 | 3 | 12 | 10 | 3 | 3680 | 2 | 1.07 | 3 | 18 | 2 | 432 |
| Flurochloridone | 1.51 | 2 | -1.88 | 2 | 3.36 | 3 | 12 | 100 | 2 | 4000 | 2 | 3 | 3 | 12 | 2 | 288 |
| Haloxifop-R | 3.29 | 4 | -2.20 | 2 | 4.05 | 3 | 24 | 1 | 3 | 300 | 3 | 0.7 | 3 | 27 | 1 | 648 |
| Ioxynil | 0.82 | 2 | -1.72 | 2 | 3.24 | 3 | 12 | 57 | 3 | 110 | 3 | 4 | 3 | 27 | 3 | 972 |
| Isopropalin | 0.00 | 1 | -1.15 | 2 | 4.21 | 3 | 6 | 813 | 2 | 5000 | 2 | 0.01 | 3 | 12 | 3 | 216 |
| Linuron | 2.49 | 3 | -3.09 | 1 | 3 | 2 | 6 | 50 | 3 | 2750 | 2 | 3.15 | 3 | 18 | 2 | 216 |
| Metazachlor | 1.45 | 2 | -3.09 | 1 | 2.13 | 2 | 4 | 3 | 3 | 2150 | 2 | 4 | 3 | 18 | 2 | 144 |
| Metobromuron | 2.66 | 3 | -2.19 | 2 | 2.41 | 2 | 12 | 250 | 2 | 2603 | 2 | 36 | 2 | 8 | 2 | 192 |
| Metribuzin | 3.56 | 4 | -3.07 | 1 | 1.58 | 2 | 8 | 100 | 2 | 2000 | 2 | 64 | 2 | 8 | 2 | 128 |
| Naptalam | 3.09 | 4 | 3.36 | 3 | 0.00 | 2 | 24 | 429 | 2 | 8200 | 2 | 76.1 | 2 | 8 | 3 | 576 |
| Oxyfluorfen | -1.54 | 1 | -3.29 | 1 | 4.47 | 3 | 3 | 40 | 3 | 5000 | 2 | 0.41 | 3 | 18 | 2 | 108 |
| Pendimethalin | 0.59 | 2 | -1.17 | 2 | 5.18 | 3 | 12 | 100 | 2 | 1250 | 2 | 0.14 | 3 | 12 | 2 | 288 |
| Phenmedipham | 0.92 | 2 | -7.64 | 1 | 3.59 | 3 | 6 | 100 | 2 | 8000 | 2 | 1.4 | 3 | 12 | 2 | 144 |
| Prometryn | 2.49 | 3 | -2.58 | 2 | 3.10 | 2 | 12 | 1250 | 1 | 5235 | 2 | 2.5 | 3 | 6 | 3 | 216 |
| Propachlor | 1.68 | 2 | -0.35 | 2 | 1.96 | 2 | 8 | 37 | 3 | 550 | 3 | 0.17 | 3 | 27 | 3 | 648 |
| Propaquizafop | -0.75 | 1 | -8.03 | 1 | 4.78 | 3 | 3 | 89 | 3 | 5000 | 2 | 1.2 | 3 | 18 | 2 | 108 |
| Propyzamide | 1.62 | 2 | -3.03 | 1 | 3.20 | 3 | 6 | 200 | 2 | 8350 | 2 | 4.7 | 3 | 12 | 3 | 216 |
| Quizalofop-P-ethyl | 2.29 | 3 | -7.78 | 1 | 4.28 | 3 | 9 | 25 | 3 | 1670 | 2 | 10.7 | 2 | 12 | 1 | 108 |
| Rimsulfuron | 1.26 | 2 | -4.51 | 1 | 0.03 | 2 | 4 | 300 | 2 | 5000 | 2 | 390 | 1 | 4 | 1 | 16 |
| Sethoxydim | 1.40 | 2 | -3.63 | 1 | 1.65 | 2 | 4 | 246 | 2 | 3200 | 2 | 38 | 2 | 8 | 2 | 64 |
| Tralkoxydim | 1.01 | 2 | -5.17 | 1 | 2.10 | 2 | 4 | 13 | 3 | 1324 | 2 | 7.2 | 3 | 18 | 2 | 144 |
| Trifluralin | 0.18 | 2 | -0.76 | 2 | 5.27 | 3 | 12 | 813 | 2 | 5000 | 2 | 0.01 | 3 | 12 | 2 | 288 |

Impiego di modelli di simulazione

Negli ultimi anni si è intensificato lo studio di modelli matematici per la previsione del comportamento dei fitofarmaci nell'ambiente (*Pesticide Leaching Models*, PLMs) ed il loro sviluppo ha portato a risultati molto interessanti (Mullins *et al.*, 1992; Walker e Hollis, 1994; Boesten, 1994; Klein, 1995; Jarvis, 1993; Hutson e Wagenet, 1993). A differenza dei semplici indici d'impatto prima riportati, che fanno riferimento solo ad alcune caratteristiche dell'erbicida, i modelli si possono definire come la descrizione matematica, tradotta in linguaggio informatico, di una rappresentazione concettuale più o meno semplificata di una parte del mondo reale. Essi simulano molti processi idrologici e molte reazioni chimiche che avvengono nel terreno, trasformando gli input numerici in una rappresentazione quantitativa del movimento di un fitofarmaco.

Il numero dei modelli proposti ed il numero degli utenti è in forte e continuo aumento e la loro utilità pratica si comprende meglio quando si pensa alle diverse funzioni che essi possono essere chiamati a svolgere non solo per valutazioni di impatto ambientale, ma anche per scopi legislativi. Le finalità più evidenti sono:

- valutare i problemi causati dall'immissione dei fitofarmaci nell'ambiente;
- selezionare i fitofarmaci in base alla loro pericolosità in determinati anni a determinate dosi ed a determinati tempi di applicazione;
- valutare il potenziale rischio di inquinamento delle falde da parte di nuovi prodotti;
- fornire una guida per la registrazione di nuove molecole proposte dalle case produttrici.

La continua evoluzione della modellistica propone ogni anno nuovi modelli sia per scopi di ricerca che normativi, anche per effetto della Direttiva CEE 91/414 che impone a tutti i Paesi Membri di provvedere a legiferare in materia di Registrazione dei Fitofarmaci. In particolare, le proposte di registrazione di nuovi prodotti dovranno essere corredate degli studi di carattere ambientale e delle simulazioni con determinati modelli per determinati "scenari".

Ogni PLM generalmente è strutturato in un insieme di sottomodelli, ciascuno dei quali simula uno dei processi coinvolti nel movimento dei fitofarmaci nel profilo del terreno. Alcuni dei sottomodelli sono presenti in tutti i PLMs, data la rilevanza degli effetti che considerano (flusso idrico, trasporto del fitofarmaco, adsorbimento, degradazione), altri possono essere o no presenti (volatilizzazione, ruscellamento).

I PLMs sono tutti di tipo deterministico, cioè modelli strutturati in modo che il sistema suolo-acqua-fitofarmaco venga descritto come fonte di eventi che conducono ad un unico risultato; i modelli di tipo stocastico (nei quali il sistema è descritto in maniera da valutare i processi in termini statistici con i risultati espressi in termini probabilistici) sarebbero più indicati per la simulazione di questi fenomeni, ma la loro messa a punto è più complicata ed a tutt'oggi non sono ancora stati realizzati.

Un'ulteriore distinzione dei modelli deterministici viene fatta in meccanicistici e funzionali; essa è dovuta alla differenza nella simulazione dei processi di base. I modelli di tipo meccanicistico simulano il flusso idrico in un modo complesso che porta a valutare la velocità istantanea di cambiamento del contenuto idrico e quindi a definire anche la velocità della variazione della concentrazione di un soluto in risposta a variazioni della velocità degli altri processi, quali convezione, diffusione, degradazione e assorbimento. I modelli di tipo funzionale invece presentano una trattazione semplificata del flusso idrico e del trasporto dei soluti, quindi richiedono un numero minore di dati per il loro uso. Essi definiscono le variazioni della concentrazione del soluto e del contenuto idrico e non le velocità di variazione e pertanto richiedono fattori di capacità, come ad esempio il contenuto idrico alla capacità di campo, piuttosto che fattori di velocità, come ad esempio la conduttività idraulica.

IL PELMO

Il PELMO (*PEsticide Leaching MOdel*) è stato realizzato da Klein (1995) sulla base di un altro modello, il PRZM (*PEsticide Root Zone Model*) ideato da Mullins *et al.* (1992). Si tratta di un modello deterministico di tipo funzionale che stima il trasporto verticale dei fitofarmaci nella zona insatura del terreno all'interno e al di sotto della zona radicale delle piante. Il trasporto dell'acqua viene simulato basandosi sul modello di capacità, cioè in base alle costanti idrologiche del terreno (capacità di campo e punto di appassimento); viene considerato che ogni strato di terreno trattiene acqua fino alla capacità di campo dopodiché l'acqua passa nello strato successivo. All'interno di uno strato restano omogenei i diversi parametri della simulazione quali umidità del terreno, densità del terreno, concentrazione del fitofarmaco. Per evitare un'elevata dispersione, gli strati per la simulazione devono avere uno spessore limitato (per un profilo di 1 metro, da 30 a 60 strati di 2-3 cm ciascuno); ogni giorno di simulazione tutti i parametri vengono ricalcolati. Oltre al flusso dell'acqua, il modello simula il trasporto del fitofarmaco basandosi sull'equazione di convezione-diffusione e molti altri processi quali erosione, scorrimento superficiale, evapotraspirazione, assorbimento dell'acqua e del fitofarmaco da parte delle piante, adsorbimento, degradazione e volatilizzazione. Per effettuare la simulazione di tutti i processi, il modello ha bisogno di una serie di input che possono essere raggruppati in quattro categorie principali. Nelle Tabelle 12, 13 e 14 vengono riportati tutti gli input richiesti dal PELMO con i valori utilizzati per le simulazioni di cui si riferirà in seguito, ricavati dalla letteratura o misurati in esperimenti specifici per le colture per le quali si intendeva effettuare la simulazione. È importante rilevare come la scelta dei parametri di input sia fondamentale ai fini dell'attendibilità dei risultati della simulazione ed è ovvio che, quanti più parametri sono

stati ricavati da esperimenti effettuati per le zone e le colture in esame, tanto più i risultati sono attendibili. Nelle simulazioni che si discuteranno in seguito sono stati utilizzati valori ragionevoli per i parametri in input, anche se lo scopo fondamentale non è tanto quello di simulare con attendibilità il comportamento degli erbicidi nel terreno, quanto quello di fornire un esempio dell'impiego dei modelli matematici.

Per quanto riguarda i dati meteorologici, il PELMO richiede i valori giornalieri di pioggia, le temperature massima e media dell'aria, lo scarto tra temperatura massima e minima e l'umidità relativa dell'aria. Per i tre scenari per i quali è stata effettuata la simulazione, i dati meteorologici sono stati scelti in modo da essere rappresentativi delle realtà poliennali locali.

Simulazioni matematiche

Come accennato, le simulazioni sono state effettuate per tre scenari, uno del Nord (Padova), uno del Centro (Perugia) ed uno del Sud (Potenza), per tre erbicidi tra i più utilizzati nelle colture orticole (metribuzin, propyzamide, pendimethalin) e per cinque colture (lattuga, radicchio, pomodoro, fagiolo e mais).

Tabella 12 - Dati sulle colture richiesti dal PELMO

| | Lattuga | Radicchio | Pomodoro (Centro) | Pomodoro (Sud) | Fagiolo | Mais |
|--|---------|-----------|----------------------|-------------------|---------|---------|
| max intercettazione acqua (fraz. %) | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| massima profondità radicale (cm) | 30 | 30 | 70 | 70 | 60 | 70 |
| massima copertura del suolo (%) | 90 | 90 | 80 | 80 | 100 | 100 |
| condizioni terr. dopo raccolta | incolto | incolto | residui | residui | residui | residui |
| max biomassa secca (mg m ⁻²) | 0,4 | 0,4 | 1,2 | 1,2 | 0,8 | 1,5 |
| data di semina | 22/4 | 22/7 | 15/5 | 15/4 | 24/5 | 10/4 |
| data di emergenza | 1/5 | 1/8 | 15/5 | 15/4 | 1/6 | 20/4 |
| data di maturazione | 15/6 | 1/11 | 15/8 | 15/8 | 10/8 | 25/9 |
| data di raccolta | 15/6 | 1/11 | 15/8 | 15/8 | 10/8 | 15/10 |
| assorbimento delle piante (fraz. %) | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| data di trattamento | 23/4 | 23/7 | 26/5 | 14/4 | 25/5 | 10/4 |
| dose (kg ha ⁻¹) | | | | | | |
| propyzamide | 1,4 | 1,4 | | | | |
| metribuzin | - | - | 0,2 | 0,35 | - | - |
| pendimethalin | - | - | - | - | 1,3 | 1,5 |

Con queste combinazioni è stato possibile valutare tre aspetti fondamentali: il destino di un erbicida in una coltura orticola nel suo scenario d'elezione (propyzamide per lattuga e radicchio nel Nord Italia); il confronto tra il destino di un erbicida utilizzato in una coltura orticola in due scenari in cui viene usualmente coltivata (metribuzin per il pomodoro al Centro ed al Sud Italia) ed il confronto, nello stesso scenario, tra il destino di un erbicida utilizzato sia in una coltura orticola che in un cereale (pendimethalin per fagiolo e mais al Centro).

Tabella 13 - Dati sui terreni richiesti dal PELMO

| | PADOVA | PERUGIA | POTENZA |
|--|--------|---------|---------|
| numero di orizzonti | 1 | 1 | 1 |
| profondità del profilo (cm) | 100 | 100 | 100 |
| numero di strati | 10 | 10 | 10 |
| densità apparente (g cm ³) | 1,3 | 1,3 | 1,19 |
| umidità iniziale (fraz. %) | 0,18 | 0,18 | 0,18 |
| carbonio organico (%) | 1,6 | 0,7 | 0,88 |
| pH | 7,5 | 8,0 | 88,0 |
| sabbia (fraz. %) | 0,49 | 0,22 | 0,36 |
| argilla (fraz. %) | 0,28 | 0,33 | 0,40 |
| capacità di campo (fraz. %) | 0,245 | 0,28 | 0,26 |
| punto di appassimento (fraz. %) | 0,11 | 0,12 | 0,15 |

Tabella 14 - Dati sui fitofarmaci richiesti dal PELMO

| | PROPYZAMIDE | METRIBUZIN | PENDIMETHALIN |
|---|-------------|------------|---------------|
| K _{oc} | 800 | 35 | 30000 |
| t _{1/2} | 30 | 45 | 90 |
| pressione di vapore (mPa) | 11,3 | 0,058 | 4,0 |
| solubilità in acqua (mg l ⁻¹) | 15 | 1200 | 0,3 |
| massa molecolare | 256 | 214 | 281 |

I risultati delle simulazioni per quanto riguarda la distribuzione dei fitofarmaci lungo il profilo di terreno (1 m) in tempi successivi al trattamento sono riportati nelle Figure 2, 3 e 4. Inoltre, in Tabella 15 sono riportati i dati dei residui per tutte le situazioni simulate al 15/11 (possibile data di semina per il frumento autunnale) ed al 20/4 (possibile data di semina di una coltura da rinnovo).

Dalla Figura 2 emerge che non esistono notevoli differenze tra il movimento nel terreno della propyzamide tra la coltura della lattuga e quella del radicchio. La profondità massima raggiunta dall'erbicida è di 40 cm a 60 giorni dal trattamento nella lattuga, ma solo con lo 0,02 dell'applicato, mentre nel radicchio l'erbicida non supera mai i 20 cm di profondità. Tale comportamento era prevedibile date le caratteristiche di bassa solubilità e di forte adsorbimento dell'erbicida (Tab. 14). I residui totali nel profilo ammontano al 62,0% a 30 giorni e al 28,5% a 60 giorni per la lattuga e al 33,3% a 30 giorni e al 17,3% a 60 giorni per il radicchio e queste differenze sono dovute alla collocazione temporale dell'inizio del ciclo del radicchio in estate, quando le temperature più elevate provocano una degradazione più veloce dell'erbicida. Ciononostante, i rischi di *carry-over* per un'eventuale coltura di frumento in successione sono più alti nel caso del radicchio (Tab. 15), in quanto essendo questa coltura impiantata più tardi, l'intervallo di tempo tra il trattamento e la semina della coltura successiva risulta più breve.

E' interessante rilevare come i risultati ottenuti in questa simulazione concordano con quanto osservato da Rapparini *et al.*, e riportato nelle pagine precedenti.

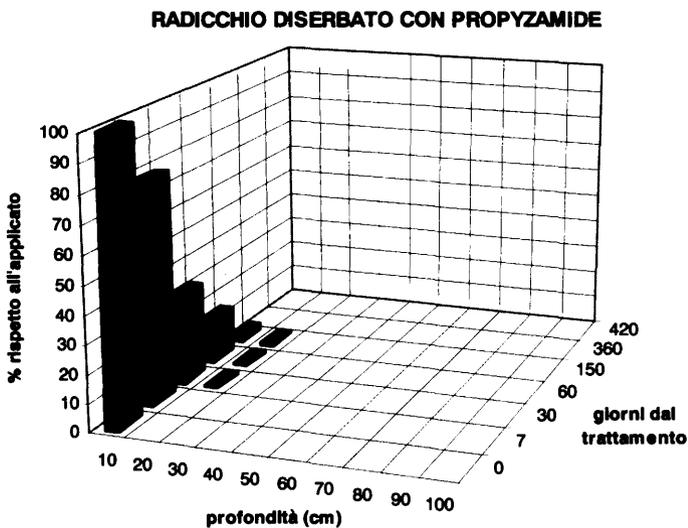
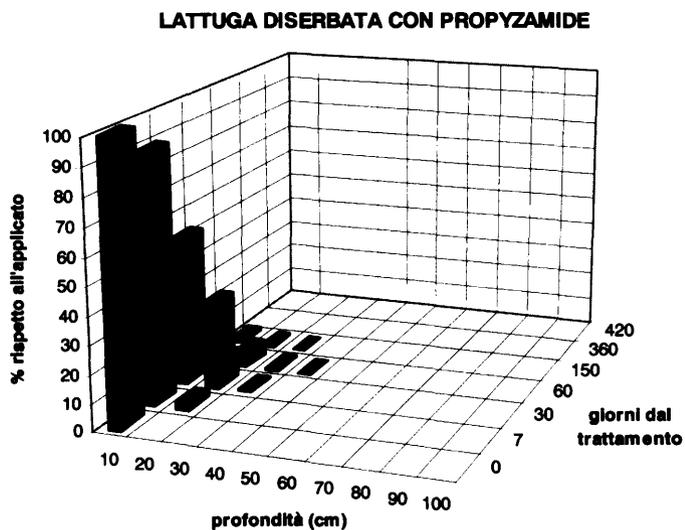
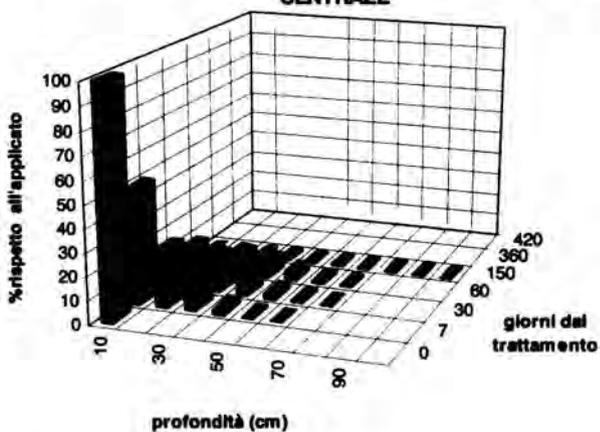


Figura 2. Simulazione (effettuata con il PELMO) della persistenza e mobilità della propyzamide utilizzata per il diserbo della lattuga e del radicchio in Italia settentrionale.

POMODODORO DISERBATO CON METRIBUZIN IN ITALIA CENTRALE



POMODODORO DISERBATO CON METRIBUZIN IN ITALIA MERIDIONALE

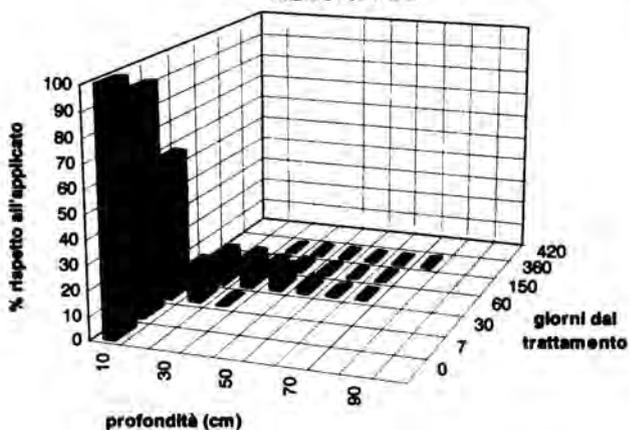
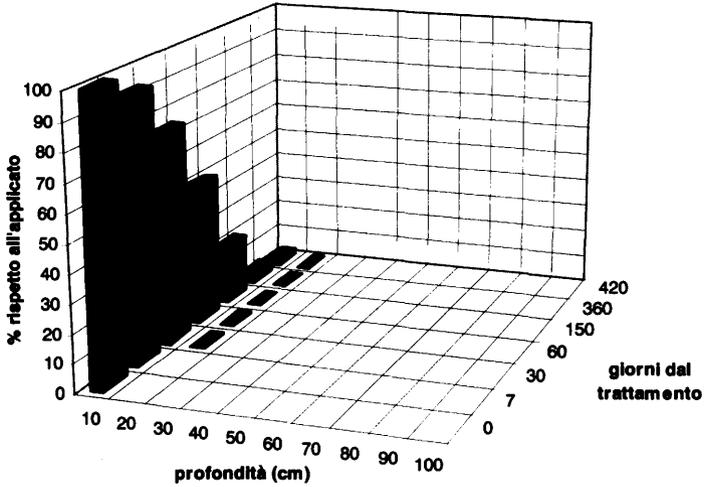


Figura 3. Simulazione (effettuata con il PELMO) della persistenza e mobilità del metribuzin utilizzato per il diserbo del pomodoro in Italia centrale e meridionale.

FAGIOLO DISERBATO CON PENDIMETHALIN



MAIS DISERBATO CON PENDIMETHALIN

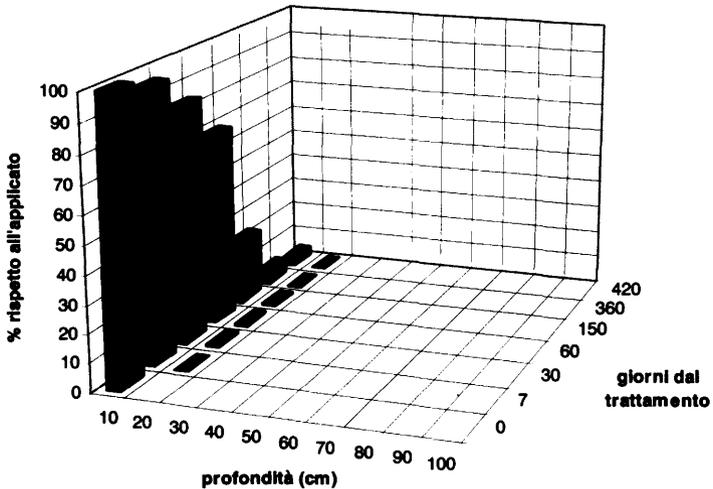


Figura 4. Simulazione (effettuata con il PELMO) della persistenza e mobilità del pendimethalin utilizzato in Italia centrale su fagiolo e mais.

Tabella 15 - Residui dei tre erbicidi nel terreno simulati al 15/11 e al 20/4 (% rispetto all'applicato).

| | propyzamide lattuga | propyzamide radicchio | metribuzin pomodoro Centro | metribuzin pomodoro Sud | pendimethalin fagiolo | pendimethalin mais |
|-------|------------------------|--------------------------|----------------------------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------------|
| 15/11 | tr | 3,67 | 2,3 | 2,5 | 17,8 | 13,7 |
| 20/4 | tr | tr | tr | tr | 7,4 | 6,3 |

tr = tracce

La Figura 3 evidenzia una maggiore mobilità del metribuzin nello scenario del Centro Italia rispetto a quello del Sud. Ciò è probabilmente imputabile al fatto che nel Sud Italia si verificano condizioni di più alta temperatura che provocano un'elevata evapotraspirazione e quindi una riduzione dei movimenti di acqua (e del fitofarmaco) dall'alto verso il basso. In entrambi i casi, comunque, il prodotto raggiunge profondità elevate, ponendo problemi dal punto di vista dell'inquinamento delle acque di falda, tanto più che, al Centro Italia, tracce dell'erbicida si riscontrano anche nell'acqua lisciviata al di sotto di 1 m.

Il rischio di *carry-over* esiste, ma risulta abbastanza ridotto in entrambi gli scenari (Tab. 15). In particolare, non esistono rischi di *carry-over* per le colture seminate nella primavera successiva, mentre nel caso del frumento a semina autunnale, il rischio è simile per i due scenari considerati ed appare piuttosto basso. Anche in questo caso, i risultati delle simulazioni suonano in buon accordo con i risultati del monitoraggio riportati nelle pagine precedenti.

La Figura 4, infine, evidenzia un'elevata persistenza del pendimethalin sia nella coltura del mais che in quella del fagiolo, con la presenza di residui anche a 420 giorni dal trattamento. L'elevata persistenza del pendimethalin è dimostrata anche dai dati di monitoraggio riportati in precedenza. Non esistono sostanziali differenze per quanto riguarda sia il movimento che la persistenza dell'erbicida nelle due colture e ciò si può attribuire sia al fatto che il prodotto, essendo molto poco mobile, subisce sostanzialmente lo stesso destino anche in periodi diversi dell'anno, ma anche al fatto che il PELMO, come tutti gli altri modelli sulla lisciviazione dei fitofarmaci, non dà particolare importanza alla tecnica colturale (Tab. 12), simulando destini quasi uguali per un erbicida utilizzato in una coltura orticola o in un cereale.

Il rischio di *carry-over* risulta elevato in entrambi i casi (Tab. 15), proprio a causa della elevata persistenza dell'erbicida in tutte le condizioni.

In conclusione si può ribadire come il problema dei residui nel terreno degli erbicidi impiegati nelle colture orticole richiede studi da effettuarsi specificatamente su queste colture. E' fondamentale, per esempio studiare l'effetto delle tecniche agronomiche peculiari per vedere se e come queste influenzano il comportamento ambientale e la persistenza

degli erbicidi nel terreno. Data l'ampia variabilità spaziale (colture e cultivar) e temporale (avvicendamenti stretti) che caratterizza gli agroecosistemi orticoli e dato il fatto che questi sono localizzati in zone spesso vulnerabili dal punto di vista ambientale, è evidente come, oltre ad un attento monitoraggio, sia elevata l'esigenza di prevedere e simulare in qualche modo il comportamento degli erbicidi nell'ambiente. Da questo punto di vista è necessario che il mondo della ricerca fornisca tutti quei dati quantitativi come le soglie di sensibilità delle colture, le semivite e i tempi di dissipazione degli erbicidi in varie condizioni, in modo che questi dati possano poi essere utilizzati come input nei diversi modelli di simulazione. Questi ultimi dovrebbero poi probabilmente essere ricalibrati ed adattati alla realtà delle colture orticole in modo che anche le caratteristiche peculiari di cui si è ampiamente discusso vengano tenute in considerazione per migliorare l'affidabilità delle simulazioni.

Ringraziamenti

Si ringrazia il Dr. Alessandro Esposito, borsista presso il Centro di Chimica e Biochimica dei fitofarmaci del CNR di Perugia, per il supporto fornito nell'elaborazione dei dati e nelle simulazione con il PELMO. Si ringrazia inoltre la Regione Emilia-Romagna e l'ERSO (ora confluito nel C.R.P.V.) per il finanziamento e il coordinamento del Progetto di Ricerca "Studio dei tempi di degradazione dei diserbanti e valutazione dei residui mediante dosaggi biologici", realizzato negli anni 1984-88.

Bibliografia

- ADDISON DA & BARDSLEY CE (1968) *Chlorella vulgaris* assay of the activity of soil herbicides. *Weeds* **16**, 427-429.
- BOESTEN JJTI (1993) *User manual for version 2.3 of PESTLA*. DLO Winand Staring Centre (SC-DLO), PO Box 125, 6700 AC Wageningen, The Netherlands.
- CAVAZZA L & PATRUNO A (1993) *Richiami sulle basi teoriche riguardanti la mobilità degli erbicidi nel terreno agrario*. *Rivista di Agronomia* **27**, 75-95.
- COHEN SZ, CREEGER SM, CARSEL RF, ENFIELD CG (1984) Potential groundwater

contamination from agricultural pesticides. In: *Treatment and Disposal of Pesticide Wastes* (eds RF Kruegar & JN Seiber), ACS Symposium Series 259, pp 298-325, American Chemical Society, Washington DC.

- COVARELLI G (1995) *Principi di controllo della flora infestante*. Edizioni Agricole Bologna
- DINELLI G, VICARI A, BONETTI A & CATIZONE P (1995) Comparison of capillary electrophoresis, HPLC, and enzyme immunoassays for terbuthylazine detection in water. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **43**: 951-955.
- DONIGIAN AS Jr & CARSEL RF (1992) Developing computer simulation models for estimating risks of pesticide use: research vs. user needs. *Weed Technology* **6**, 677-682.
- ELIA A & PARENTE A (1998) Dosaggio biologico dei residui di pendimethalin nel terreno. *Atti IV Giornate Scientifiche S.O.I.*, Sanremo, 555-556.
- ELIA A, SANTAMARIA P & PARENTE A (1995) Trifluralin soil residues in a long-term vegetable crop sequence. *Agricoltura Mediterranea* **125**, 79-83.
- FERRIS IG & HAIGH BM (1992) Prediction of herbicide persistence and phytotoxicity of residues. In: *Proceedings of the First International Weed Control Congress* (Eds JH Combellack, KJ Levick, J Parsons & RG Richardson), Melbourne, 1, 193-207.
- FOSCHI S, CESARI A & OLMO F (1967) Metodi biologici per la rilevazione di residui di antiparassitari. *Atti Giornate Fitopatologiche, Bologna*, 91-104.
- FREESE B (1989) Window-box test for carryover. *Successful Farming* **3**, 27.
- FRITZ R (1993) Pesticide in the atmosphere. *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer* **46**, 3, 229-263.
- GLOTFELTY DE & SCHOMBURG CJ (1989) Volatilization of pesticides from soil. In: *Reaction and Movement of organic Chemicals in Soils* (eds. BL Sawhney & K Brown), SSSA Special Publication, 22.
- GUSTAFSON DI (1989) Ground Water Ubiquity Score: a simple method for assessing pesticide leachability. *Environmental Toxicology and Chemistry* **8**, 339-357.
- HANCE JR (1980) Interactions between herbicides and soil. *Academic Press Ltd. London*.
- HANCE RJ (1973) The effect of nutrients on the decomposition of the herbicides atrazine and linuron incubated with soil. *Pesticide Science* **4**, 817-822.
- HORNSBY AJ, WAUCHOPE RD & HERNER AE (1996) *Pesticide properties in the environment*. Springer Verlag Inc., New York.
- HUTSON JL & WAGENET RJ (1993) *LEACHM. Leaching Estimation and Chemistry Model. A process-based model of water and solute movement, transformations, plant uptake and chemical reactions in the unsaturated zone*. Version R. Ithaca, New York: Cornell University, Department of Soil, Crop and Atmospheric Sciences. Research Series n° 92-3.

- JARVIS N (1994) *The MACRO Model (Version 3.1) - Technical Description and Sample Simulation*. Department of Soil Sciences, Reports and Dissertations 19, Uppsala, Sweden.
- KEPPLER LA (1975) Inhibition of nitrite reduction by photosynthetic inhibitors. *Weed Science* **23**, 188-190.
- KLEIN M (1995) *PELMO Version 2.01 User's Manual*, Schmallenberg, Fraunhofer Institut, Germany.
- MACCHIA M (1985) La pacciamatura del terreno. *Colture Protette* **1**, 45-51.
- MONTEMURRO P & TEI F (1998) Il controllo della flora infestante nelle colture orticole: problematiche agronomiche. *Atti XI Convegno Biennale S.I.R.F.I. "Il controllo della flora infestante nelle colture orticole"*, Bari 12-13 novembre 1998, 1-61.
- MULLINS JA, CARSEL RF, SCARBROUGH JE & IVERY AM (1992) *PRZM-2, a model for predicting pesticide fate in the crop root and unsaturated soil zones: users manual for release 2.0*. Environmental Laboratory Office of Research and Development, US-EPA, Athens, GA, USA, 30605-2720.
- O'BRIEN MC & PRENDEVILLE GN (1978) A rapid sensitive bioassay for paraquat and diquat in water. *Weed Research* **18**, 301, 303.
- ONOFRI A (1996) Biological activity, field persistence and safe recropping intervals for imazethapyr and rimsulfuron on a silty-clay soil. *Weed Research* **36**, 73-83.
- PARKER C (1965) A rapid bioassay method for the detection of herbicides with inhibit photosynthesis. *Weed Research* **5**, 181-184.
- PEOPLES SA, MADDY KT, CUSICK W, JACKSON T, COPER C & FREDERICKSON AS (1980) A study of samples of well water collected from selected areas in California to determine the presence of DBCP and certain other pesticide residues. *Bulletin of Environmental Contaminants Toxicology* **24**, 611-618.
- PESTEMER W & GUNTHER P (1993) No-Observable-Effect Level (NOEL). In: *"Herbicide Bioassays"* (eds JC Streibig & P. Kudsk), pp. 137-152, CRC Press, Boca Raton.
- RAPPARINI G, FABBRI M & BARTOLINI D (1988) Studio dei tempi di degradazione dei diserbanti e valutazione dei residui mediante dosaggio biologico (I contributo). *Informatore Agrario* **45**, 29-43.
- RAPPARINI G, FABBRI M & BARTOLINI D (1988) Studio dei tempi di degradazione dei diserbanti e valutazione dei residui mediante dosaggio biologico (II contributo). *Informatore Agrario* **2**, 97-105.
- RAPPARINI G, PIZZI M & BARTOLINI D (1991) Rilevazione dei diserbanti nel terreno con l'impiego di piante test. *Atti 1991 8° Simposio Chimica degli Antiparassitari - I Diserbanti. Piacenza*, 251-263.

- RAPPARINI G, CAMPAGNA G, PIZZI M & MARCHI F (1997) Studio delle caratteristiche dei principali erbicidi in un decennio di valutazioni agronomiche e test biologici. *Atti del Convegno 1997 Riduzione e razionalizzazione dell'uso di erbicidi*, Ferrara, 80-98.
- ROTHENSCHILD ER, MANSER RJ & ANDERSON MP (1982) Investigation of aldicarb in groundwater in selected areas of the central sand plain of Wisconsin. *Ground Water* **20**, 437-445.
- SCHMIDT RP & PESTEMER W (1980) Plant availability and uptake of herbicides from the soil. In: *Interaction between herbicides and the soil* (ed RJ Hance), pp. 179-201. Academic Press Inc., London.
- STAMFORD G & DEMOND D (1957) A method of measuring short term nutrient absorption by plant. II Phosphorus. *Proceedings Conference Soil Science Society of America* **21**, 612-617.
- TEI F & COVARELLI G (1988) Colture di sostituzione del frumento diserbato con chlorsulfuron, isoproturon e neburon. *Atti 1988 Giornate Fitopatologiche* **3**, 155-164.
- TOMKINS GA, McINTOSH TA & DUNIGAM EP (1968) Use of the Stamford Demond bioassay to study atrazine soil reaction. *Proceedings Conference Soil Science Society of America* **32**, 373-377.
- VICARI A (1992) Valutazione dei residui di diserbanti nel terreno e nelle acque mediante dosaggio biologico. *Atti Convegno 1992 M.A.F. "Controllo delle piante infestanti" 1992* (Coord. P. Catizone ed. Istituto Sperimentale Patologia Vegetale, Roma), Bologna, 219-238.
- VICARI A, CATIZONE P & ZIMDAHL RL (1991) Bioactivity, persistence and mobility of chlorsulfuron in soil. *Rivista di Agronomia* **3**: 400-406.
- WALKER A & BROWN PA (1980) Crop responses to low doses of herbicides in the soil. *Proceedings 1980 British Crop Protection Conference, Weeds*, 609-616.
- WALKER A & BROWN PA (1982) Crop responses to low doses of pendimethalin, napropamide, metazachlor and chlorsulfuron in the soil. *Proceedings 1982 British Crop Protection Conference, Weeds*, Brighton, 141-147.
- WALKER A & HOLLIS JM (1994) Prediction of pesticide mobility in soil and their potential to contaminate surface and ground water. *Comparing Glasshouse and Field Pesticide Performance II* (Eds. HG Hewitt, JC Caseley, BT Copping, BT Grayson & D Tyson) pp. 221-224, Technical Monograph No. 59, British Crop Protection Council, Farnham, Surrey.
- WALKER A. (1972) Availability of atrazine to plant in different soils. *Pesticide Science* **3**, 139-148.
- WEBER JB & MILLER CT (1989) Organic chemical movement over and through soil. In: *Reactions and Movement of organic Chemicals in Soil* (eds BL Sawhney & K. Brown), SSSA Special Publication Number 22, pp 305-334, Soil Science Society of America, Inc., American Society of Agronomy, Inc., Madison, Wisconsin, USA.

- ZAKI MH, MORAN D & HARRIS D (1982) Pesticides in groundwater: the aldicarb story in Suffolk County, NY. *American Journal of Public Health* 1391-1395.
- ZANIN G, OTTO S, FRANZOIA N & ALTISSIMO L (1996) Il controllo della vegetazione spontanea nelle aree urbane: aspetti agronomici ed ecotossicologici. *Ingegneria ambientale* 24, 3, 1-11.

Risultati delle indagini sui residui di erbicidi nelle parti eduli

E. CONTE e G. IMBROGLINI

Istituto Sperimentale per la Patologia Vegetale - Roma

Riassunto

Vengono riportati i risultati ottenuti nella "Rete Nazionale di Monitoraggio sui Residui di Fitofarmaci nei Prodotti Agricoli" relativamente ai diserbanti effettivamente distribuiti e richiesti dal tecnico campionatore. Tra il 1992 ed il 1997, tra i campioni oggetto di tale indagine, 9 (pari all'1,1%) hanno evidenziato valori di residuo al di sopra del limite fissato e, di questi, 4 erano stati trattati con prodotti non autorizzati sulle colture considerate. Sperimentazioni effettuate su leguminose, cereali ed alcune colture orticole con prodotti di pre e post emergenza hanno, nella maggior parte dei casi, comportato sulla coltura residui trascurabili. Stesse indicazioni emergono dai monitoraggi effettuati da altre istituzioni.

Summary

Results of studies on residues of herbicides in edible part of plants

Results of "Pesticide Residue Monitoring Programme" of Agriculture Ministry are reported only for the herbicides. During 1992-1997 period, 9 samples (1.1% of herbicides analysed) were found illegal for residues, 4 of which had been treated with non authorised products. Experimental trials on legumes, cereals, some vegetables, with pre and post emergence products, pointed out, in majority of cases, a slight level of residues on crops. The same indications come from the "Official Residue Monitoring" of Health Ministry.

La Rete Nazionale di Monitoraggio dei Prodotti Agricoli, attivata nel 1991 dall'allora Ministero delle Risorse Agricole, ora Ministero per le Politiche Agricole, con la finalità di effettuare una fotografia dello stato igienico sanitario delle produzioni nazionali conseguente ad impieghi di fitofarmaci secondo la comune pratica agricola, ha monitorato in cinque anni 48 colture, prelevando 52.000 campioni. Ha analizzato più di 15 gruppi chimici, equivalenti a circa 90 sostanze attive, ricercati in funzione dell'effettivo impiego sulla coltura, documentato nella scheda di campo che accompagna il campione stesso e necessaria per l'elaborazione del dato finale. Inizialmente sono stati presi in considerazione solo fungicidi ed insetticidi su colture quali melo e pero, sia in campo che in conservazione, pesco in campo e cereali in conservazione; dal secondo anno sono state oggetto di monitoraggio alcune colture ortive, il numero delle quali è aumentato negli anni successivi e, dal terzo, e solo su queste ultime, sono stati ricercati anche i diserbanti, quando richiesto dal tecnico campionatore. Le irregolarità riscontrate sono state le seguenti: 2,8% il primo anno, 3,1% il secondo, 4,1% il terzo, 3,5% il quarto, 3,6% il quinto, come riportato nella Tabella 1.

Tabella 1. Risultati dell'attività di monitoraggio negli anni 1992-1997.

| Coltura | % | % | % | % | % |
|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | irregolari 1° anno | irregolari 2° anno | irregolari 3° anno | irregolari 4° anno | irregolari 5° anno |
| ACTINIDIE | * | 4,2 | 8,7 | * | 2,2 |
| ACTINIDIE (pr) | * | 11,6 | * | * | * |
| ALBIOCOCHE | * | 0 | * | 2,7 | 3,1 |
| ARANCA | * | 4,2 | 6,2 | 4,4 | 0,6 |
| ASPARAGI | * | * | * | 0 | * |
| CARCIOFI | * | 0,7 | 0 | 0 | 1,0 |
| CAROTE | * | 0 | * | 9,0 | 3,2 |
| CAVOLFIORI | * | * | 0,9 | * | 2,4 |
| CAVOLI BROCCOLO | * | * | 1,9 | * | 0 |
| CAVOLI CAPPUCCIO | * | * | * | * | 2,2 |
| CAVOLI DI BRUXELLES | * | * | * | * | 0 |
| CAVOLI VERZA | * | * | * | * | 0 |
| CETRIOLI | * | * | * | * | 0 |
| CICORIE | * | * | 0 | * | * |
| CILIEGE | * | 10,3 | * | 4,7 | 6,1 |
| CLEMENTINE | * | * | 13,5 | 28,0 | 6,2 |
| FINOCCHI | * | * | 1,4 | 2,1 | 1,2 |
| FRAGOLE | * | 0,7 | 0 | 6,3 | 3,5 |
| FRUMENTO (pr) | 0 | * | * | * | * |
| INDIVIE | * | * | 1,9 | * | 0 |
| KAKI | * | * | 0 | * | 1,0 |
| LAMPONI | * | * | * | * | 0 |
| LATTUGHE | * | * | 6,6 | 6,4 | 6,6 |
| LIMONI | * | * | 7,0 | 3,0 | 0,5 |
| MANDARINI | * | * | 14,8 | * | 4,3 |
| MELANZANE | * | * | * | 2,3 | 1,0 |
| MELE | 2,0 | 2,8 | 1,7 | * | 1,2 |
| MELE (pr) | 2,2 | 2,2 | * | * | * |
| MELONI | * | * | * | * | 5,4 |
| MIRTILLI | * | * | * | * | 50,0 |
| MORE | * | * | * | * | 0 |
| PATATE | * | 0,5 | 1,3 | * | 0,5 |
| PATATE (pr) | * | 9,1 | 6,7 | * | * |
| PEPERONI | * | * | * | 3,1 | 2,6 |
| PERE | 5,9 | 4,5 | 1,0 | * | 1,4 |
| PERE (pr) | 1,6 | 3,4 | * | * | * |
| PESCHE | 3,3 | 3,2 | 5,1 | 2,5 | 4,1 |
| POMODORI | * | 1,5 | 0,7 | 0 | 1,7 |
| PORRI | * | * | * | * | 0 |
| RADICCHI | * | * | 3,1 | * | 4,3 |
| RIBES | * | * | * | * | 0 |
| SCAROLE | * | * | 6,4 | * | * |
| SEDANI | * | * | 13,2 | 13,5 | 10,7 |
| SPINACI | * | * | 0 | * | * |
| SUSINE | * | 1,6 | * | 0 | 1,2 |
| UVE DA TAVOLA | * | 2,4 | 7,9 | * | 6,5 |
| VINO | * | * | * | * | 9,3 |
| ZUCCHINI | * | * | * | 0,8 | 2,4 |
| Totale | 2,8 | 3,1 | 4,1 | 3,5 | 3,6 |

(pr): post-raccolta; * coltura non oggetto di monitoraggio

A queste percentuali hanno contribuito in misura minima i diserbanti, ricercati a seguito dell'effettivo impiego. Questi erano suddivisi, in funzione del tipo di analisi da effettuare, in gruppo A: metribuzin, propyzamide, trifluralin, e gruppo B: diuron, linuron, metobromuron, metoxuron, monolinuron. Il numero dei trattamenti diserbanti segnalati per i quali è stato richiesto il controllo analitico nei tre anni di indagine è stato di 707 in prevalenza su asparagi, lattughe, patate, pomodori e radicchi (Tab. 2).

Tabella 2. Trattamenti diserbanti dei quali è stata richiesta l'analisi (1995-1997).

| Coltura | Anno monitoraggio | | | Totale |
|-----------------|-------------------|------------|------------|------------|
| | III | IV | V | |
| ARANCE | -- | -- | 1 | 1 |
| ASPARAGI | -- | 73 | -- | 73 |
| CARCIOFI | 74 | 4 | 8 | 86 |
| CAROTE | -- | 21 | 3 | 24 |
| CAVOLFIORI | 30 | -- | -- | 30 |
| CAVOLI BROCCOLO | 1 | -- | 1 | 2 |
| CAVOLI CAPPUCCI | -- | -- | 1 | 1 |
| CAVOLI VERZA | -- | -- | 1 | 1 |
| CICORIE | 1 | -- | -- | 1 |
| FAGIOLINI | -- | -- | 17 | 17 |
| FINOCCHI | 8 | 11 | 28 | 47 |
| INDIVIE | 10 | -- | -- | 10 |
| LATTUGHE | 60 | 12 | 38 | 110 |
| PATATE | 32 | -- | 64 | 96 |
| POMODORI | 52 | -- | 1 | 53 |
| PORRI | -- | -- | 6 | 6 |
| RADICCHI | 65 | -- | 52 | 117 |
| SEDANI | -- | 5 | 22 | 27 |
| SPINACI | 4 | -- | -- | 4 |
| ZUCCHINE | -- | -- | 1 | 1 |
| Totale | 337 | 126 | 244 | 707 |

Le analisi effettuate su diserbanti, pertanto, sono state in numero limitato rispetto al totale. E' infatti convinzione dei tecnici campionatori che i diserbanti non rappresentino in genere per la coltura un rischio dal punto di vista sanitario, sia per il momento dell'impiego, sia per il meccanismo d'azione che generalmente non coinvolge direttamente la coltura, sia perché i trattamenti diserbanti sono in numero sicuramente trascurabile rispetto ai trattamenti fungicidi o insetticidi, in particolare su ortive.

Analizzando i risultati riportati nella Tabella 3 per fascia di residuo, si evidenzia, infatti, che, a fronte di 707 trattamenti, 9 di essi (pari all'1,1%) hanno comportato un residuo al di sopra dei limiti fissati, 3 volte per le carote, 1 volta sul cavolo broccolo, 1 volta sull'indivia, 3 volte sulle lattughe, 1 volta sul radicchio, e 681 volte (pari al 96,2%) un residuo non rivelabile. Inoltre dei 9 trattamenti che hanno dato luogo a residuo irregolare, quattro (metobromuron su carota, linuron su cavolo broccolo, metribuzin su lattuga, chlorthal-dimethyl sul radicchio) non erano autorizzati per la coltura trattata e, pertanto, anche una semplice traccia di prodotto (a livelli di 0,001 mg kg⁻¹) ha dato luogo alla irregolarità.

Tabella 3. Risultati delle analisi per fascia di residuo.

| Coltura | Totale | nr | <50% RMA | <RMA | >RMA |
|-----------------|------------|------------|-----------|----------|----------|
| ARANCE | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| ASPARAGI | 73 | 73 | 0 | 0 | 0 |
| CARCIOFI | 86 | 86 | 0 | 0 | 0 |
| CAROTE | 24 | 18 | 3 | 0 | 3 |
| CAVOLFIORI | 30 | 30 | 0 | 0 | 0 |
| CAVOLI BROCCOLO | 2 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| CAVOLI CAPPUCCI | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| CAVOLI VERZA | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| CICORIE | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| FAGIOLINI | 17 | 15 | 0 | 2 | 0 |
| FINOCCHI | 47 | 47 | 0 | 0 | 0 |
| INDIVIE | 10 | 5 | 4 | 0 | 1 |
| LATTUGHE | 110 | 101 | 4 | 2 | 3 |
| PATATE | 96 | 96 | 0 | 0 | 0 |
| POMODORI | 53 | 52 | 1 | 0 | 0 |
| PORRI | 6 | 6 | 0 | 0 | 0 |
| RADICCHI | 117 | 116 | 0 | 0 | 1 |
| SEDANI | 27 | 27 | 0 | 0 | 0 |
| SPINACI | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| ZUCCHINE | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Totale | 707 | 681 | 13 | 4 | 9 |

nr = non rilevabile; RMA = Residuo Massimo Ammesso

Vengono riportati i risultati suddivisi per coltura e per sostanza attiva impiegata, in funzione delle fasce nelle quali si sono posizionati i residui e dell'autorizzazione o meno all'impiego, delle analisi effettuate sui campioni di orticole prelevati nel corso del terzo, quarto e quinto anno di monitoraggio e per i quali, a giudizio dell'operatore, poteva sussistere la necessità di controllo (Tab. 4). Va evidenziato che in tali anni sono stati monitorati circa 30.000 campioni e che i dati del monitoraggio relativi alla richiesta di analisi di diserbanti confermano che sempre maggiore attenzione viene posta al destino dei diserbanti negli alimenti, specie dopo il ritrovamento di atrazine, bentazon e molinate nelle acque di falda, a seguito di massicci e ripetuti trattamenti: in conseguenza delle quantità ritrovate sono stati emanati provvedimenti legislativi di limitazione di impiego che hanno generato una diffusa preoccupazione per l'uso di tutti i diserbanti.

Analoghe indicazioni di rischio limitato di residui oltre il limite negli alimenti con l'impiego corretto dei diserbanti sono emerse anche da sperimentazioni effettuate, non solo su colture ortive, dall'Istituto Sperimentale per la Patologia Vegetale. Le prove erano finalizzate oltre che al controllo dell'efficacia, anche allo studio della persistenza nel suolo e, quando ritenuto utile, agli effetti sulle colture poste in successione. Numerose prove sono state effettuate su fava e favino, con semina anticipata e ritardata, impiegando diserbanti di pre e post emergenza, nell'ambito del Progetto Finalizzato "Leguminose da granella". I prodotti studiati sono stati trifluralin, linuron, propyzamide, simazine, pendimethalin, neburon, fluzafop butyl, sethoxydim. I residui riscontrati sulla granella, al di sotto del limite legale, oscillavano tra 0,001 e 0,09 e solo il linuron, peraltro non autorizzato sulle colture oggetto di studio, in un caso è stato ritrovato a livelli di 0,19 mg/kg.

Prove con avenicidi su grano (diclofop methyl, flamprop-isopropyl, imazamethabenz) non hanno comportato residui sulla granella, come anche differenti formulazioni di alachlor ed una sospensione concentrata di metolachlor ed atrazine su mais; sempre su grano, al quale era seguito in successione mais, è stato distribuito per quattro anni di seguito il diflufenican, del quale non sono state ritrovate tracce di prodotto sulla granella; su prezzemolo la distribuzione di chlorbufam, chloroxuron e cicluron, come di oxadiazon e pendimethalin su lattuga non hanno comportato residui quantizzabili.

Un'ulteriore conferma della scarsa presenza di diserbanti negli alimenti proviene dai risultati riportati nei rapporti annuali del controllo ufficiale effettuato dal Ministero della Sanità su campioni prelevati nei punti di vendita. Nel 1995, su circa 40 molecole diserbanti ricercate per ogni coltura considerata, per un totale di 7.928 campioni (3.701 orticole, 3.910 fruttiferi, 317 cereali), dei quali il 2,2% era risultato irregolare, la cyanazine è risultata irregolare su 7 campioni di frutta ed il diquat su un campione di grano; il rapporto del 1996 presentato dal Ministero della Sanità alla UE, solo per le sostanze attive per le quali i residui sono stati armonizzati, presenta per i diserbanti un unico campione di cereali irregolare per residui di atrazine.

Per concludere, pur ritenendo opportuno un costante controllo dei trattamenti effettuati con erbicidi, specie per sostanze persistenti e per colture a ciclo breve, i risultati presi in considerazione, provenienti da campioni prelevati in campo ed effettivamente trattati, da sperimentazioni localizzate, da punti di vendita, non individuano particolari problemi di rischio di superamento dei limiti ammessi ed evidenziano, come indicato nelle schede che accompagnano il campione nella Rete Nazionale di Monitoraggio un impiego generalmente rispettoso delle indicazioni riportate nelle etichette.

Rimane, invece, sicuramente meritevole della massima attenzione, e quindi di adeguati controlli, l'eventuale rischio di accumulo e percolazione nel suolo, il rischio di ruscellamento e di fitotossicità nelle colture poste in successione.

Tabella 4. Distribuzione per fascia di residuo dei trattamenti segnalati (Monitoraggio 1995-1997).

| Coltura | Principio attivo | autorizzato | totale | Fasce di residuo | | | Fasce di residuo (%) | | | | |
|-----------------|------------------|-------------|--------|------------------|---------|------|----------------------|------|---------|------|------|
| | | | | nr | <50%RMA | <RMA | >RMA | nr | <50%RMA | <RMA | >RMA |
| ARANCE | Linuron | NO | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| ASPARAGI | Diuron | SI | 26 | 26 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| | Linuron | SI | 12 | 12 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| | Metobromuron | SI | 9 | 9 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| | Metribuzin | SI | 18 | 18 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| | Trifluralin | SI | 8 | 8 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| CARCIOFI | Linuron | SI | 80 | 80 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| | Propyzamide | SI | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| | Trifluralin | SI | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| CAROTE | Linuron | SI | 19 | 17 | 0 | 0 | 2 | 89,5 | 0 | 0 | 10,5 |
| | Metobromuron | NO | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| | Trifluralin | SI | 4 | 1 | 3 | 0 | 0 | 25,0 | 75,0 | 0 | 0 |
| CAVOLFIORI | Trifluralin | SI | 30 | 30 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| CAVOLI | Linuron | NO | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| BROCCOLO | Trifluralin | SI | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| CAVOLI CAPPUCCI | Linuron | NO | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| CAVOLI VERZA | Trifluralin | SI | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| CICORIE | Propyzamide | SI | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 |
| FAGIOLINI | Linuron | SI | 8 | 8 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| | Trifluralin | SI | 9 | 7 | 0 | 2 | 0 | 77,8 | 0 | 22,2 | 0 |
| FINOCCHI | Linuron | SI | 40 | 40 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| | Propyzamide | NO | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| | Trifluralin | SI | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| INDIVIE | Propyzamide | SI | 9 | 4 | 4 | 0 | 1 | 44,4 | 44,4 | 0 | 11,1 |
| | Trifluralin | SI | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| LATTUGHE | Linuron | NO | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| | Metribuzin | NO | 3 | 2 | 0 | 0 | 1 | 66,7 | 0 | 0 | 33,3 |
| | Propyzamide | SI | 82 | 75 | 4 | 1 | 2 | 91,5 | 4,9 | 1,2 | 2,4 |
| | Trifluralin | SI | 21 | 20 | 0 | 1 | 0 | 95,2 | 0 | 4,8 | 0,0 |
| PATATE | Linuron | SI | 46 | 46 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| | Metobromuron | SI | 13 | 13 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| | Metoxuron | SI | 6 | 6 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| | Metribuzin | SI | 31 | 31 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |

segue Tabella 4. Distribuzione per fascia di residuo dei trattamenti segnalati (Monitoraggio 1995-1997).

| Coltura | Principio attivo | autorizzato | totale | Fasce di residuo | | | Fasce di residuo (%) | | | | |
|----------|------------------|-------------|--------|------------------|---------|------|----------------------|------|---------|------|------|
| | | | | nr | <50%RMA | <RMA | >RMA | nr | <50%RMA | <RMA | >RMA |
| POMODORI | Metribuzin | SI | 51 | 50 | 1 | 0 | 0 | 98,0 | 2,0 | 0 | 0 |
| | Trifluralin | SI | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| PORRI | Propyamide | NO | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| | Trifluralin | SI | 5 | 5 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| RADICCHI | Chorthl-dimethyl | NO | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| | Monolinuron | NO | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| | Propyamide | SI | 65 | 65 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| | Trifluralin | SI | 50 | 50 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| SEDANI | Linuron | SI | 25 | 25 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| | Trifluralin | SI | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| SPINACI | Linuron | NO | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| ZUCCHINE | Trifluralin | NO | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |

nr = non rilevabile ; RMA = Residuo Massimo Ammesso

Bibliografia

- CONTE E (1996) Monitoraggio dei residui da fitofarmaci sui prodotti orticoli: presente e futuro. *I Mostra Orticola "Città di Fondi"*, 18-19 maggio
- CONTE E, LEANDRI A, IMBROGLINI G (1991) Residui di alcuni avenicidi sul grano e nel suolo. *Atti dell'VIII Simposio Chimica degli Antiparassitari, I diserbanti, Piacenza, 11-12 giugno*, 111-117.
- CONTE E, ESPOSITO D (1992) Alachlor e metolachlor: confronto tra differenti formulazioni. Persistenza nel terreno e residui su mais. *La Difesa delle Piante* 15(3), 37-44.
- CONTE E, LEANDRI A, MILANI R, GALLI M (1993) Lotta alle malerbe della fava: residui di diserbanti nella granella e nel suolo. Risultati di 4 anni di prove. *Atti del convegno "Le leguminose da granella in Italia", Enna, 20 aprile*, 121-128.
- CONTE E, IMBROGLINI G, GALLI M, VERDICCHIO S (1994) A three year study concerning the persistence of the herbicide acifluorfen in soil. *Proc. X Symposium Pesticide Chemistry – Pesticide Residues in the Environment*, 505-511.
- CONTE E., GALLI M, MILANI R (1996). Leguminose da granella: persistenza nel suolo di diserbanti. *Agricoltura e Ricerca* 161(1), 55-60.
- CONTE E, MORALI G., GALLI M, IMBROGLINI G, LEAKE CR (1998) Long Term Degradation and Potential Plant Uptake of Diflufenican under Field Conditions (in press on *Journal of Agriculture and Food Chemistry*).
- CONTE E, ROSSI E. (1998) Studio sulla persistenza nel suolo dei diserbanti pendimetalin ed oxadiazon distribuiti su lattuga (in corso di stampa su *Bollettino dei Chimici Igienisti*).
- DEL RE AAM., IMBROGLINI G, CATIZONE P, BALDONI G, CAPRI E, CONTE E, DONNARUMMA L, GHEBBIONI C, TREVISAN M (1993) Herbicide residues under different soil management. *Proc. IX Symposium Pesticide Chemistry "Mobility and degradation of xenobiotics", Piacenza, 11-13 ottobre*, 553-561.
- DEL RE AAM, IMBROGLINI G, CAPRI E, CONTE E, TREVISAN M, DONNARUMMA L, GHEBBIONI C (1994) Persistenza degli erbicidi in terreni assoggettati a diverse modalità di lavorazione e diversi livelli di diserbo. *Ann. Fac. Agr. Un. Catt. Piacenza, XXXIV, 1-2*, 3-20.
- IMBROGLINI G, LEANDRI A, CONTE E, LUCCHESI S (1996) Monitoraggio sui residui dei fitofarmaci nei prodotti agricoli: i risultati del 3° anno di attività, 47, 47-70.
- IMBROGLINI G, LEANDRIA, CONTE E, LUCCHESI S, FOSCHI F, NARDO G, CESTARO M (1998) Monitoraggio nazionale sui residui di fitofarmaci nei prodotti agricoli. I risultati del quarto anno di attività. *L'Informatore Agrario*, 7, 1-10.
- LEANDRI A, IMBROGLINI G, CONTE E, LUCCHESI S (1998) Pesticide residue monitoring programme in Italy (1994-1997), Almeria (Aguadulce), Spain, May 24-27, B 37.

- MINISTERO DELLA SANITÀ. SISTEMA INFORMATICO SANITARIO (1996) *Pesticide residues in vegetable products (EEC Directive 90/642, Art. 4 par. 2) Year 1995.*
- MINISTERO DELLA SANITÀ. SISTEMA INFORMATIVO SANITARIO (1997). *Pesticide residues in vegetable products (EEC Directive 90/642, Art. 4 par. 2 EC Recommendation 96/199) Year 1996.*
- STRINGI L. *et al.* (1994) Acquisizioni e prospettive di sviluppo nella tecnica colturali della fava da granella (*Vicia faba* L.). *Agricoltura e Ricerca* **155** (3), 31-46.
- TREVISAN M., VISCHETTI C, CAPRI E, MARINI M, DEL RE AAM, BUSINELLI M, DONNARUMMA L, CONTE E, IMBROGLINI G (1995). Evaluation of pesticide leaching models with three Italian data-sets. *BCPC Monograph n 62: Pesticide movement to water*, **4-13**, 269-274.
- VISCHETTI C, BUSINELLI M, MARINI M, CAPRI E, TREVISAN M, DEL RE AAM, DONNARUMMA L, CONTE E, IMBROGLINI G (1997) Characterization of Spatial Variability Structure in Three Separate Field Trials on Pesticide. *Proc. COST 66 Workshop, Pesticide Science*, **50**, 175-182.

Impatto dei residui di erbicidi nella dieta italiana: indagine dell'Osservatorio Nazionale Residui di Agrofarma

R. FABBRINI e M. ROSSO
Federchimica Agrofarma - Milano

Riassunto

L' Osservatorio Nazionale sui Residui di Prodotti Fitosanitari (ONR) nei prodotti agro-alimentari è stato istituito per conoscere l'entità dei controlli che vengono condotti in Italia, al di fuori dei controlli realizzati attraverso i monitoraggi ufficiali. Sulla base dei risultati analitici dei controlli effettuati nel periodo giugno '94 - giugno '96 e nel 1997 su campioni di prodotti agroalimentari provenienti da un punto della catena alimentare vicina al consumatore, è stata fatta una stima dell'ingestione giornaliera dei residui di sostanze attive erbicide (NEDI) attraverso la dieta da parte della popolazione italiana, secondo i criteri proposti da UNEP/FAO/WHO. I dati analitici delle due indagini si riferiscono rispettivamente a 10449 e 9490 campioni di prodotti agro-alimentari. I risultati delle valutazioni mostrano che i residui degli erbicidi ingeriti ogni giorno dai consumatori rappresentano una percentuale molto modesta delle rispettive ADI; pertanto, essi risultano sempre ben al di sotto del livello di guardia preso come riferimento per assicurare la qualità igienico-sanitaria degli alimenti.

Summary

Assessment of herbicide residues in Italian diet: investigations carried out by National Observatory on Pesticide Residues of Agrofarma

National Observatory on Pesticide Residues (ONR) in food products was founded to know the extent of the controls carried out in Italy, besides the ones performed through official monitoring programmes. On the basis of the analytical results obtained in the period June '94 - June '96 and in 1997 an assessment was made of the daily intake of herbicide residues (NEDI) through the diet by the Italian population, according to the criteria recommended by UNEP/FAO/WHO. The results show that residues of each herbicide daily ingested by the consumers represent a very low percentage of the relevant ADI values; they are, therefore, well below the threshold which should not be exceeded in order to guarantee the sanitary-health quality of food.

Premessa

Un chiaro esame della possibile esposizione ai residui di un prodotto fitosanitario è la procedura fondamentale di valutazione del rischio per accertare che non venga superata la dose giornaliera accettabile (ADI) del fitofarmaco, parametro tossicologico preso come livello di guardia.

La migliore assicurazione che l'esposizione ai residui rimanga entro i limiti di sicurezza si ricava dagli studi di ingestione attraverso la dieta; essi possono fornire sia dati particolareggiati sul consumo degli alimenti, sia risultati accurati ed affidabili sul livello dei residui dei prodotti fitosanitari. Di conseguenza ormai da anni in tutti i Paesi vengono effettuati monitoraggi sui prodotti agro-alimentari i cui risultati sono valutati secondo linee-guida e criteri promossi e raccomandati dalla Commissione del *Codex Alimentarius* sui residui dei prodotti fitosanitari (WHO, 1989 e 1996).

In Italia fin dal 1980 vengono condotti studi di monitoraggio, in modo continuo, con l'intento di verificare la contaminazione degli alimenti da parte dei prodotti fitosanitari. Tale attività è stata ufficializzata con il decreto del Ministero della Sanità del 23 dicembre 1992 a titolo "Recepimento della Direttiva n° 90/642/CEE relativa ai limiti massimi di residui di sostanze attive dei presidi sanitari tollerate su e in prodotti". Il controllo per l'applicazione del decreto, la cui realizzazione è stata affidata alle Regioni, ha ottenuto un notevole successo; infatti, fin dal 1993 annualmente si analizzano molte migliaia di campioni agro-alimentari.

Agrofarma, consapevole della propria responsabilità nei confronti non solo degli agricoltori, ma anche dei consumatori, ha istituito nel 1996 l'Osservatorio Nazionale sui Residui dei Prodotti Fitosanitari (ONR) nei prodotti agro-alimentari per conoscere l'entità dei controlli di questo tipo che vengono condotti in Italia, al di fuori dei controlli ufficiali realizzati attraverso i monitoraggi gestiti dal Ministero della Sanità e dal Ministero per le Politiche Agricole.

Scopo dell'Osservatorio è raccogliere i dati dei controlli effettuati su campioni di prodotti agroalimentari provenienti da cooperative di produttori o da singole aziende agricole, da aziende alimentari e da supermercati, cioè da un punto della catena alimentare molto vicino al consumatore. Queste informazioni vengono poi opportunamente elaborate per valutare l'entità dei residui di prodotti fitosanitari ingeriti dal consumatore attraverso la dieta.

Le indagini dell' Osservatorio hanno raccolto i risultati dei controlli effettuati nel periodo giugno 1994 - giugno 1996 (Osservatorio Nazionale Residui, 1997) e nell'anno 1997 (Osservatorio Nazionale Residui, 1998).

In questa indagine vengono presentati i dati relativi a controlli condotti sui prodotti agroalimentari limitatamente alle sostanze attive erbicide.

In Tabella 1 si riporta l'elenco dei laboratori che hanno inviato dati per la realizzazione dell'Osservatorio. Si tratta di laboratori, situati in tutto il territorio nazionale, che offrono un alto grado di affidabilità. Infatti, alcuni sono stati "accreditati" dal SINAL (Sistema Nazionale di Accreditamento Laboratori), altri hanno avuto la "certificazione" del Ministero della Sanità per l'applicazione della "Buona Pratica di Laboratorio" (in conformità al D.L. n° 120 del 20/01/92) nell'esecuzione degli studi sui residui; quasi tutti i laboratori, infine, hanno partecipato e partecipano alla realizzazione del monitoraggio dei residui di fitofarmaci gestito dal Ministero per le Politiche Agricole. In quest'ultimo caso i laboratori vengono selezionati e controllati sulla base di "ring test" (prove collaborative) che accertano l'affidabilità dei risultati.

I dati raccolti dall' ONR, pur limitati a quelli relativi ai controlli privati disponibili, costituiscono una considerevole fonte di informazioni e sono stati presi in considerazione per stimare l'assunzione giornaliera dei residui di prodotti fitosanitari a livello nazionale (NEDI) secondo i criteri raccomandati dalla Commissione del *Codex Alimentarius* (CCPR) (WHO, 1989 e 1996). Le stime dell'assunzione giornaliera dei residui sono state poi confrontate con i valori della dose giornaliera accettabile (ADI) per ricavare utili indicazioni sulla qualità igienico-sanitaria degli alimenti consumati dagli italiani nel periodo di tempo in cui sono stati effettuati i controlli.

E' opportuno ricordare che la stima dell'assunzione giornaliera dei residui, così come viene raccomandata dalle Organizzazioni Internazionali che si occupano del problema, non ha un valore assoluto, ma è solo un mezzo per valutare l'impatto tossicologico degli antiparassitari sul consumatore e per determinare le variazioni nel tempo della concentrazione dei residui nei prodotti agricoli.

Elaborazione dei dati analitici

La stima della quantità di residui di erbicidi ingeriti attraverso la dieta (NEDI) è stata fatta utilizzando i dati raccolti dall' ONR. In questa valutazione si è tenuto conto sia dei residui dei singoli erbicidi presenti negli ortaggi, sia di quelli presenti nei prodotti cerealicoli o in altre matrici vegetali controllate analiticamente. In Tabella 2 si riporta l'elenco delle sostanze attive erbicide sottoposte ai controlli. Accanto ad ognuna di esse viene indicato il numero dei campioni su cui è stata effettuata la determinazione analitica, il numero e la percentuale dei campioni negativi.

Seguendo i criteri di valutazione indicati da UNEP/FAO/WHO (WHO, 1989 e 1996), il valore medio della concentrazione dei residui di ogni sostanza attiva nei prodotti agro-alimentari è stato calcolato sulla base della somma dei residui presenti nei campioni, dividendo quindi il totale per il numero dei campioni (positivi e negativi) analizzati.

Nella elaborazione dei dati abbiamo utilizzato la dieta standard italiana, formulata su indagini condotte su tutto il territorio nazionale, che viene raccomandata proprio per il monitoraggio dei

contaminanti (Turrini *et al.*, 1991). In tale dieta il quantitativo giornaliero di alimenti ingerito dal consumatore medio italiano è di circa 1,5 kg.

Nel calcolo dei residui ingeriti si è tenuto conto anche di fattori che possono far variare la loro concentrazione nel cibo realmente assunto, cioè la parte del prodotto agricolo che viene effettivamente consumata, gli effetti derivanti dalla lavorazione del prodotto agricolo grezzo e quelli della cottura e delle operazioni di preparazione del cibo. Ogni fattore di variazione che è stato introdotto nel calcolo, è stato ricavato da dati di letteratura ed è specifico della sostanza attiva e del prodotto agro-alimentare a cui si riferisce. Talvolta il valore di questi fattori ha anche il conforto dei dati raccolti nell' ONR; infatti l'esame dei residui presenti nei prodotti agricoli grezzi ed in quelli trasformati (frumento → farina; ortaggi vari → mix di vegetali; patate → patate fritte; pomodori → pomodori trasformati; ecc.) conferma una volta di più che le varie operazioni di trasformazione provocano una drastica riduzione dei residui eventualmente presenti nei prodotti agricoli grezzi.

Adottando i criteri di valutazione sopra indicati (WHO, 1989 e 1996) sono state calcolate le quantità di ciascun prodotto fitosanitario ingerite ogni giorno da una persona (NEDI), tenendo conto di un peso corporeo di 60 kg; questi valori sono stati infine confrontati con i valori di ADI.

Le Tabelle 3 e 4 riportano il confronto fra la stima dei residui di erbicidi ingeriti ogni giorno attraverso la dieta dal consumatore (NEDI) ed i rispettivi ADI.

Risultati e commenti

Il numero davvero notevole di campioni alimentari analizzati, i cui risultati sono stati raccolti e assemblati dall' ONR, e soprattutto la massa di dati ottenuti dai laboratori con l'impiego di metodi analitici "multiresidui", hanno permesso di controllare il livello dei residui dei più importanti prodotti fitosanitari erbicidi e di stimare con buona affidabilità l'assunzione dei residui attraverso la dieta a livello nazionale (NEDI).

I dati più significativi di tale elaborazione sono riportati in Tabella 5.

I dati finali dell'elaborazione, riportati nelle Tabelle 3 e 4, indicano che i residui dei singoli erbicidi ingeriti dal consumatore medio italiano rappresentano una percentuale modesta del valore dei rispettivi ADI. Infatti, solo in un caso questa percentuale è al di sopra dell'1% (max. 1,2% per il trifluralin), mentre per tutti gli altri tale percentuale è insignificante.

In ogni caso la concentrazione dei residui è talmente lontana dal livello di guardia fissato per assicurare la qualità igienico-sanitaria degli alimenti che anche altre valutazioni più restrittive che tengano conto sia di diete di gruppi particolari della popolazione (neonati, adolescenti, anziani...), sia di limiti tossicologici (ADI) più cautelativi, condurrebbero a risultati di massima sicurezza.

Riguardo ad eventuali effetti sinergici causati dalla presenza di residui di prodotti fitosanitari diversi negli alimenti, il Comitato Congiunto di Esperti FAO/WHO sui Residui (JMPR) in varie riunioni annuali ha espresso il proprio punto di vista. Il JMPR del 1996 ha riesaminato tutta la problematica alla luce dei risultati degli studi più recenti e ribadiva (CCPR, 1997): "Non soltanto i prodotti fitosanitari possono interagire, ma anche tutti i composti (compresi quelli naturali contenuti negli alimenti) a cui l'uomo può essere esposto. Ciò dà origine a possibilità illimitate e non c'è alcun motivo speciale per il quale le interazioni dei residui dei prodotti fitosanitari (che sono a livelli molto bassi) debbano essere prese in considerazione come causa di particolare preoccupazione. Benché un certo numero di studi su questo argomento siano stati condotti dal 1981, quelli che mostrano effetti aggiuntivi sono stati fatti a livello di "dosi effetto"; i risultati di tali studi non sono quindi significativi per stimare le miscele di residui che possono essere presenti nei prodotti alimentari a concentrazioni ben inferiori di quelle alle quali si sono messi in evidenza gli effetti". Il JMPR del 1996 concludeva: "...sono possibili le interazioni fra residui di prodotti fitosanitari, vari costituenti della dieta e contaminanti ambientali. I risultati di tali interazioni dipendono da molti fattori, fra cui le caratteristiche chimiche e fisiche delle sostanze, la dose e le condizioni di esposizione. L'effetto, che non può essere previsto in modo affidabile, può essere accresciuto, ridotto, oppure dare una tossicità aggiuntiva. I fattori di sicurezza che vengono utilizzati per stimare l'ADI forniscono un margine di sicurezza sufficiente per tener conto anche del potenziale sinergismo". La 29ª sessione del CCPR tenutosi all'Aia dal 7 al 12 aprile 1997, ha confermato le conclusioni del JMPR.

Ne consegue, pertanto, che i criteri raccomandati nelle linee-guida (WHO, 1989 e 1996) per la stima dell'assunzione dei residui sono anche adatti per valutare l'assunzione simultanea dei residui di più sostanze attive.

Ringraziamenti

Desideriamo esprimere la nostra sincera gratitudine ai Laboratori e alle Aziende che hanno contribuito a realizzare questa prima indagine dell'Osservatorio Nazionale sui Residui dei prodotti fitosanitari. Il loro impegno in termini di dati, informazioni e suggerimenti è stato prezioso e fondamentale nel portare a termine il nostro lavoro.

Bibliografia

- CCPR (1997) *Twenty-ninth Session, Agenda Item 7: Report on general considerations by the 1996 Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues (JMPR)*. The Hague, the Netherlands, 7-12 April 1997.
- OSSERVATORIO NAZIONALE RESIDUI (1997) *Risultati dei controlli effettuati nel periodo giugno 1994-giugno 1996*. Federchimica Agrofarma, Dicembre 1997.
- OSSERVATORIO NAZIONALE RESIDUI (1998) *Risultati dei controlli effettuati nell'anno 1997*. Federchimica Agrofarma, Giugno 1998.
- TURRINI A, SABA A, LINTAS C (1991) Study of the Italian reference diet for monitoring food constituents and contaminants. *Nutrition Research* **11**: 861-873
- WHO (1989) *Guidelines for Predicting Dietary Intake of Pesticide Residues*. GEMS/Food (E,S,F) World Health Organization, Geneva.
- WHO (1996) *Guidelines for Predicting Dietary Intake of Pesticide Residues (Revised) Final Draft*. GEMS/Food World Health Organization, Geneva.

Tabella 1. Laboratori che hanno inviato dati dei controlli effettuati (Anno 1997)

Agenzia Servizi Settore Agroalimentare Marche - Ancona
Biolab - Vimodrone (MI)
Cadir.Lab - Quargnento (AL)
Centro Analisi Acireale - Acireale (CT)
Centro Igiene e Protezione Ambientale - Ferrara
Centro Operativo Ortofrutticolo - Chiesuol del Fosso (FE)
Centro Servizi e Ricerca per Agricoltura e Ambiente - Canicatti (AG)
Chemiservice SpA - Monopoli (BA)
Chemservice SpA - Novate Milanese
Delvit Chimica - Cosenza
Dipartimento di Tossicologia dell'Università - Cagliari
Fruttadoro di Romagna - Pievesestina di Cesena (FO)
Greenlab - Forlì
Ist. Agrario di San Michele all'Adige - San Michele all'Adige (TN)
Laboratorio Analisi dr. B. Bucciarelli - Ascoli Piceno
Laci Srl - San Giovanni Teatino (CH)
Larpest - Piacenza
Metapontum Agrobios - Metaponto (MT)
Migliore & Russo Srl - Castel San Giorgio (SA)
O.S.A.S. Ortofrutticola - Castrovillari (CS)
Progetto Natura - Prato
Siriolab - Nola (NA)

Tabella 2. Sostanze attive erbicide ricercate nel controllo dei prodotti agro-alimentari dai Laboratori che hanno partecipato alla realizzazione dell'indagine dell'Osservatorio Nazionale Residui (periodo: giugno 1994 - giugno 1996 e Anno 1997)

| Sostanza attiva | giugno 1994 - giugno 1996 | | | Anno 1997 | | |
|--------------------|---------------------------|------------------------|------|---------------------|------------------------|------|
| | Campioni analizzati | Campioni senza residui | | Campioni analizzati | Campioni senza residui | |
| | n. | n. | % | n. | n. | % |
| 2,4 D | 31 | 30 | 96,8 | 51 | 51 | 100 |
| 2,4 DB | 15 | 15 | 100 | 50 | 50 | 100 |
| Aclonifen | - | - | - | 105 | 105 | 100 |
| Alachlor | 499 | 499 | 100 | 582 | 582 | 100 |
| Ametryne | 9 | 9 | 100 | 52 | 52 | 100 |
| Atrazine | 321 | 321 | 100 | 389 | 389 | 100 |
| Benfluralin | 8 | 7 | 87,5 | - | - | - |
| Bromoxynil | - | - | - | 9 | 9 | 100 |
| Chloridazon | 7 | 7 | 100 | - | - | - |
| Chlorotoluron | 15 | 15 | 100 | 31 | 31 | 100 |
| Chloroxuron | 437 | 437 | 100 | 279 | 279 | 100 |
| Clethodim | - | - | - | 4 | 4 | 100 |
| Chlorthal-dimethyl | 40 | 40 | 100 | 133 | 132 | 99,2 |
| Cycluron | 426 | 426 | 100 | 406 | 405 | 99,8 |
| Cyanazine | - | - | - | 83 | 83 | 100 |
| Dichlobenil | - | - | - | 29 | 29 | 100 |
| Diclofop-methyl | 223 | 223 | 100 | 325 | 325 | 100 |
| Diphenamid | - | - | - | 93 | 93 | 100 |
| Dinitramine | - | - | - | 107 | 107 | 100 |
| Diquat | - | - | - | 33 | 33 | 100 |
| Diuron | 531 | 531 | 100 | 825 | 825 | 100 |
| Fenuron | 15 | 15 | 100 | 52 | 52 | 100 |
| Flamprop-methyl | - | - | - | 83 | 83 | 100 |
| Fluazifop-P-butyl | 575 | 575 | 100 | 181 | 181 | 100 |
| Glyphosate | 293 | 293 | 100 | - | - | - |
| Imazamethabenz | - | - | - | 31 | 31 | 100 |
| Ioxynil | 55 | 55 | 100 | 61 | 61 | 100 |
| Isoproturon | 15 | 15 | 100 | 52 | 52 | 100 |
| Lenacil | 1 | 1 | 100 | 1 | 1 | 100 |
| Linuron | 994 | 989 | 99,5 | 863 | 860 | 99,7 |
| MCPA | 1 | 1 | 100 | - | - | - |
| Methoprotryne | - | - | - | 24 | 24 | 100 |
| Metobromuron | 37 | 37 | 100 | 71 | 71 | 100 |
| Metolachlor | 386 | 386 | 100 | 33 | 33 | 100 |
| Metoxuron | 386 | 386 | 100 | 613 | 613 | 100 |
| Metribuzine | 1183 | 1183 | 100 | 1082 | 1082 | 100 |
| Monolinuron | 412 | 412 | 100 | 527 | 527 | 100 |
| Naptalam | 511 | 511 | 100 | 470 | 470 | 100 |
| Neburon | 337 | 337 | 100 | 617 | 617 | 100 |
| Oxadiazon | 467 | 389 | 83,3 | 458 | 458 | 100 |
| Oxifluorfen | 33 | 33 | 100 | 177 | 176 | 99,4 |

(segue)

segue Tabella 2. Sostanze attive erbicide ricercate nel controllo dei prodotti agro-alimentari dai Laboratori che hanno partecipato alla realizzazione dell'indagine dell'Osservatorio Nazionale Residui (periodo: giugno 1994 - giugno 1996 e Anno 1997)

| Sostanza attiva | giugno 1994 - giugno 1996 | | | Anno 1997 | | |
|-----------------|---------------------------|------------------------|------|---------------------|------------------------|------|
| | Campioni analizzati | Campioni senza residui | | Campioni analizzati | Campioni senza residui | |
| | n. | n. | % | n. | n. | % |
| Paraquat | 401 | 401 | 100 | 24 | 24 | 100 |
| Pendimethalin | 951 | 951 | 100 | 593 | 591 | 99,7 |
| Phenmedipham | 3 | 3 | 100 | - | - | - |
| Prometon | 15 | 15 | 100 | 52 | 52 | 100 |
| Prometrine | 329 | 329 | 100 | 397 | 397 | 100 |
| Propanil | 411 | 411 | 100 | 449 | 449 | 100 |
| Propachlor | 34 | 34 | 100 | 4 | 4 | 100 |
| Propazine | 435 | 435 | 100 | 127 | 127 | 100 |
| Propyzamide | 672 | 670 | 99,7 | 688 | 688 | 100 |
| Quizalofop | 203 | 203 | 100 | 157 | 157 | 100 |
| Rimsulfuron | - | - | - | 35 | 35 | 100 |
| Sethoxydim | 289 | 287 | 99,3 | 197 | 197 | 100 |
| Simazine | 407 | 407 | 100 | 389 | 389 | 100 |
| Simetryn | 56 | 56 | 100 | 51 | 51 | 100 |
| Terbuthylazine | - | - | - | 103 | 103 | 100 |
| Trifluralin | 842 | 840 | 99,8 | 679 | 678 | 99,9 |

Tabella 3. Confronto tra la stima dei residui di prodotti fitosanitari erbicidi ingeriti ogni giorno attraverso la dieta (NEDI) dal consumatore medio italiano e le rispettive quantità giornaliere accettabili (ADI): giugno 1994 - giugno 1996

| Sostanza attiva | ADI (1) $\mu\text{g kg}^{-1} \text{p.c.}^{-1} \text{d}^{-1}$ | NEDI (2) $\mu\text{g kg}^{-1} \text{p.c.}^{-1} \text{d}^{-1}$ | % ADI ingerita |
|-----------------|---|--|----------------|
| 2,4-D | 300 | 0.0150 | < 0.01 |
| Benfluralin | 65 | 0.0004 | < 0.01 |
| Linuron | 0.6 | 0.0005 | 0.08 |
| Oxadiazon | 5 | 0.0063 | 0.1 |
| Propyzamide | 26 | 0.0021 | < 0.01 |
| Sethoxydim | 120 | 0.0004 | < 0.01 |
| Trifluralin | 20 | 0.0003 | 1.2 |

(1) Quantità giornaliera accettabile; (2) Stima a livello nazionale dei residui ingeriti ogni giorno

Tabella 4. Confronto tra la stima dei residui di prodotti fitosanitari erbicidi ingeriti ogni giorno attraverso la dieta (NEDI) dal consumatore medio italiano e le rispettive quantità giornaliere accettabili (ADI): anno 1997.

| Sostanza attiva | ADI (1) $\mu\text{g kg}^{-1} \text{ p.c.}^{-1} \text{ d}^{-1}$ | NEDI (2) $\mu\text{g kg}^{-1} \text{ p.c.}^{-1} \text{ d}^{-1}$ | % ADI ingerita |
|-----------------------------|---|--|----------------|
| Chlorthal dimethyl Cycluron | 500 | 0.0003 | < 0.01 |
| Linuron | n.d. (*) | 0.0072 | - |
| Oxyfluorfen | 8 | 0.0008 | 0.01 |
| Pendimetalin | 3 | 0.0014 | 0.05 |
| Trifluralin | 5 | 0.0004 | < 0.01 |
| | 20 | 0.0006 | < 0.01 |

(1) Quantità giornaliera accettabile; (2) Stima a livello nazionale dei residui ingeriti ogni giorno

Tabella 5. Dati significativi delle indagini sul contenuto dei residui di prodotti erbicidi (s.a.) nei campi di ortaggi, condotte dall' O.N.R.

| | 1994 - 1996 | 1997 |
|---|-------------|-------|
| Campioni di ortaggi monitorati ed elaborati dall' O.N.R. (n.) | 10 449 | 9 490 |
| Tipi di ortaggi monitorati (n°) (vedi Tab. 6) | 38 | 37 |
| Sostanze attive erbicide monitorate (n.) | 44 | 52 |
| Sostanze attive erbicide che hanno lasciato residui nei campioni (n.) | 7 | 6 |

Tabella 6. Ortaggi e prodotti trasformati su cui sono stati effettuati i controlli degli erbicidi

| ORTAGGI | | | |
|------------|-------------------|------------|----------|
| Aglio | Cav. di Bruxelles | Melanzane | Rucola |
| Asparagi | Cetrioli | Patate | Scarola |
| Basilico | Cicoria | Peperoni | Sedano |
| Bietole | Cipolle | Piselli | Spinaci |
| Broccoli | Erbe fresche | Pomodori | Verza |
| Carciofi | Fagiolini | Porri | Zucchine |
| Cardi | Fave | Prezzemolo | |
| Carote | Finocchi | Radicchio | |
| Cavolfiori | Insalata | Rape | |
| Cavoli | Lattuga | Ravanelli | |

| TRASFORMATI |
|----------------------------|
| Patate croquettes e fritte |
| Peperoni grigliati |
| Pomodori trasformati |
| Preparati per soffritto |

ADI (Acceptable Daily Intake, Dose Giornaliera Accettabile). E' la stima della quantità di una sostanza contenuta negli alimenti o nell'acqua potabile, espressa sulla base del peso corporeo, che può essere ingerita ogni giorno per tutta la vita senza alcun rischio per la salute. E' espressa in milligrammi di sostanza per chilo di peso corporeo.

CCPR (Codex Committee on Pesticide Residues, Commissione del Codex Alimentarius per i Residui dei Fitofarmaci). E' una commissione sussidiaria del Codex Alimentarius che ha l'obiettivo di valutare ed emettere raccomandazioni su tutti i problemi relativi ai residui dei prodotti fitosanitari. Il CCPR è aperto a tutti gli Stati Membri ed Associati a FAO e WHO. I rappresentanti delle organizzazioni internazionali che hanno rapporti formali sia con FAO che con WHO possono partecipare alle riunioni come osservatori. Il CCPR è ospitato dal Governo Olandese e si riunisce ogni anno dal 1966.

Stima dell'esposizione (Exposure assessment). E' la valutazione qualitativa e/o quantitativa della probabile assunzione di agenti biologici, chimici o fisici attraverso gli alimenti, come pure attraverso altre sorgenti significative.

Consumo di alimenti (Food consumption). Per la valutazione dei rischi a lungo termine, il consumo di alimenti è una stima della quantità media giornaliera/pro capite di un alimento o gruppo di alimenti consumati da una determinata popolazione. Esso è espresso in grammi di alimento per persona per giorno.

GAP (Good Agricultural Practice, Buona Pratica Agricola). Essa definisce gli impieghi sicuri dei prodotti fitosanitari autorizzati a livello nazionale nelle condizioni reali, necessari per ottenere un controllo efficace ed affidabile delle avversità. Indica, inoltre, una serie di dosi di trattamento, fino a raggiungere quella massima autorizzata, applicate in modo tale da lasciare il minor residuo possibile.

JMPR (Joint Meeting of the FAO Panel of Experts on Pesticide Residues in Food and the Environment and the WHO Core Assessment Group, Comitato Congiunto di Esperti FAO/WHO sui Residui dei Prodotti Fitosanitari). Le riunioni JMPR di solito si tengono annualmente. Gli Esperti FAO hanno il compito della revisione degli impieghi degli antiparassitari (GAP), dei dati chimici, della composizione dei prodotti, come pure dei metodi d'analisi dei residui. Sulla base di questi dati, gli Esperti FAO stimano i livelli massimi di residuo (MRL) dei prodotti

fitosanitari che potrebbero rimanere dopo il loro impiego effettuato secondo la Buona Pratica Agricola (GAP). Il Gruppo di Esperti WHO ha l'incarico di revisionare tutti i dati tossicologici dei prodotti fitosanitari e di stimarne la dose giornaliera accettabile (ADI) per l'uomo.

MRL (*Maximum Residue Limit, Quantità Massima di Residuo*). E' la concentrazione massima di residuo di un prodotto fitosanitario che sia legalmente consentita nei prodotti agro-alimentari. Le MRL sono basate sui risultati di studi effettuati secondo la Buona Pratica Agricola (GAP); comunque, i prodotti agricoli con residui che sono conformi alle MRL fissate si devono ritenere sicuri anche sotto l'aspetto tossicologico. Le varie stime dell'ingestione giornaliera dei residui attraverso la dieta, confrontate con le ADI, devono evidenziare che i prodotti agro-alimentari che rispettano le MLR fissate sono del tutto sicuri per la salute del consumatore.

NEDI (*National Estimated Daily Intake, Stima dell'Ingestione Giornaliera di Residui di prodotti fitosanitari a livello Nazionale*). E' la stima più realistica del livello di residui presenti nei prodotti alimentari ed è basata sulle informazioni più adeguate del consumo di alimenti di una determinata popolazione. I dati sui residui sono corretti tenendo conto sia dei residui che possono essere presenti nella parte commestibile di ogni prodotto agricolo grezzo, sia delle variazioni del livello di concentrazione che avvengono a seguito della cottura e della preparazione del cibo. Quando sono disponibili si possono anche utilizzare i dati di monitoraggio e di sorveglianza dei prodotti agro-alimentari, oppure i risultati degli studi sulla dieta totale.

ONR (*Osservatorio Nazionale sui Residui dei Prodotti Fitosanitari*). E' un osservatorio istituito da Agrofarma per conoscere, e portare alla conoscenza del pubblico, l'entità dei controlli dei residui nei prodotti alimentari che vengono condotti in Italia, al di fuori dei controlli ufficiali realizzati attraverso i monitoraggi nazionali.

Residuo di prodotto fitosanitario (*Pesticide Residue*). E' qualunque specifica sostanza presente nei prodotti agro-alimentari destinati al consumo umano ed animale, derivante dall'impiego dei fitofarmaci. Il termine comprende tutte le sostanze provenienti dal fitofarmaco, tali come i prodotti di trasformazione, i metaboliti, i prodotti di reazione e le impurezze che sono ritenute avere un certo potenziale tossicologico.

Direttiva europea sull'igiene dei prodotti alimentari (93/43/CEE)

R. MANFREDINI

Confederazione Nazionale Coltivatori Diretti

Riassunto

Con il recepimento della Direttiva 93/43/CEE, l'Italia adotta un nuovo sistema nella delicata materia dei controlli sui rischi alimentari, sistema basato sul metodo dell'autocontrollo secondo quanto previsto dall'analisi del rischio e dal controllo dei punti critici (*HACCP*). Oltre alle industrie alimentari sono interessate le imprese agricole che hanno attività connesse (confezionamento, deposito, vendita, somministrazione di pasti ecc.). Per adesso sono escluse le attività primarie comprese la raccolta, macellazione e allevamento. Di seguito viene descritta una metodica applicativa per il settore agricolo.

Summary

European Regulation on Food Hygiene

With the acknowledgement of the EC Regulation 93/43, Italy adopts a new system of food risk control based on a self-control method following the Hazard Analysis Critical Control Point (*HACCP*). Food processing industries and farms with linked activities (packaging, storage, selling...) are both involved. So far, crop and food primary production is excluded. The paper describes a practical approach for agriculture.

Premessa

Il recepimento della Direttiva CEE n. 43 del 1993 sull'igiene dei prodotti alimentari con decreto legislativo n. 155 del 26 maggio 1997 rappresenta una novità fondamentale, un vero e proprio cambiamento epocale nel campo dei controlli. Infatti le imprese soggette alla normativa prima del recepimento della direttiva dovevano rispettare le norme sull'igiene ed attendere i controlli, ora diventano esse stesse le protagoniste dei controlli adottando un sistema di autocontrollo dell'igiene, mentre l'organismo ispettivo pubblico verificherà il corretto funzionamento di tale sistema indicando le correzioni necessarie e successivamente, in caso di inadempienza, interverrà con sanzioni penali o amministrative.

Non si dovranno quindi cambiare i processi produttivi, ma si dovrà attuare una precisa attività di prevenzione dei rischi per la salute del consumatore e soprattutto documentare l'attività svolta a riprova della validità del sistema di prevenzione adottato.

L'entrata in vigore del decreto, dopo quattro anni dalla pubblicazione della direttiva, ha lasciato veramente poco tempo per una buona organizzazione e soprattutto ha ignorato che un sistema di autocontrollo dell'igiene richiede per poter essere applicato una informazione e formazione adeguate e un tempo maggiore per l'implementazione rispetto a quello concesso.

Il settore agricolo, per le sue caratteristiche organizzative nell'ambito dell'impresa e per la estrema dispersione territoriale, risulta essere il più problematico per la traduzione operativa delle norme.

Cosa significa esattamente la sigla HACCP

L'acronimo *HACCP* (*Hazard Analysis Critical Control Point*) significa analisi dei rischi e individuazione dei punti essenziali per porli sotto controllo, per evitare che si verifichino, per prevenirli.

E' quindi errato parlare, così come avviene, di "Sistema *HACCP*"; più correttamente occorre parlare di "Sistema di AUTOCONTROLLO secondo la metodologia *HACCP*" e cioè di autocontrollo realizzato attraverso l'analisi dei rischi e la loro prevenzione.

Ma non è solo la prevenzione in sé stessa ad offrire maggiori garanzie di igienicità ai consumatori: ad essa occorre aggiungere il fatto che il sistema di autocontrollo prevede una documentazione di ciò che si fa e la rintracciabilità del prodotto.

Ciò significa che nell'ipotesi che un consumatore subisca un danno nell'ingerire un alimento, è possibile risalire al punto in cui si è verificata la contaminazione e quindi rimuovere le cause e determinarne le responsabilità.

Ciò è tanto più importante in relazione al fatto che i prodotti alimentari sono quasi sempre il risultato del lavoro di più imprese che operano "in filiera": fornitori di mezzi tecnici di produzione agricola, produttori agricoli, trasformatori, commercianti, distributori ecc.

Dotarsi quindi di un sistema di autocontrollo documentato diviene anche una difesa per l'imprenditore che sarà in grado di definire esattamente le proprie responsabilità, potendo dimostrare con una corretta documentazione il proprio operato.

Tipologie delle aziende agricole ai fini del sistema di autocontrollo dell'igiene

Come noto, il D. Lgs n. 155 del 1997 introduce l'obbligo di applicare il sistema di autocontrollo dell'igiene, secondo la metodologia *HACCP* a tutte le imprese del settore agro-alimentare, che svolgono attività successive alle fasi di raccolta, mungitura, macellazione.

Pertanto, l'impresa agricola, può trovarsi di fronte ad una delle seguenti situazioni (Figura 1):

- impresa agricola che non esercita alcuna attività connessa post raccolta;
- impresa agricola con attività connessa post raccolta, nel cui processo produttivo non si riscontra alcun rischio grave per la salute del consumatore;
- impresa agricola con attività connessa post raccolta, nel cui processo produttivo si riscontra un rischio grave per la salute del consumatore.

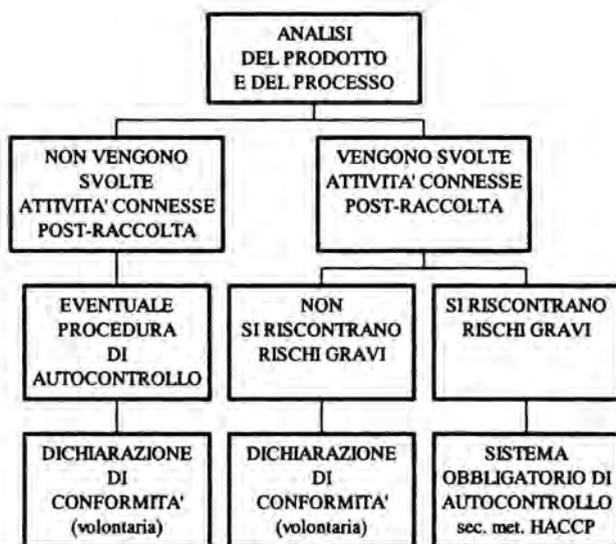


Figura 1. Sistema di Autocontrollo dell'Igiene (S.A.I.) nelle imprese agricole: situazioni possibili e procedure da adottare.

ATTIVITA' AGRICOLA : tutte le attività sino alla raccolta, macellazione e mungitura comprese.

ATTIVITA' CONNESSE : tutte le attività che seguono la raccolta, macellazione e mungitura : preparazione, trasformazione, fabbricazione, confezionamento, conservazione, trasporto, distribuzione, manipolazione, vendita e fornitura.

Impresa agricola senza attività connessa post raccolta.

In questo caso, non esiste obbligo di realizzare un Sistema di Autocontrollo dell'Igiene (S.A.I.).

La stessa esigenza può originarsi da un'autonoma iniziativa dell'imprenditore nel ricercare un valore aggiunto per il prodotto immesso sul mercato, tale da risultare più appetibile per i clienti dell'impresa stessa.

Si evidenzia, così, la convenienza a dotarsi di una procedura di autocontrollo dell'igiene, che consenta di rilasciare al cliente una dichiarazione di conformità del prodotto ai requisiti di igiene e salubrità stabiliti dalla legge e/o dal cliente stesso.

Può sorgere, invece, qualche dubbio circa l'individuazione di ciò che può essere inquadrato come attività connessa di trasformazione.

In ogni caso, la semplice raccolta od anche il trasporto in mercati non distanti dall'attività di produzione, non sembrano assoggettabili al D. Lgs. n. 155, in quanto tali attività non comportano rischi gravi per la salute del consumatore. Questa situazione viene a ricadere, comunque, nella fattispecie del successivo punto.

Impresa agricola con attività connessa post raccolta, senza rischi gravi per la salute del consumatore.

In questo caso, siamo di fronte ad imprese agricole che, pur svolgendo attività connesse, non sono obbligate a dotarsi del sistema di autocontrollo dell'igiene in quanto, nello svolgimento di tale attività, non si riscontra alcun rischio grave per la salute del consumatore.

Ad esempio, se la frutta raccolta, viene trasportata al vicino mercato o ad un vicino stabilimento di trasformazione, non vi sono rischi di contaminazione tali da richiedere misure e procedure di autocontrollo. Al contrario, se il trasporto prevede l'effettuazione di lunghi tragitti o il deposito o la conservazione temporanea del prodotto, si determina normalmente l'obbligo di adottare il sistema di autocontrollo, in quanto tali attività possono comportare rischi gravi per la salute del consumatore.

La non assoggettabilità al D. Lgs n. 155, fa sì che non si debbano costruire specifiche procedure di autocontrollo, ma non solleva l'imprenditore agricolo dall'obbligo della cura dell'igiene (nella fattispecie: pulire costantemente il mezzo di trasporto) e del rispetto di tutte le normative settoriali.

Impresa agricola con attività connessa post raccolta, con rischi gravi per la salute del consumatore

In questo caso, le imprese agricole sono tenute ad osservare le disposizioni del D. Lgs n. 155. Il processo produttivo interessato parte sempre dalla fase post-raccolta, mungitura, macellazione e quindi il sistema deve essere predisposto solo per queste fasi.

Ad esempio, nel caso di un'azienda zootecnica dove si produce latte, che viene in tutto, o in parte, trasformato in un annesso caseificio, si deve realizzare il sistema di autocontrollo solo per l'attività svolta nel caseificio stesso.

Ciò non significa che per l'attività precedente non si sia tenuti al rispetto di tutte le norme igieniche previste dalla legge, ma semplicemente che non deve essere applicata la procedura di autocontrollo, che dovrà invece partire dal controllo igienico della materia prima utilizzata per il processo produttivo extra-agricolo.

Così, nel caso di azienda agricola che svolga attività agrituristica, ai fini dell'obbligo di dotarsi di procedure di autocontrollo dell'igiene, occorre tenere distinte le attività produttive ed assoggettare ad autocontrollo solo l'attività interessata (ad esempio: la ristorazione e/o la "piccola trasformazione" e/o la vendita diretta).

Pluralità di interventi

Numerose sono le aziende agricole che svolgono molteplici attività produttive, tali da richiedere specifici piani di controllo dell'igiene: costruire un sistema di autocontrollo dell'igiene risulta, nella fattispecie, di estrema difficoltà ed onerosità.

Inoltre, non bisogna dimenticare che spesso le aziende modificano l'indirizzo produttivo e, quindi, ciò che viene adottato all'interno dello stesso può rilevarsi successivamente inutile qualora non si attuino procedure idonee.

All'imprenditore si richiede, dunque, di costruire un sistema semplice, razionale e flessibile, prevedendo una serie di interventi "delocalizzati", capaci di interessare tutta l'azienda nel suo insieme (igiene dei locali, del personale, ecc.) ed individuando procedure specifiche essenziali per le singole attività produttive assoggettabili al D. Lgs. n. 155.

Il tutto deve essere documentato in un unico Manuale Aziendale di Autocontrollo dell'Igiene (M.A.A.I.) scritto in modo chiaro, preciso e puntuale. In proposito, sembra opportuno che il M.A.A.I. sia articolato in due parti: una generale, ove vengono riportate le procedure, in generale applicate, ed una o più parti riferite alle attività produttive svolte.

Il Manuale Aziendale di Autocontrollo dell'Igiene (M.A.A.I.)

L'imprenditore agricolo è tenuto a costruire idonee procedure per la gestione e documentazione dei punti critici per la prevenzione del danno, attraverso un documento di "indirizzo", utilizzabile come vero e proprio strumento di lavoro.

Questo per essere tale dev'essere di facile consultazione e di sicura applicazione: deve costituire un punto di riferimento quotidiano, che l'imprenditore consulta e segue.

Un sistema di autocontrollo può essere realizzato con livelli qualitativi diversi: l'impresa agricola deve cercare l'ideale sintesi tra la necessaria semplicità e il rigoroso rispetto degli adempimenti.

Certo è che l'imprenditore agricolo non può avere contemporaneamente ampie cognizioni di chimica, di tecnologia alimentare, di gestione aziendale e quasi mai ha una struttura organizzativa che consenta economicità di gestione o l'affidamento a dipendenti e collaboratori della gestione di tali adempimenti.

D'altro canto, non bisogna dimenticare che i prodotti agricoli rispondono già ai requisiti igienici previsti dalla disciplina speciale; si tratta dunque, di cambiare e razionalizzare i controlli dell'igiene. A questo proposito, appare opportuno chiarire un equivoco nel quale si potrebbe facilmente incorrere: il D. Lgs n. 155, non è finalizzato a migliorare l'igiene dei prodotti, ma a modificarne i metodi di controllo: sia ad opera dell'autorità pubblica che dello stesso imprenditore con verifica dell'autorità pubblica circa l'efficacia dei controlli effettuati.

Nella terza parte del presente manuale è riportata la documentazione del Manuale Aziendale di Autocontrollo dell'Igiene, semplice e sintetica, e quindi applicabile in modo relativamente facile dalle aziende agricole.

Le procedure per impostare il manuale aziendale di autocontrollo dell'igiene: l'importanza della assistenza tecnica

Dopo aver constatato la necessità di realizzazione di un *Sistema di Autocontrollo dell'Igiene* l'imprenditore agricolo con la consulenza di un tecnico qualificato può stabilire le strategie (Figura 2) per la gestione dei controlli in azienda, rendendosi conto della portata delle innovazioni introdotte dal D. Lgs n. 155

Innanzitutto, il tecnico deve investire tempo per la formazione di base, presupposto essenziale per il lavoro successivo: senza la comprensione e la condivisione del sistema, da parte dell'imprenditore, non è dato costruire alcun sistema di autocontrollo realmente funzionante.

Il piano di formazione deve riguardare tutto il personale dell'azienda, ivi compresi gli operai a tempo determinato. Se ciò non fosse possibile si deve, comunque, garantire la piena comprensione degli elementi essenziali del sistema almeno di coloro che svolgono un ruolo importante nelle diverse fasi dell'attività produttiva.

Accertata la necessità dell'intervento ed effettuata una prima fase di formazione, il tecnico è quindi in grado di gettare le basi per impostare il lavoro, non dimenticando che è tenuto ad una formazione continua e ad attuare un sistema funzionale ai risultati, ma nello stesso tempo operativo con riferimento alla gestione effettiva, anche tenendo conto dei costi aggiuntivi per l'impresa.

L'abilità del tecnico risiede soprattutto nella capacità di trovare una sintesi tra la necessità di costruire un sistema di autocontrollo dell'igiene attendibile e le reali capacità economiche e lavorative dell'azienda: è il sistema che dev'essere adottato dall'azienda e non viceversa!

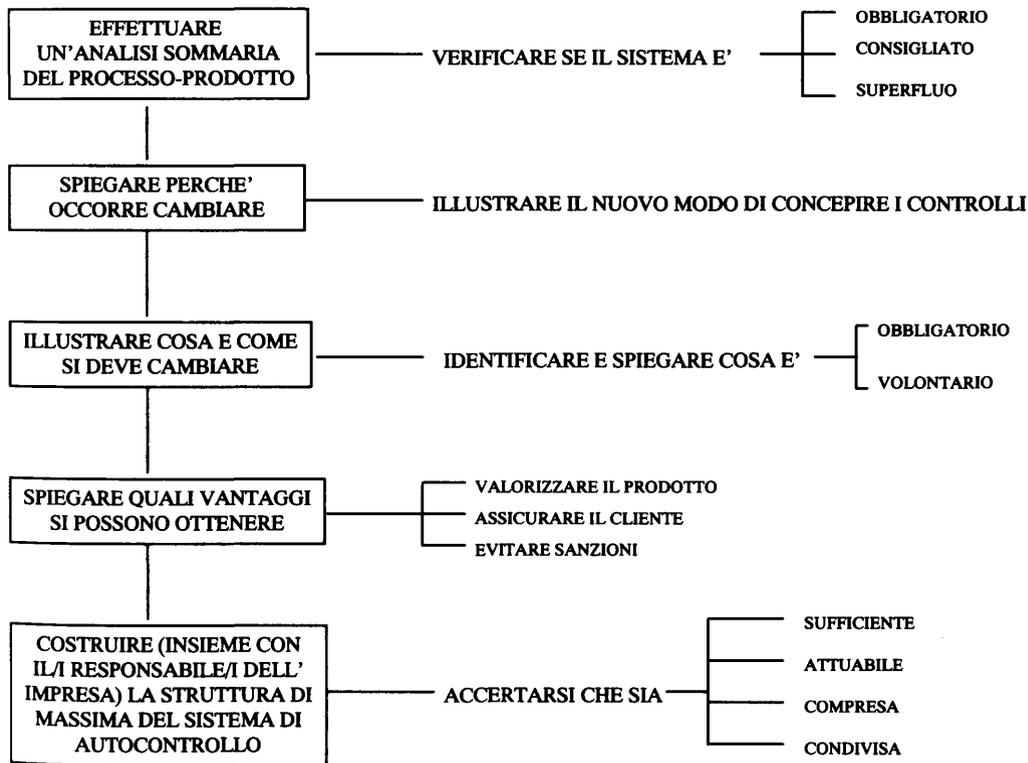


Figura 2. Impostazione del lavoro di assistenza per l'implementazione di sistemi di autocontrollo dell'igiene nelle imprese agricole.

Metodo HACCP : descrizione

HACCP e sistema di autocontrollo

Molti continuano a confondere, come già evidenziato, il semplice concetto di *autocontrollo* con quello di *HACCP* e si richiamano al sistema *HACCP* intendendo, in realtà, un sistema di autocontrollo.

HACCP è un metodo di analisi che serve ad identificare i rischi per la salute del consumatore e ad individuare le più opportune procedure di prevenzione.

Il *sistema di autocontrollo* è, diversamente, un metodo di attuazione delle procedure di prevenzione che sono state individuate con l' *HACCP*. Quindi, con l'*autocontrollo* si passa all'intervento, attraverso un'insieme di prescrizioni relative alle attività da svolgere per garantire una prevenzione efficace, sistematica, documentata.

Manuale di corretta prassi igienica e manuale di autocontrollo

Il manuale di corretta prassi igienica dovrebbe avere la stessa struttura e trattare gli stessi argomenti del manuale aziendale di autocontrollo (Tabella 1). Di fatto, dovrebbe contenere indirizzi utili alla messa a punto ed alla redazione di *Manuali aziendali di autocontrollo*.

Tabella 1. Struttura e argomenti del manuale di corretta prassi igienica e del manuale aziendale di autocontrollo dell'igiene.

| <i>MANUALE DI CORRETTA PRASSI IGIENICA</i> | <i>MANUALE AZIENDALE DI AUTOCONTROLLO DELL'IGIENE</i> |
|--|--|
| E' un documento consultivo orientativo, metodologico, didattico | E' un documento prescrittivo |
| E' generale/generico e si riferisce ad una tipologia di processo-prodotto | E' specifico, si riferisce al sistema processo-prodotto di ogni singola impresa |
| E' redatto dalle organizzazioni degli operatori del settore e valutato con un parere di conformità dal Ministro della Sanità | E' approvato e sottoscritto dal titolare dell'impresa e sottoposto alla verifica dell'organo ispettivo competente per territorio |

Definizioni - note concettuali

Prima di procedere oltre, occorre formulare alcuni chiarimenti interpretativi per la corretta applicazione del sistema di autocontrollo nella impresa agricola.

Con la stesura delle seguenti linee guida per le imprese agricole che esercitano attività di trasformazione ed alienazione di prodotti al consumatore si vuole raggiungere questo obiettivo: redigere, in modo semplice e chiaro, indicazioni utili agli operatori al fine di aiutarli a identificare e quantificare i rischi, individuarne le cause e mettere a punto adeguate procedure di prevenzione.

Fattori di rischio: l'agente biologico, chimico o particolato potenzialmente in grado di causare un danno grave alla salute del consumatore di un prodotto alimentare.

Gravità del danno: è la gravità della patologia che il fattore rischio può causare alla salute del consumatore. Vi sono alcuni fattori che possono provocare danni gravi, temporanei o permanenti, fino ad essere letali; mentre altri provocano danni di minore entità. In un sistema di autocontrollo devono essere presi in considerazione SOLO i rischi gravi per la salute del consumatore.

Probabilità del danno: è il grado di probabilità che l'evento si verifichi nella realtà e dia luogo ad un pregiudizio alla salute del consumatore. Risulta essenziale individuare la probabilità che il fattore di rischio possa insorgere, in quanto da ciò ne dipende la valutazione della gravità.

Gravità del rischio: è il prodotto dato dalla gravità del danno per la probabilità che l'evento si verifichi. E' evidente che la gravità del rischio è in relazione alle probabilità che il danno si verifichi: ad esempio, se il fattore rischio ha probabilità scarse di verificarsi, quel fattore ha scarsa necessità di essere tenuto sotto controllo; al contrario, se fattori di rischio, anche non gravi, si verificano con una certa frequenza e probabilità richiedono controlli adeguati. SOLO quei pericoli che, nella realtà oggettiva, si verificano con regolare e normale frequenza o che, pur non verificandosi spesso, possono, comunque, causare DANNI GRAVI al consumatore devono essere tenuti sotto controllo.

Punto Critico di Controllo (CCP): è una fase, operazione, procedura, macchina od impianto, da cui dipende in modo sostanziale la prevenzione dell'insorgenza di un pericolo. Il CCP deve essere documentabile e, quindi, controllabile, verificabile e, se necessario, sottoposto a modifiche ed integrazioni.

Azione preventiva: è l'azione intrapresa per eliminare i fattori di rischio potenziali. Molti dei pericoli che potrebbero insorgere in un processo di lavorazione di prodotti alimentari sono tali da essere rimossi semplicemente con l'applicazione di norme generali di corretta prassi igienica e di buone pratiche di lavorazione senza, quindi, dover attuare un vero e proprio sistema documentato di prevenzione (CCP).

Azione correttiva: è l'azione intrapresa per eliminare le cause esistenti che potrebbero provocare situazioni di pericolosità per il consumatore. Se il fattore di rischio si manifesta e ne è stata verificata la presenza attraverso il CCP individuato per controllarlo, si possono presentare due casi: 1) il sistema documentato di controllo è sufficiente alla prevenzione del fattore rischio; 2) è necessaria un'azione correttiva che permetta di ripristinare idonee condizioni igieniche della fase produttiva.

Ruolo dell'autorità di controllo

Notevole rilevanza assume, ai fini del corretto funzionamento del sistema anche l'organismo ispettivo in quanto l'attuazione dello stesso sistema di autocontrollo rappresenta un impegno reale delle imprese agricole, che mettono in atto una procedura sicuramente complessa e con carattere innovativo per prevenire i rischi gravi per la salute dei consumatori.

Sistema HACCP: applicazione

Ambito di applicazione in relazione ai rischi

L'art.3, comma 2, del D. Lgs. n. 155, indica nel metodo *HACCP* il sistema da adottare per procedere all'analisi dei rischi che potrebbero verificarsi in un qualsiasi processo produttivo alimentare.

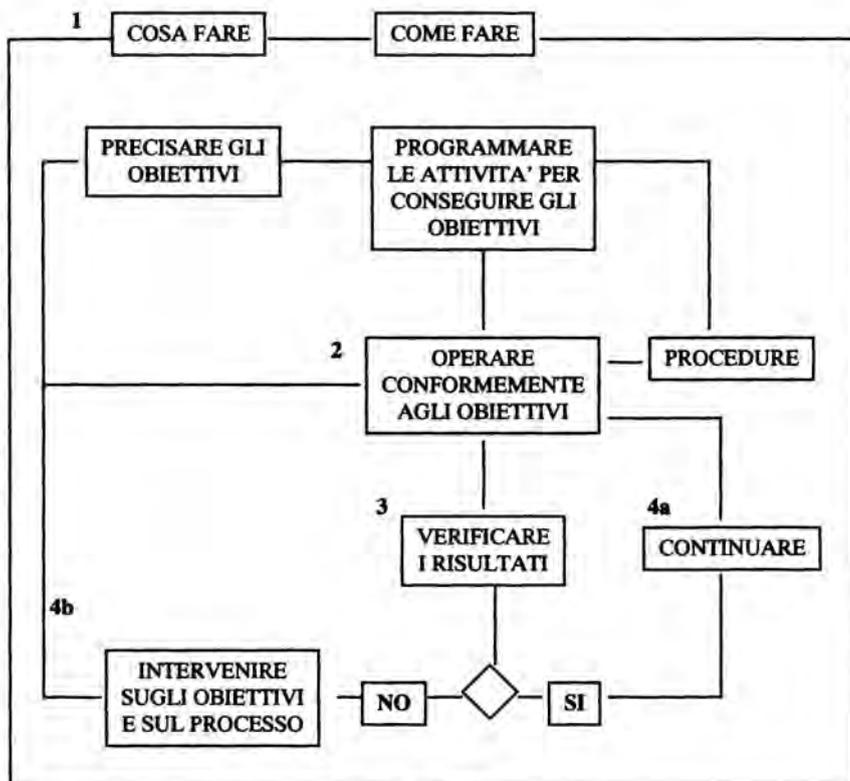
Per quanto riguarda le imprese agricole che esercitano attività di trasformazione e di alienazione di prodotti, occorre chiarire come sia necessario individuare *prima* i rischi per il consumatore, *poi* ricercare nel processo i fattori di interferenza, che sono collegabili a quei rischi. In altre parole, occorre selezionare *solo i rischi gravi* e per ognuno di essi *attuare una procedura di prevenzione sistematica e rigorosa*.

Il metodo *HACCP* non chiarisce bene questo concetto, ed effettivamente può indurre in errore ove sia applicata la metodologia con un approccio contrario a quanto esposto, formulando, per esempio, un quadro di illimitate possibilità di contaminazione e, cioè, facendo precedere all'analisi del rischio grave, quella del processo attraverso la mera elencazione dei rischi di ogni fase o operazione con la menzione dei relativi sistemi di prevenzione.

Si propone, per tanto, il riferimento al seguente schema di carattere generale (Figura 3).

Lo schema mette subito in evidenza come le non conformità siano da valutare in relazione agli obiettivi che il titolare dell'impresa ha individuato, operando in modo che questi possano essere realizzati, sempre che non si tratti di obiettivi fissati dalla legge e, come tali, non modificabili; nel qual caso si tratta di gestire un sistema di autocontrollo per certi aspetti rigido.

L'approccio graduale a cui si fa richiamo è, quindi, basato sulla evidenziazione di rischi che, per la gravità degli effetti sulla salute del consumatore, richiedono uno specifico sistema di prevenzione, omettendo fattori di rischio non rilevanti o con una scarsa possibilità di manifestazione e sviluppo, che non richiedono la messa a punto di procedure di controllo.



DOCUMENTARE cosa si intende fare (1), cosa si fa (2), i risultati delle verifiche (3) le non conformità constatate insieme alle decisioni prese per eliminarle (4b).

Figura 3. Schema di sistema generale di controllo

Si tratta, in sostanza, di utilizzare una procedura atta a prevenire ogni specifico fattore di rischio (grave) ed in grado di inserirsi in quel particolare punto critico del processo produttivo, dove quel fattore potrebbe manifestarsi .

La metodologia *HACCP* ha lo scopo di attuare solo sistemi di prevenzione sicuramente efficaci, si' che quando si parla di punto CRITICO questo sta a significare che è *decisivo, basilare, sostanziale*, sottolineando, ancora, che per l'insorgenza di un rischio potrebbero essere tenuti sotto controllo molti fattori (parametri ambientali, impiego di certe macchine, materiali o sostanze, condizioni di lavoro ed attività umane, ambiente esterno) sebbene solo il *controllo di pochi di essi presenti una sostanziale efficacia sulla prevenzione*.

Il controllo deve, peraltro, avvenire definendo una serie di procedure basate su una attività di prevenzione organizzata sistematicamente e *documentata* in ogni sua fase.

In pratica, individuato un *fattore di rischio* in una *fase del processo produttivo* occorre mettere in atto una *procedura* che ne permetta il controllo e la prevenzione, così che essa sia *documentata* e, quindi, *verificabile* e, se possibile, suscettibile di integrazioni a completamento.

L'insieme dei vari punti critici di controllo e, quindi, delle procedure adottate dal titolare dell'impresa agricola per prevenire l'insorgenza di rischi per il consumatore costituisce, in pratica, il *Manuale di Autocontrollo*.

Occorre, comunque, procedere ad una periodica verifica dell'efficacia delle attività preventive e di controllo per avere la certezza che sia stato fatto tutto il possibile per ottenere un prodotto igienicamente sicuro. Il risultato positivo ottenuto permette di convalidare l'efficacia del sistema per il periodo di intervallo fra un controllo e l'altro. Si prevede il ricorso a strumenti di misura semplici ed economici, adottando metodi di controllo visivo standardizzato (sulle materie prime o secondarie, sugli impianti/macchinari, sull'ambiente ed il personale). Analisi di altro tipo e controlli diversi da quelli citati comportano un investimento non proporzionato, di risorse e di tempo, per il normale ciclo di produzione dell'impresa agricola, che solo in presenza di certe dimensioni e con un dato volume d'affari risulta sostenibile, mantenendo l'economicità dell'operazione.

Il sistema di autocontrollo deve, infine, essere corretto ogniqualvolta vengano apportate modifiche al processo di lavorazione capaci di influire sugli aspetti igienici del prodotto. Quindi, il sistema stesso, il manuale e tutte le procedure sono destinate ad una continua evoluzione e ad un miglioramento.

Norme generali di corretta prassi igienica e buone pratiche di lavorazione

Il sistema di autocontrollo per le imprese agricole che esercitano attività di trasformazione e di alienazione di prodotti al consumatore deve essere costruito come un metodo di gestione delle prescrizioni igieniche, in modo che il titolare possa individuare misure di prevenzione generali

capaci di consentire la semplificazione delle procedure di prevenzione specifiche e, quindi, le relative procedure di autocontrollo.

Pertanto, ogni *Manuale di Autocontrollo* dell'igiene risulta comprendere almeno quelle indicazioni procedurali relative alla gestione della conformità di:

strutture edilizie: devono essere ovviamente conformi alla legge; il sistema di autocontrollo può prevedere ispezioni periodiche nonché la documentazione dei più importanti interventi correttivi e di manutenzione per garantire una corretta igiene;

igiene personale: l'igiene personale di tutti gli operatori deve essere garantita da una serie di procedure riguardanti i comportamenti, l'abbigliamento, lo stato di salute (libretto sanitario, certificazione malattie contagiose, gestione materiali di protezione, ecc.);

manutenzione e pulizia di attrezzature, impianti, locali: possono essere documentati gli interventi di manutenzione aventi rilievo per l'aspetto igienico e sono descritte, in appositi documenti, le procedure di detergenza e disinfezione nonché le verifiche da effettuare periodicamente per valutarne l'efficacia;

rifornimento idrico: nel caso che il rifornimento idrico sia effettuato con captazioni di derivazione e nel caso che l'acqua possa direttamente o indirettamente venire a contatto con i prodotti, è necessario prevedere procedure documentate di verifica periodica della potabilità dell'acqua;

trasporti: nel caso di trasporto effettuato in proprio dall'agricoltore occorre introdurre una procedura che abbia, come azione preventiva, il lavaggio, la disinfezione del mezzo e l'eventuale copertura del prodotto trasportato;

materie prime: si può attuare una procedura che preveda come azione preventiva la richiesta al fornitore di una dichiarazione di conformità delle materie prime relativamente alle leggi vigenti in ordine alla salubrità ed all'assenza di sostanze estranee (chimiche, batteriologiche, particellari).

formazione: un capitolo essenziale dell'autocontrollo deve essere dedicato alla formazione del personale sui temi generali dell'igiene e sulla corretta gestione dei CCP. La formazione deve essere programmata e documentata.

Contributi sperimentali

Prove di efficacia e selettività di imazamox applicato in post-emergenza su pisello, fagiolo e fagiolino

F. CORVI¹, G. MAROCCHI², G.C. MARTINI³, A. MINGARDO³, D. MAGNANI⁴

¹ *Servizio Fitosanitario Regione Marche*

² *Servizio Fitosanitario Regione Emilia Romagna*

³ *Servizio Fitosanitario Regione Veneto*

⁴ *Cyanamid Agricoltura*

Riassunto

Nel quadriennio 1995-98 sono state condotte prove di efficacia e selettività con un erbicida Imidazolinone a base di IMAZAMOX in alcuni comprensori dell'Italia centro-settentrionale particolarmente vocati per la coltivazione di pisello, fagiolo e fagiolino, destinati alla trasformazione industriale. L'erbicida applicato in post-emergenza alle dosi di 30-40 g di p.a/ha controlla la maggior parte delle infestanti dicotiledoni riscontrate negli ambienti di coltivazione delle leguminose, mentre ha fatto rilevare una buona ma non completa efficacia sulle infestanti graminacee. Alle dosi di impiego saggiate il prodotto si è dimostrato perfettamente selettivo sulle colture trattate

Summary

Efficacy and selectivity of imazamox post-emergence treatments on pea, bean and french bean for industrial processing

In the period from 1995 to 98, some efficacy and selectivity trials were carried out with an IMAZAMOX based herbicide in some northern and central areas in Italy, particularly important for the cultivation of pea, bean and French bean for industrial processing. The herbicide, in a post-emergence application, at a rate of 30-40 g a.i. ha⁻¹ controlled most of the dicot weeds found in the leguminous crops tested areas, while a good, but not excellent, efficacy on grass weeds was observed. The product showed a perfect selectivity on tested doses on tested crops.

Premessa

Nelle tecnica colturale di pisello, fagiolo e fagiolino, destinati alla trasformazione industriale, riveste notevole importanza il controllo delle infestanti (Marocchi, 1977; Elia *et al.*, 1990; Rapparini, 1996). Le ragioni sono:

- se si esclude il fagiolo, caratterizzato da una notevole fogliosità, le altre due leguminose presentano una scarsa competitività nei confronti delle malerbe che si accrescono rapidamente al pari delle colture in presenza di temperatura ed umidità elevate;
- a differenza di fagiolo e fagiolino, il pisello viene seminato a file piuttosto ravvicinate non consentendo l'esecuzione di sarchiature meccaniche;
- la nascita durante la stagione primaverile estiva di infestanti macroterme, caratterizzate da un notevole sviluppo vegetativo, crea intralcio alle operazioni di raccolta meccanica;
- le bacche di *Solanum nigrum*, gli acheni di *Datura stramonium* e i capolini di *Matricaria chamomilla*, risultano particolarmente dannosi e di difficile rimozione alla cernita del prodotto con il rischio di essere inscatolati;
- i prodotti diserbanti attualmente registrati su tali colture sono autorizzati quasi esclusivamente per il diserbo di pre-emergenza, alcuni presentano una insufficiente efficacia nei confronti delle più comuni infestanti e non sempre garantiscono il controllo delle malerbe per tutta la durata del ciclo colturale (Bianco e Magnifico, 1975; Del Zan *et al.*, 1982; Magnifico e Polignano, 1982; Marocchi e Pasini, 1982; Masserano e Mianetti, 1982; Silvestri e Siviero., 1982; Miccolis *et al.*, 1998)

Materiali e Metodi

Scopo delle prove eseguite nel quadriennio 1995 - 1998 è stato quello di verificare l'efficacia di Imazamox, un derivato Imidazolinone (America Cyanamid, 1995; Magnani *et al.*, 1996) di post-emergenza, a confronto con altri principi attivi citati in bibliografia e inseriti in analoghe prove sperimentali. La sperimentazione è stata condotta su 25 campi di pisello, fagiolo e fagiolino in coltura principale o di 2° raccolto in aree particolarmente vocate delle regioni Veneto, Emilia Romagna e Marche. Si è operato secondo le linee guida europee OEPP/EPPO (1986) con uno schema a blocchi randomizzati, 3 o 4 ripetizioni e parcelle di 20-25 metri quadri. I trattamenti sono stati effettuati con attrezzature sperimentali munite di una barra da diserbo, erogando mediamente 400-500 litri di acqua ettaro. Le applicazioni sono state effettuate allo stadio fenologico delle colture compreso tra la seconda foglia vera e la prima trilobata. Lo stadio di sviluppo, il grado di diffusione e il numero medio per m² delle infestanti presenti all'epoca dei trattamenti sono riportati in Tab. 1.

L'efficacia dei prodotti a confronto è stata valutata mediante stima visiva della riduzione percentuale delle infestanti rispetto ai testimoni sui quali è stata conteggiata la presenza delle malerbe a m². La fitotossicità dei prodotti sulle colture trattate è stata rilevata con una scala 0 -100%.

Tabella 1. Specie rilevate nelle prove: frequenza assoluta (su 25 campi), densità (numero medio di piante m⁻²), stadio di sviluppo al momento dell'applicazione. Il nome scientifico corrispondente ad ogni codice delle specie è riportato nel glossario allegato.

| Infestanti | Frequenza | N. m ⁻² | Stadio | Infestanti | Frequenza | N. m ⁻² | Stadio |
|------------|-----------|--------------------|-----------------|------------|-----------|--------------------|-----------------|
| CHEAL | 15 | 5 | dicot.-6 foglie | ELUIN | 1 | 23 | 12 -21 Z* |
| AMARE | 13 | 5,5 | dicot.-6 foglie | GRANO | 1 | 18 | 13 - 21 Z* |
| SOLNI | 11 | 6,3 | dicot.-6 foglie | FUMOF | 1 | 9 | 2 - 4 foglie |
| FALCO | 10 | 4 | dicot.-6 foglie | RANAR | 1 | 6 | 2 - 4 foglie |
| POLPE | 9 | 9 | 2 - 6 foglie | VERHE | 1 | 4 | 2 - 6 foglie |
| ECHCG | 9 | 5 | 11-21 Z* | DIGSA | 1 | 4 | 12 - 21 Z* |
| POLAV | 7 | 7,5 | 2 - 8 foglie | CAGSE | 1 | 3 | 6 - 8 foglie |
| POROL | 5 | 5 | dicot.- 8 cm | MATCM | 1 | 3 | dicotiledoni |
| PAPRH | 5 | 3 | dicot.-6 foglie | CAPBP | 1 | 3 | 2 - 4 foglie |
| SINAR | 4 | 2 | dicot.-6 foglie | SONAR | 1 | 2 | 2 - 4 foglie |
| SORHA | 3 | 14 | 11 - 24 Z* | ATRPA | 1 | 2 | 2 - 4 foglie |
| ACCVI | 3 | 4 | 2 - 4 foglie | PICEC | 1 | 2 | 2 - 4 foglie |
| MERAN | 3 | 3 | 2 - 4 foglie | STAAN | 1 | 2 | dicotiledoni |
| ABUTH | 3 | 3 | dicot.-2 foglie | EUPPE | 1 | 2 | dicotiledoni |
| DATST | 3 | 1 | 2 - 6 foglie | CHEVU | 1 | 2 | 4 - 6 foglie |
| SETVI | 2 | 6 | 11 - 13 Z* | LOLTE | 1 | 2 | 11 Z* |
| MIAPE | 2 | 3 | 4 - 6 foglie | PAPRH | 1 | 2 | 2 - 4 foglie |
| GASPA | 2 | 3 | dicot.-4 foglie | ADOAE | 1 | 1 | dicot.-2 foglie |
| DAUCA | 2 | 2 | 2 - 4 foglie | HIBTR | 1 | 1 | 2 - 4 foglie |
| PANDI | 1 | 2 | 13 - 21 Z* | GALAP | 1 | 1 | dicot.-2 foglie |
| XANST | 1 | 1 | dicot.-2 foglie | AMIMA | 1 | 1 | dicotiledoni |

*Z = scala Zadoks

Risultati

Dall'esame dei dati ottenuti nel corso dei 4 anni di sperimentazione, riportati nelle Tabelle 2 - 11 si evince che il prodotto Imazamox ha fornito risultati uniformi su tutte le colture oggetto delle prove. In particolare, Imazamox, alla dose di 30 g /ha di p.a., ha fornito un'efficacia media pari o superiore al 90 - 95% sulle infestanti a foglia larga ABUTH, ADOAE, AMARE, AMIMA, ATRAPA, CAGSE, CAPBP, DAUCA, DATST, EUPPE, FALCO, FUMOF, GALAP, GASPA, HIBTR, HELEU, MATCM, MERAN, MIAPE, POLAV, POLPE, POROL, RANAR SINAR, SOLNI, STAAN, XANIT. Il controllo è risultato inferiore al 90% nei confronti di ACCVI, CHEAL, CHEVU, SONAR, PICEC, PAPRH, VERHE.

Fra gli altri prodotti saggiate nelle prove il più ricorrente è stata la miscela Fomasefen+Bentazon, alla dose di 80+288 g ha⁻¹ di p.a, la cui attività è stata superiore al 90% nei confronti di DAUCA, DATST, EUPPE, FUMOF, GALAP, GASPA, MATCM, MERAN, MIAPE, POLPE, RANAR SINAR, SOLNI, STAAN, XANIT e inferiore al 90% su ABUTH, AMARE, ACCVI, CAGSE, CHEAL, FALCO, PAPRH, PICEC, POLAV, POROL, VERHE.

Per quanto concerne le infestanti graminacee l'efficacia di Imazamox è risultata pari al 85 - 100% su DIGSA, ECHCG, PANDI, LOLTE, SETVI, SORHA, e inferiore all' 80% solo nei confronti di ELUIN.

La miscela Imazamox + Cycloxydim, alla dose di 30 + 210 g ha⁻¹ di p.a., pur applicata precocemente, ha garantito un miglior controllo delle infestanti graminacee rispetto a Fomasefen + Bentazon con l'aggiunta del medesimo graminicida.

Conclusioni

In genere Imazamox ha dimostrato una maggiore efficacia nei confronti delle infestanti riscontrate nel corso delle prove rispetto ai preparati di confronto. Inoltre ha garantito un ottimo controllo delle infestanti che risultano inquinanti del prodotto trasformato.

Imazamox, alle dosi saggiate nelle prove, si è dimostrato perfettamente selettivo sulle colture trattate.

Caratteristica saliente del prodotto è quella di garantire una attività residuale, di circa 30 giorni senza ripercussioni negative sulle colture in rotazione.

Bibliografia

- AMERICAN CYANAMID CO. (1995) *Technical Bulletin AC 299,263 Experimental herbicide.*
BIANCO VV, MAGNIFICO V (1975) Confronto fra i prodotti diserbanti sul pisello da industria. *Atti Giorn. Fitopat., Torino* : 987-993

- DEL ZAN F, MURGUT G, TONETTI I (1982) Diserbo del Fagiolo da granella: confronto dell'efficacia di diversi principi attivi applicati ad alcune varietà determinate del tipo "Borlotto". *Atti Giorn. Fitopat., Sanremo, Vol III* :451-458
- ELIA A, BIANCO VV, SARLI G (1990) Weed control, plant density, sowing date cultivars of borlotto beans. *XXIII International Horticulture Congress, Firenze 27 August 1 September, Abstract of contributed papers* n. 4021.
- MAGNANI D, TARABORRELLI L, ORSINI D (1996) AC 299,263 nuovo erbicida Imidazolinone per il diserbo di post-emergenza precoce delle leguminose. *Atti Giorn. Fitopat., Numana, Vol I* : 287-294
- MAGNIFICO V, POLIGNANO GB (1975) Ulteriore ricerca sperimentale sul diserbo chimico del fagiolino da industria. *Atti Giorn. Fitopat, Torino* : 983-986
- MAROCCHI G, PASINI P (1982) Diserbo in colture ortive (pisello, fagiolino ed altre) con impiego anche di graminicidi specifici. *Atti Giorn. Fitopat., Sanremo, Vol III* : 459-466
- MAROCCHI G (1977) Pisello e fagiolo: ecco come si possono diserbare. *L'Inf.Agr.* 50: 4013-4020
- MASSERANO C, MIANETTI E (1982) Prove di diserbo su fagiolo con trattamenti in pre-emergenza e in post-emergenza. *Atti Giorn. Fitopat., Siusi, Vol II* :129-136
- MICCOLIS V, CANDIDO V, BOVE T, PRESTERA E (1998) Il diserbo di post-emergenza del fagiolo 'borlotto'. *Atti Giorn. Fitopat., Scicli e Ragusa, Vol I* : 399- 404.
- OEPP/EPP (1986) *Guideline for the biological evaluation of herbicides. Bulletin n. 91*
- RAPPARINI G (1996) Il diserbo delle colture. Edizioni L'Informatore Agrario : 289-297
- SILVESTRI G, SIVIERO P (1982) Esperienza di diserbo del fagiolo da granella. *L' Inf.Agr.* 16 : 20642-20645.

Glossario delle infestanti

| | | | |
|--------|--|-------|------------------------------------|
| ABUTH | <i>Abutilon theophrasti</i> Medicus | HIBTR | <i>Hibiscus trionum</i> L. |
| ACCVI | <i>Acalipha virginica</i> L. | LOLTE | <i>Lolium temulentum</i> L. |
| ADOAE | <i>Adonis aestivalis</i> L. | MATCM | <i>Matricaria chamomilla</i> |
| AMARE | <i>Amaranthus retroflexus</i> L | MERAN | <i>Mercurialis annua</i> L. |
| AMIMA | <i>Ammi majus</i> L. | MYAPE | <i>Myagrurn perfoliatum</i> L. |
| ATRAPA | <i>Atriplex patula</i> L. | PANDI | <i>Panicum dichotomiflorum</i> |
| CAGSE | <i>Calystegia sepium</i> (L.) R.BR. | PAPRH | <i>Papaver rhoeas</i> L. |
| CAPBP | <i>Capsella bursa-pastoris</i> L. M | PICEC | <i>Picris echioides</i> L. |
| CHEAL | <i>Chenopodium album</i> L. | POLAV | <i>Polygonum aviculare</i> L. |
| CHEVU | <i>Chenopodium vulvaria</i> L | POLPE | <i>Polygonum persicaria</i> L. |
| DATST | <i>Datura stramonium</i> L. | POROL | <i>Portulaca oleracea</i> L. |
| DAUCA | <i>Daucus carota</i> L. | RANAR | <i>Ranunculus arvensis</i> L. |
| DIGSA | <i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) S. | SETVI | <i>Setaria viridis</i> (L.) Beauv. |
| ECHCG | <i>Echinochloa crus-galli</i> (L.)Beauv. | SINAR | <i>Sinapis arvensis</i> L. |
| ELEIN | <i>Eleusine indica</i> (L.) G. | SOLNI | <i>Solanum nigrum</i> L. |
| EUPPE | <i>Euphorbia peplus</i> L. | SONAR | <i>Sorghum arvensis</i> L. |
| FALCO | <i>Fallopia convolvulus</i> (L.) Holub | SORHA | <i>Sorghum halepense</i> (L.) P. |
| FUMOF | <i>Fumaria officinalis</i> L. | STAAN | <i>Stachys annua</i> L. |
| GALAP | <i>Galium aparine</i> L. | VERHE | <i>Veronica hederifolia</i> L. |
| GASPA | <i>Galinsoga parviflora</i> CAV. | XANST | <i>Xanthium strumarium</i> L. |

Tabella 2. Efficacia e selettività dei trattamenti di post-emergenza su pisello nel 1995 (media di 6 prove)

| Tesi sperimentali | g p.a ha ⁻¹ | Controllo % rispetto al testimone non trattato | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| | | ECHCG | CHEAL | CHEVU | FALCO | SOLNI | POLAV | POLPE | AMARE | RANAR | MERAN | SINAR | DAUCA | PICEC | ATRAPA | STAAAN | EUPPE | PAPRH | AMIMA | VERHE |
| Imazamox + Agral 90 | 16 + 250 | 61 | 85 | \ | 82 | 100 | 88 | 96 | 100 | 99 | 83 | 100 | 65 | 50 | 89 | 100 | 100 | 99 | 100 | \ |
| Imazamox + Agral 90 | 25 + 250 | 60 | 86 | 50 | 82 | 100 | 91 | 99 | 100 | 100 | 90 | 100 | 99 | 75 | 100 | 100 | 100 | 83 | 100 | 80 |
| Imazamox + Agral 90 + Bentazon | 16 + 250 + 405 | 71 | 94 | \ | 97 | 97 | 94 | 95 | 99 | 99 | 91 | 100 | 96 | 75 | 100 | 100 | 95 | 100 | 100 | \ |
| Bentazon + 2,4DB | 607 + 1090 | \ | 99 | 100 | 85 | 100 | 100 | \ | \ | \ | \ | \ | \ | \ | \ | \ | \ | 95 | \ | 100 |
| Imazamox + Agral 90 + Bentazon | 24 + 250 + 405 | \ | 100 | 100 | 82 | 100 | 100 | \ | \ | \ | \ | \ | \ | \ | \ | \ | \ | 100 | \ | 100 |
| Pendimethalin + Bentazon | 616 + 405 | 74 | 94 | 100 | 90 | 99 | 99 | 97 | 100 | 100 | 96 | 100 | 70 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Imazamox + Agral 90 | 35 + 250 | 70 | 90 | \ | 98 | 100 | 99 | 98 | 100 | 100 | 92 | 100 | 97 | 60 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Testimone non trattato (n. piante m ⁻²) | | 6 | 4 | 2 | 9 | 7 | 7 | 13 | 5 | 6 | 5 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 1 | 2 |

Tabella 3. Efficacia e selettività dei trattamenti di post-emergenza su fagiolino nel 1995 (media di 2 prove)

| Tesi sperimentali | g p.a ha ⁻¹ | Controllo % rispetto al testimone non trattato | | | | | | | | | | | | Fitoss. % | |
|---|------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|
| | | GRANO | SORHA | AMARE | CHEAL | SOLNI | ACCVI | POLPE | EUPPE | MERAN | POROL | SONAR | IBITR | | HELEU |
| Imazamox + Agral 90 | 25 + 250 | 90 | 80 | 100 | 87 | 100 | 77 | 98 | 0 | 100 | 98 | 70 | 97 | 100 | 3 |
| Imazamox + Agral 90 | 16 + 250 | 90 | 72 | 100 | 81 | 100 | 65 | 98 | 0 | 100 | 95 | 50 | 97 | 93 | 3 |
| Imazamox + Agral 90 + Bentazon | 16 + 250 + 405 | 88 | 50 | 100 | 98 | 100 | 67 | 100 | 0 | 100 | 100 | 93 | 100 | 100 | 5 |
| Bentazon | 607 | 30 | 10 | 88 | 54 | 70 | 100 | 75 | 0 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 5 |
| Imazamox | 35 | 92 | 83 | 99 | 91 | 100 | 75 | 95 | 0 | 100 | 96 | 70 | 100 | 95 | 5 |
| Testimone non trattato (n. piante m ⁻²) | | 18 | 3 | 22 | 8 | 7 | 7 | 5 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 1 | |

Tabella 4. Efficacia e selettività dei trattamenti di post-emergenza su pisello nel 1996 (media di 3 prove)

| Tesi sperimentali | g p.a ha ⁻¹ | Controllo % rispetto al testimone non trattato | | | | | | | | | | | | | | | | Fitioss. % | | |
|--|------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|-------|-------|
| | | ECHCG | LOLTE | POLPE | FUMOF | AMARE | SOLNI | PAPRH | FALCO | MATCM | CAPBP | VERHE | DAUCA | MLAPE | CHEAL | DATST | SINAR | | ADOLE | GALAP |
| Imazamox | 25 | 75 | 87 | 76 | 90 | 99 | 100 | 80 | 100 | 96 | 100 | 90 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 96 | 0 |
| Imazamox | 35 | 89 | 97 | 89 | 100 | 100 | 100 | 85 | 100 | 100 | 100 | 95 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 0 |
| Imazamox + Bentazon | 25 + 405 | 82 | 97 | 91 | 99 | 99 | 100 | 97 | 99 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 0 |
| Imazamox + Bentazon | 35 + 405 | 88 | 89 | 95 | 99 | 99 | 100 | 90 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 97 | 0 |
| Pendimethalin + Bentazon | 616 + 405 | 90 | 20 | 76 | 99 | 100 | 100 | 97 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 0 |
| Aclonifen + Bentazon | 490 + 405 | 85 | 50 | 100 | 96 | 100 | 100 | 100 | 70 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 90 | 0 |
| Fomesafen | 225 | 30 | 20 | 57 | 87 | 98 | 92 | 100 | 72 | 100 | 100 | 90 | 76 | 100 | 72 | 100 | 100 | 100 | 100 | 0 |
| Testimone non trattato (n. piante m ⁻²) | | 8 | 2 | 22 | 9 | 6 | 5 | 4 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |

Tabella 5. Efficacia e selettività dei trattamenti di post-emergenza su fagiolino nel 1996 (media di 2 prove)

| Tesi sperimentali | g p.a ha ⁻¹ | Controllo % rispetto al testimone | | | | | | Fitioss. % |
|--|------------------------|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|
| | | ECHCG | AMARE | ABUTH | ACCVI | SOLNI | POROL | |
| Imazamox | 25 | 83 | 100 | 98 | 55 | 98 | 87 | 0 |
| Imazamox | 35 | 89 | 100 | 99 | 68 | 100 | 90 | 0 |
| Imazamox + Bentazon | 25 + 405 | 45 | 100 | 93 | 92 | 100 | 100 | 0 |
| Imazamox + Bentazon | 35 + 405 | 79 | 100 | 100 | 93 | 100 | 100 | 0 |
| Fomesafen + Bentazon + Cycloxydim | 80 + 288 + 225 | 73 | 86 | 66 | 83 | 90 | 70 | 0 |
| Bentazon | 405 | 0 | 94 | 90 | 83 | 100 | 100 | 0 |
| Testimone non trattato (n. piante m ⁻²) | | 9 | 6 | 2 | 6 | 2 | 1 | |

Tabella 6. Efficacia e selettività dei trattamenti di post-emergenza su fagiolo nel 1996

| PRODOTTI | g p.a ha ⁻¹ | Controllo % | | | | | Fitioss. % |
|--|------------------------|-------------|-------|-------|-------|-------|------------|
| | | SORHA | AMARE | ABUTH | SOLNI | DATST | |
| Imazamox | 25 | 83 | 99 | 94 | 98 | 92 | 0 |
| Imazamox | 35 | 97 | 99 | 97 | 100 | 100 | 0 |
| Imazamox + Bentazon | 25 + 405 | 71 | 70 | 80 | 100 | 95 | 0 |
| Imazamox + Bentazon | 35 + 405 | 87 | 96 | 100 | 100 | 100 | 0 |
| Fomesafen + Bentazon + Cycloxydim | 80 + 288 + 225 | 85 | 93 | 73 | 90 | 100 | 0 |
| Testimone non trattato (n. piante m ⁻²) | | 13 | 8 | 4 | 2 | 1 | |

Tabella 7. Efficacia e selettività dei trattamenti di post-emergenza su pisello nel 1997 (media di 3 prove)

| Tesi sperimentali | g p.a ha ⁻¹ | Controllo % rispetto al testimone non trattato | | | | | | | | | | Fitoss. % | |
|---|------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|
| | | CHEAL | FALCO | POLAV | SOLNI | SETVI | AMARE | POROL | SINAR | PAPRH | MERAN | | ECHCG |
| Imazamox | 30 | 80 | 95 | 100 | 100 | 88 | 100 | 93 | 100 | 84 | 89 | 89 | 0 |
| Imazamox | 40 | 91 | 97 | 100 | 100 | 93 | 100 | 98 | 100 | 88 | 92 | 90 | 0 |
| Imazamox + Bentazon | 30 + 405 | 98 | 100 | 99 | 100 | 80 | 100 | 98 | 99 | 99 | 98 | 84 | 0 |
| Pendimethalin + Bentazon | 616 + 405 | 97 | 90 | 99 | 100 | 90 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 91 | 0 |
| Aclonifen + Bentazon | 490 + 405 | 95 | 95 | 99 | 100 | 65 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 30 | 0 |
| Fomesafen + Bentazon | 80 + 228 | 49 | 100 | 65 | 100 | 20 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 30 | 2 |
| Testimone non trattato (n. piante m ⁻²) | | 10 | 2 | 2 | 2 | 11 | 10 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | |

Tabella 8. Efficacia e selettività dei trattamenti di post-emergenza su fagiolino nel 1997 (media di 3 prove)

| Tesi sperimentali | g p.a ha ⁻¹ | Controllo % rispetto al testimone non trattato | | | | | | | | | | | Fitoss. % | | |
|---|------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|
| | | ECHCG | ELEIN | DIGSA | SETVI | AMARE | CHEAL | POROL | GASPA | SOLNI | ACCVI | ABUTH | | XANTT | POLPE |
| Imazamox | 30 | 84 | 63 | 97 | 94 | 100 | 88 | 89 | 91 | 100 | 100 | 93 | 100 | 100 | 0 |
| Imazamox | 40 | 92 | 78 | 100 | 100 | 100 | 89 | 98 | 95 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 2 |
| Imazamox + Bentazon | 30 + 405 | 41 | 20 | 20 | 100 | 100 | 96 | 97 | 99 | 100 | 100 | 88 | 100 | 100 | 0 |
| Fomesafen + Bentazon | 80 + 288 | 20 | \ | \ | 30 | 82 | 100 | 100 | 98 | 93 | 100 | 100 | 100 | 100 | 0 |
| Fomesafen + Bentazon + Cycloxydim | 80 + 288 + 210 | 90 | 98 | 100 | \ | 82 | 100 | 100 | 98 | 93 | 100 | 100 | 100 | 100 | 0 |
| Testimone non trattato (n. piante m ⁻²) | | 3 | 23 | 4 | 2 | 7 | 5 | 4 | 3 | 3 | 6 | 4 | 1 | 1 | |

Tabella 9. Efficacia e selettività dei trattamenti di post-emergenza su fagioli nel 1997

| Tesi sperimentali | g p.a ha ⁻¹ | Controllo % | | | | | Fitoss. % |
|---|------------------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| | | SORHA | ECHCG | DATST | PANDI | CAGSE | |
| Imazamox + Actplus 201 | 30 + 0,1% | 85 | 100 | 100 | 100 | 95 | 0 |
| Imazamox + Actplus 201 + Cycloxydim | 30 + 0,1% + 105 | 88 | 100 | 100 | 100 | 96 | 0 |
| Imazamox + Actplus 201 + Cycloxydim | 30 + 0,1% + 210 | 98 | 100 | 100 | 100 | 96 | 0 |
| Fomesafen + Bentazon + Cycloxydim | 80 + 288 + 210 | 70 | 100 | 100 | 100 | 88 | 0 |
| Testimone non trattato (n. piante m ⁻²) | | 26 | 3 | 1 | 2 | 3 | |

Tabella 10. Efficacia e selettività dei trattamenti di post-emergenza su pisello nel 1998 (media di 3 prove)

| Tesi sperimentali | g p.a ha ⁻¹ | Controllo % rispetto al testimone non trattato | | | | | | | Fitotoss. % |
|--|------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|
| | | SOLNI | POLPE | CHEAL | SINAR | ECHCG | POLAV | MERAN | |
| Imazamox | 30 | 100 | 100 | 97 | 100 | 100 | 100 | 100 | 0 |
| Imazamox | 40 | 100 | 100 | 95 | 100 | 100 | 95 | 100 | 0 |
| Fomesafen + Bentazon + Cycloxydim | 80 + 288 + 210 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 0 |
| Testimone non trattato (n. piante m ⁻²) | | 3 | 3 | 2 | 5 | 1 | 1 | 3 | |

Tabella 11. Efficacia e selettività dei trattamenti di post-emergenza su fagiolino nel 1998

| Tesi sperimentali | g p.a ha ⁻¹ | Controllo % | | | | | Fitotoss. % |
|--|------------------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------------|
| | | AMARE | POROL | ACCVI | SOLNI | ECHCG | |
| Imazamox | 30 | 100 | 92 | 97 | 100 | 75 | 0 |
| Imazamox | 40 | 100 | 94 | 97 | 100 | 100 | 0 |
| Fomesafen + Bentazon + Cycloxydim | 80 + 288 + 210 | 90 | 91 | 100 | 100 | 98 | 0 |
| Testimone non trattato (n. piante m ⁻²) | | 15 | 11 | 3 | 2 | 1 | |

Solarizzazione del terreno in serra-tunnel: effetto sulle infestanti in coltivazione sequenziale di lattuga, ravanello, rucola e pomodoro

O. TEMPERINI¹, P. BÀRBERI¹, R. PAOLINI¹, E. CAMPIGLIA¹, A. MARUCCI²
e F. SACCARDO¹

¹ Dipartimento di Produzione Vegetale e ² Istituto di Genio Rurale, Università degli Studi della
Tuscia, Via S. Camillo de Lellis, 01100 Viterbo

Riassunto

Nel periodo luglio 1994 - luglio 1995 è stata condotta a Viterbo una ricerca in cui sono stati studiati gli effetti sulle infestanti e sulla produzione delle colture nella sequenza lattuga - ravanello + rucola - pomodoro da mensa attuata sotto 2 tipi di copertura della serra [*film* di polietilene (PE) AIF3 o di etilenvinilacetato (EVA)] in combinazione fattoriale con 3 tipi di copertura del suolo (solarizzazione) in pre-trapianto della lattuga (27 luglio-31 agosto) (*film* di PE trasparente, di PE nero o copertura assente).

La solarizzazione ha determinato una maggiore persistenza giornaliera delle temperature > 45°C nello strato superficiale del terreno (5-10 cm di profondità), e ciò particolarmente nella serra in EVA. Effetto limitato ha avuto a questo riguardo il tipo di copertura del terreno per la solarizzazione (*film* di polietilene trasparente o nero). A tale effetto termico hanno corrisposto ridotta emergenza e sviluppo delle infestanti in quasi tutte le colture. Su ravanello e rucola, l'effetto di controllo delle infestanti sembra aver concorso ad un aumento significativo della produzione su terreno solarizzato. *Amaranthus retroflexus*, *Oxalis* spp., *Portulaca oleracea* e *Stellaria media* sono state ben controllate dai trattamenti di solarizzazione, al contrario di *Chenopodium album*.

Summary

Soil solarization in tunnel glasshouse: effect on weeds in a lettuce- radish/rocket salad-tomato sequential cropping

A study was conducted at Viterbo from July 1994 to July 1995, where the effects of 2 types of tunnel glasshouse cover [polyethylene (PE) AIF3 *film* and ethylvinylacetate (EVA) *film*] factorially combined with 3 types of soil cover (solarization with PE transparent *film*, black PE *film*, or cover absent, from 27 July to 31 August) on weeds and crop yield were investigated in a lettuce - radish + rocket salad - fresh marketable tomato cropping sequence.

Solarization resulted in increased daily persistence of temperatures higher than 45°C in the upper soil layer (0-5 cm), particularly in the glasshouse covered with EVA. In this respect, type of soil cover used for solarization (PE transparent *film* or black PE *film*) had little effect. The thermal effect of solarization resulted in both reduced weed emergence

and biomass production in almost all crops, which likely concurred to increased radish and rocket salad yield on the solarized soil. *Amaranthus retroflexus*, *Oxalis* spp., *Portulaca oleracea* and *Stellaria media* were well controlled by solarization, while *Chenopodium album* was not.

Introduzione

Strategie e mezzi di controllo delle infestanti che corrispondano ad una riduzione d'impiego degli erbicidi rivestono crescente interesse. Il ricorso incondizionato al mezzo chimico, infatti, può essere causa di problemi di natura tecnica, ambientale e sanitaria più volte prospettati (cfr. Barberi & Paolini, 1998). Nel caso delle ortive, la frequente destinazione del prodotto al consumo diretto rende ancora più interessante la possibilità di integrare al mezzo chimico quello non chimico, o addirittura di sostituire il secondo al primo.

La solarizzazione è un mezzo non chimico di controllo delle infestanti. Essa può definirsi come un metodo per la disinfestazione del terreno umido attraverso il suo riscaldamento per effetto combinato di un *film* plastico e della radiazione solare (Sauerborn *et al.*, 1989) ed è in grado di causare una notevole devitalizzazione degli agenti di avversità biotiche, comprese le infestanti (Sauerborn *et al.*, 1989; Kumar *et al.*, 1993). In realtà, tale effetto è ben noto per molti patogeni (Stapleton & De Vay, 1986; Grinstein *et al.*, 1995), mentre la casistica sulle infestanti è ancora limitata. In entrambi i casi, d'altra parte, le tecniche di solarizzazione applicate non sempre sono paragonabili. L'effetto della solarizzazione dipende in primo luogo dalle temperature raggiunte e dalla loro persistenza. Nel caso delle infestanti effetti significativi sono stati ottenuti con periodi di solarizzazione di 2-5 settimane durante le quali il terreno raggiungeva temperature di 45-65°C negli strati superficiali per almeno 8-10 ore al giorno (Egley, 1983; Horowitz *et al.*, 1983; Rubin & Benjamin, 1983 e 1984). Un alto contenuto di umidità del terreno (che si può assicurare irrigando prima del trattamento) è parimenti importante per garantire un uniforme riscaldamento del suolo (Horowitz *et al.*, 1983). In realtà, restano da definire le temperature minime efficaci per il controllo - che secondo Horowitz *et al.* (1983) sono quelle intorno a 45°C - ed i loro tempi minimi di persistenza, nell'arco sia della giornata che dell'intero periodo di trattamento. Poco si conosce anche dei fattori che agiscono sulla persistenza d'azione della solarizzazione, in certi casi risultata addirittura pari ad un anno (Horowitz *et al.*, 1983). In genere, la solarizzazione sembra aver maggiore effetto sulle infestanti annuali che su quelle perenni (Egley, 1983; Horowitz *et al.*, 1983); fra queste ultime sono state osservate forti differenze di tolleranza a favore delle specie macroterme (Rubin & Benjamin, 1984).

Per le operazioni specifiche che richiede (irrigazione e successiva applicazione del *film* plastico al terreno), la solarizzazione implica costi non indifferenti (seppure molto inferiori a quelli delle correnti tecniche di disinfestazione del terreno) ed una notevole tempestività nella realizzazione della successione colturale e degli itinerari tecnici. Ne deriva che, specie alle nostre latitudini,

considerata anche l'esigenza di raggiungere e mantenere elevate temperature del terreno, questa tecnica sembra proponibile quasi esclusivamente in coltura protetta.

In questo lavoro vengono discussi i risultati di una sperimentazione in cui alcune colture ortive sono state coltivate in sequenza in serre-tunnel previa solarizzazione o meno con *film* di polietilene di colore diverso in assenza di altri interventi di controllo delle infestanti, allo scopo di valutare gli effetti su queste ultime e sulla produzione della pianta coltivata.

Materiali e metodi

Disegno sperimentale

Nel periodo luglio 1994 - luglio 1995 è stata realizzata nelle serre dell'Istituto di Genio Rurale presso l'Azienda Didattico-Sperimentale dell'Università della Tuscia a Viterbo una ricerca in cui sono stati valutati gli effetti della combinazione di (a) 2 tipi di copertura della serra-tunnel [polietilene o etilvinilacetato (EVA)] e (b) 3 tipi di copertura del terreno (solarizzazione) in pre-trapianto o in pre-semina della coltura (*film* di polietilene trasparente, *film* di polietilene nero o copertura assente) sullo sviluppo delle infestanti in quattro specie ortive coltivate in sequenza [lattuga, ravanella/rucola (contemporanee ma spazialmente distinte), pomodoro da mensa]. È stato adottato un disegno sperimentale fattoriale in cui in ciascuna serra-tunnel (fattore principale non randomizzato) i diversi tipi di copertura del terreno (fattore secondario) erano allocati secondo uno schema a randomizzazione completa con tre ripetizioni.

Serre-tunnel, film plastici e tecnica di solarizzazione

Sono state utilizzate due serre-tunnel (in seguito richiamate semplicemente come "serre") a ventilazione forzata alte 3,20 m, larghe 8 m e lunghe 30 m (la prima) e 24 m (la seconda). La serra più lunga è stata coperta con *film* di polietilene normale a lunga durata (AI3F) e la più corta con *film* di etilvinilacetato (EVA), entrambi dello spessore di 0,18 mm. In seguito le due serre saranno richiamate come "serra in polietilene" e "serra in EVA". In ogni serra sono state ricavate 9 parcelle di m² 12,3 (4,4 x 2,8 m) cui sono stati destinati i singoli tipi di copertura del terreno, realizzati con *film* di polietilene trasparente e nero dello stesso spessore di quelli impiegati per coprire le serre.

La solarizzazione ha avuto luogo dal 27 luglio al 31 agosto 1994 (35 d) su terreno livellato, fresato ed irrigato fino alla capacità di ritenzione idrica, in modo da garantire la massima aderenza del *film* plastico e la più alta ed omogenea trasmissione del calore al terreno trattato. Allo stesso scopo, durante la solarizzazione le serre sono state tenute costantemente chiuse ed in assenza di ventilazione. In Tabella 1 sono riportate le principali caratteristiche del terreno delle due serre.

Interventi colturali

Subito dopo la solarizzazione è stata attuata la successione colturale lattuga - ravanella + rucola - pomodoro da mensa. Prima dell'impianto delle colture in successione alla lattuga, è stata eseguita una rastrellatura per asportare i residui della coltura precedente e livellare il terreno.

La lattuga [*Lactuca sativa* L. var. *longifolia* (Lam.) Janchen cv. Bionda Colosseo] è stata trapiantata il 27 settembre 1994 alla densità di 8,2 piante m⁻² (0,35 x 0,35 m) e raccolta il 28 novembre 1994. Sono stati apportati gli equivalenti di 65 kg ha⁻¹ di N (da solfato ammonico), 130 kg ha⁻¹ di P₂O₅ e 100 kg ha⁻¹ di K₂O subito prima del trapianto, e l'equivalente di 60 kg ha⁻¹ di N (da nitrato ammonico) 15 d dopo il trapianto.

Ravanello (*Raphanus sativus* L. var. *radicula* Pers. cv. Safor) e rucola (*Eruca sativa* Miller tipo comune) sono stati seminati il 30 novembre 1994, il primo in file distanti 15 cm e la seconda a spaglio, impiegando rispettivamente l'equivalente di 14 e 5 kg di seme ha⁻¹. Le due colture sono state diradate 30 d dopo la semina sino ad ottenere un investimento finale di 150 piante m⁻² e raccolte il 17 (ravanello) ed il 24 febbraio 1995 (rucola). Ad entrambe le colture sono stati apportati gli equivalenti di 45 kg ha⁻¹ di N (da solfato ammonico), 90 kg ha⁻¹ di P₂O₅ e 60 kg ha⁻¹ di K₂O subito prima della semina; 30 d dopo la semina, è stato apportato l'equivalente di 50 e 70 kg ha⁻¹ di N (da nitrato ammonico) a ravanello e rucola, rispettivamente.

Tabella 1. Principali caratteristiche chimico-fisiche del terreno. Le percentuali sono riferite al peso secco del terreno

| | | Serra in polietilene | Serra in EVA |
|--|--------------------|----------------------|--------------|
| Sabbia | %* | 64 | 60 |
| Limo | %* | 24 | 26 |
| Argilla | %* | 12 | 14 |
| Sost. organica | % (Walkley-Black) | 2,3 | 2,9 |
| PH | (in acqua, 1: 2,5) | 7,2 | 7,0 |
| N totale | % (Kjeldahl) | 0,13 | 0,17 |
| P ₂ O ₅ assimilabile | ppm (Olsen) | 238 | 129 |
| K ₂ O scambiabile | ppm (Met. Intern.) | 440 | 457 |

* Classificazione U.S.D.A.

Il pomodoro (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. Tepo) è stato trapiantato il 4 maggio 1995 alla densità di 5 piante m⁻² in file binate distanti 40 cm con distanza di 60 cm tra le bine, e raccolto dal 26 giugno al 19 luglio 1995 (data di quella che in seguito richiameremo come "raccolta finale"). Sono stati apportati gli equivalenti di 90 kg ha⁻¹ di N (da solfato ammonico), 170 kg ha⁻¹ di P₂O₅ e 130 kg ha⁻¹ di K₂O subito prima del trapianto, e l'equivalente di 50 kg ha⁻¹ di N (da nitrato ammonico) 30 d dopo il trapianto.

Tutte le colture sono state irrigate fino alla raccolta in regime di completo reintegro dell'ETM (determinata in base all'evaporato da vasca di classe A) con il metodo della microportata (goccia). Gli apporti irrigui erano realizzati allorché si giungeva intorno al limite del 70% della capacità di ritenzione idrica del terreno, con volumi di adacquamento variabili da 10 a 30 mm. Non si sono verificate avversità di rilievo sulle colture. Sul pomodoro, a partire da 20 d dopo il trapianto e ad intervalli di 15 d, sono stati effettuati trattamenti preventivi con poltiglia bordolese all'1% in un volume di acqua equivalente a 600 litri ha⁻¹.

Rilievi ed analisi dei dati

In ogni parcella e per l'intera durata della solarizzazione è stata rilevata ogni 15 minuti la temperatura del terreno a 0, 5, 10, 20 e 30 cm di profondità per mezzo di sensori collegati a due *data logger* Campbell CR21X. Da questi dati sono state ricavate la media delle temperature minime e massime durante l'intero periodo di solarizzazione alle varie profondità e la persistenza media giornaliera ($h\ d^{-1}$) delle temperature superiori a 45°C negli strati 0-5 e 5-10 cm. La temperatura media dello strato è stata calcolata come media delle medie alle due profondità che lo delimitavano.

Le infestanti sono state campionate in pre-trapianto della lattuga e del pomodoro (26 settembre 1994 e 3 maggio 1995) ed alla raccolta di ciascuna coltura (alla raccolta finale nel caso del pomodoro). A tale scopo dopo la solarizzazione in ogni parcella sono state individuate una (campionamento alla raccolta su ravanello e rucola) o due (campionamento in pre-trapianto e alla raccolta su lattuga e pomodoro) aree di saggio di 1 m². Sui campioni raccolti si è proceduto alla separazione ed alla conta degli individui per specie ed all'essiccazione del materiale in stufa ad 80°C fino a peso costante. Sulle stesse aree di saggio per ogni coltura è stata determinata la biomassa epigea (epigea + ipogea nel ravanello) tal quale, totale e commerciabile.

I dati di persistenza media giornaliera delle temperature e quelli relativi alle infestanti (densità e biomassa totali e delle specie non occasionali, queste ultime concorrenti per almeno il 90 ed il 92%, rispettivamente, ai valori di densità e biomassa totale rilevati) ed alle colture sono stati sottoposti all'analisi della varianza. Prima dell'analisi, per ogni serie di dati è stata verificata la condizione di omogeneità delle varianze dell'errore (test di Bartlett, Gomez & Gomez, 1984). I dati (x) delle serie che non rispondevano a tale requisito sono stati trasformati in $[x+1]^{0.5}$ (densità delle infestanti) o $\log [x+1]$ (biomassa delle infestanti). Le medie riportate nelle tabelle derivano dalla trasformazione inversa di quelle calcolate sui dati trasformati (Little & Hill, 1978). I confronti fra medie sono stati realizzati con il test della differenza minima significativa (DMS).

Risultati

Effetto della solarizzazione sulla temperatura del terreno

A tutte le profondità del terreno considerate, l'escursione termica durante il periodo di solarizzazione è stata maggiore nella serra in EVA che in quella in polietilene (Fig. 1). Rispetto a questa, la copertura in EVA ha permesso di raggiungere temperature massime in superficie più elevate di circa 7°C nel caso di copertura del terreno assente (che in seguito richiameremo come "terreno non solarizzato") e di circa 13°C nel caso di terreno coperto con *film* di polietilene (che in seguito richiameremo come "terreno solarizzato"). A 5 e 10 cm di profondità, nel terreno non solarizzato non sono emerse differenze di rilievo fra le medie delle temperature massime delle due serre, mentre nel caso di terreno solarizzato la serra in EVA ha prodotto un incremento di temperatura di circa 10 e 7°C, rispettivamente alla profondità minore e maggiore. Nella serra in polietilene la solarizzazione con *film* trasparente ha causato un incremento di temperatura di 2-3°C rispetto alla solarizzazione con film nero.

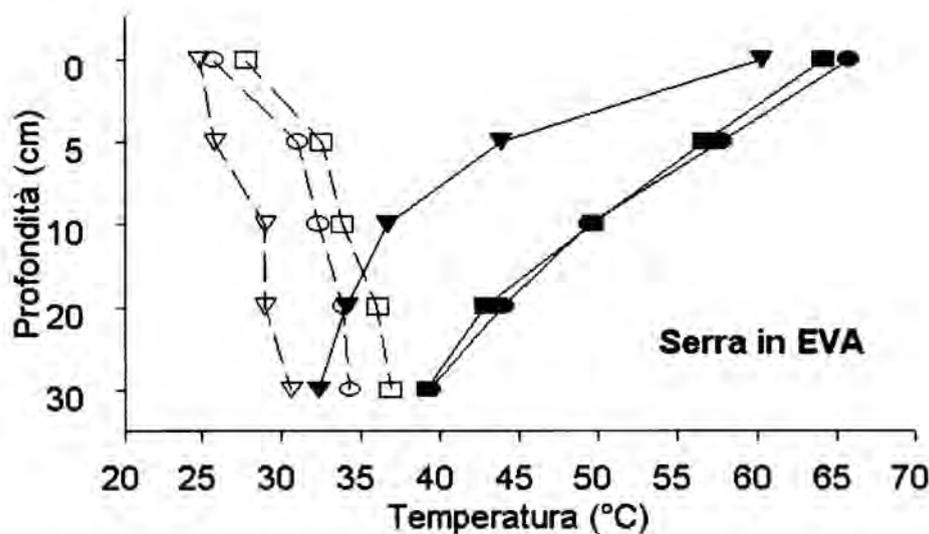
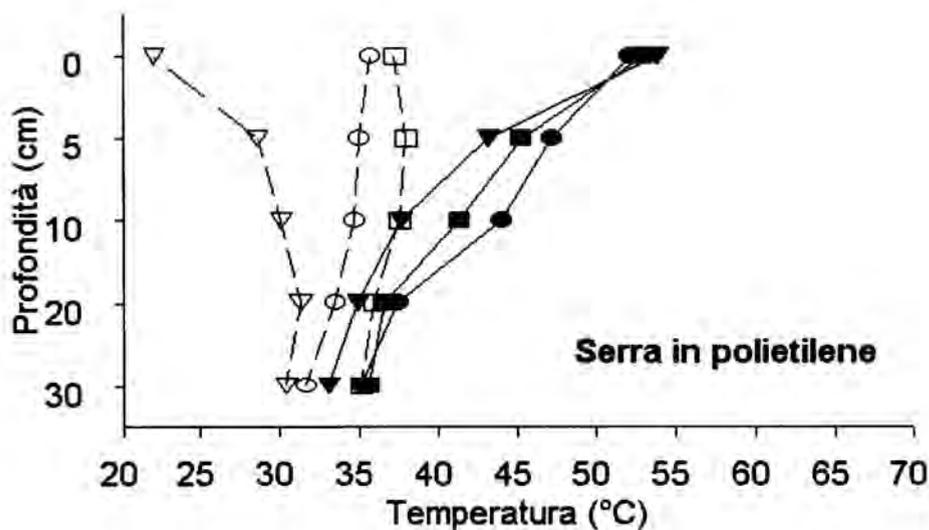
Il diverso effetto termico del tipo di copertura della serra si rileva anche considerando la persistenza media giornaliera a valori superiori a 45°C delle temperature del terreno negli strati 0-5 e 5-10 cm. Tale valore è stato proposto da Horowitz *et al.* (1983) come soglia termica per un'apprezzabile riduzione dell'emergenza delle infestanti in ambiente solarizzato. Nello strato di profondità 0-5 cm la persistenza media delle temperature superiori a 45°C è stata significativamente maggiore nella serra in EVA rispetto a quella in polietilene, sia in caso di terreno solarizzato con *film* in polietilene trasparente (+ 5,5 h d⁻¹) e nero (+ 4,2 h d⁻¹) sia in caso di terreno non solarizzato (+ 3,2 h d⁻¹, Fig. 2). Nello strato di profondità 5-10 cm, la soglia di 45°C è stata superata solo nella serra in EVA nel terreno solarizzato con *film* trasparente o nero (per 6,5 e 6 h d⁻¹, rispettivamente).

Effetto della solarizzazione sulle infestanti

La composizione delle comunità di infestanti rilevata sulle colture in ciascuna epoca è riportata in Tabella 2. Sono state complessivamente censite 21 specie, 12 delle quali su lattuga (3 in pre-trapianto e 11 alla raccolta), 8 su ravenello, 13 su rucola e 9 su pomodoro (4 in pre-trapianto e 6 alla raccolta). Tra le specie identificate, *Oxalis* spp., *Portulaca oleracea* e *Stellaria media* sono risultate le più frequenti nel corso della ricerca (presenti in 4 rilievi su 6). La presenza di alcune specie è apparsa occasionale e limitata al terreno non solarizzato.

In pre-trapianto della lattuga (26 d dopo la solarizzazione) si è avuta presenza di infestanti, peraltro ridotta (in totale 12,7 piante m⁻² e 3,6 g m⁻² di s.s.), solo su terreno non solarizzato nella serra in polietilene (interazione *tipo di copertura della serra x tipo di copertura del terreno* significativa a $P \leq 0,05$; Tabella 3). Le infestanti presenti erano quasi esclusivamente rappresentate da *Cynodon dactylon* e *Portulaca oleracea*. Alla raccolta della lattuga, indipendentemente dal tipo di copertura della serra, la solarizzazione ha causato una forte riduzione della densità totale delle infestanti (1,8 in media vs 44 piante m⁻² su terreno non solarizzato) e più limitatamente della biomassa totale (0,1 in media vs 2,7 g m⁻² di s.s. su terreno non solarizzato), con effetto su molte delle specie più rappresentate, ed in particolare su *Portulaca oleracea* (Tabella 4). Il tipo di copertura della serra ha avuto effetto solo sulla densità totale delle infestanti (21,7 vs 11,0 piante m⁻² in caso di copertura con polietilene ed EVA, rispettivamente).

Alla raccolta del ravenello, indipendentemente dal tipo di copertura della serra, la solarizzazione ha causato una riduzione sia della densità totale (2,3 in media vs 31,2 piante m⁻² su terreno non solarizzato) che della biomassa totale delle infestanti (0,3 in media vs 21,5 g m⁻² di s.s. su terreno non solarizzato), sostanzialmente a carico di *Oxalis* spp. e *Stellaria media* (Tabella 5). Il tipo di copertura della serra non ha avuto effetti sulle infestanti.



- | | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| ○ T min - film trasparente | □ T min - film nero |
| ▽ T min - copertura assente | ● T max - film trasparente |
| ■ T max - film nero | ▼ T max - copertura assente |

Fig. 1. Medie delle temperature minime e massime del terreno registrate a diverse profondità durante il periodo di solarizzazione sotto i tre tipi di copertura del terreno nelle due serre

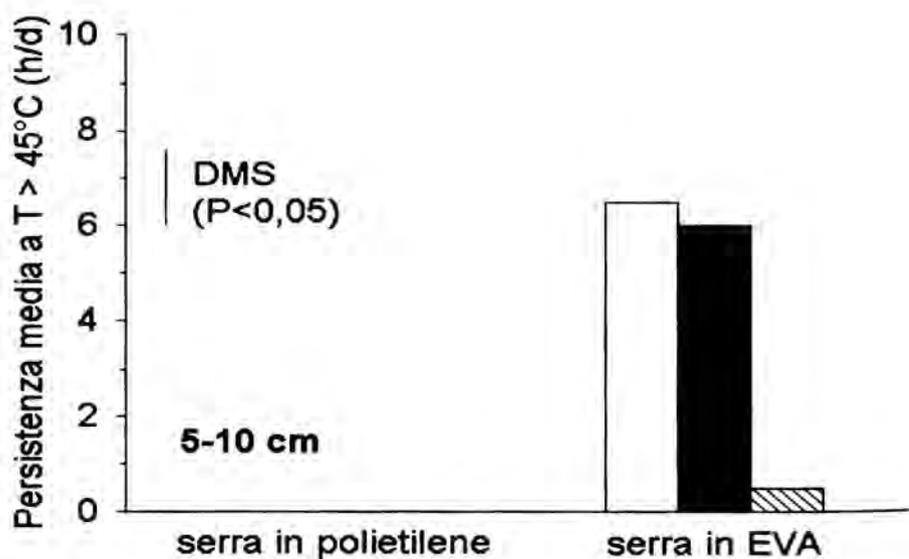
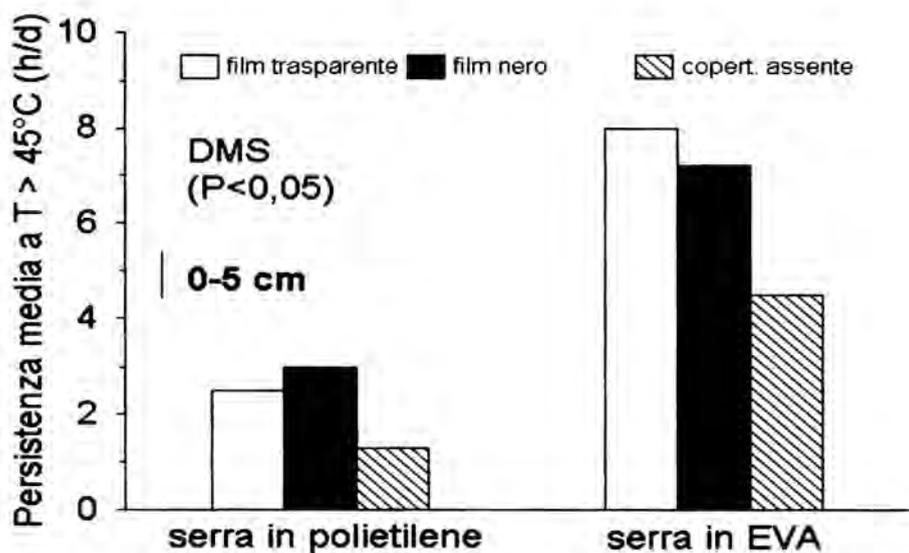


Fig. 2. Persistenza media giornaliera (h d⁻¹) durante la solarizzazione delle temperature superiori a 45°C negli strati di terreno alle profondità 0-5 e 5-10 cm per i tre tipi di copertura del suolo

Tabella 2. Specie infestanti rilevate in pre-trapianto e/o alla raccolta delle colture

| Specie infestante | Coltura ed epoca del rilievo | | | | | |
|------------------------------------|------------------------------|----------|-----------|----------|---------------|-----------------|
| | Lattuga | | Ravanello | Rucola | Pomodoro | |
| | Pre-trapianto | Raccolta | Raccolta | Raccolta | Pre-trapianto | Raccolta finale |
| <i>Amaranthus retroflexus</i> L. | | | X | | | X |
| <i>Ammi majus</i> L. | | | | X | | |
| <i>Anagallis arvensis</i> L. | | | X | X | | |
| <i>Anchusa arvensis</i> (L.) Bieb. | | X | X | X | | |
| <i>Calendula arvensis</i> L. | | | | X | | |
| <i>Chenopodium album</i> L. | | | | | | X |
| <i>Convolvulus arvensis</i> L. | | X | X | X | | |
| <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers. | X | | | X | | |
| <i>Fumaria officinalis</i> L. | | | | | | X |
| <i>Lamium amplexicaule</i> L. | | X | X | X | | |
| <i>Malva silvestris</i> L. | | X | | | | |
| <i>Oxalis</i> spp. | | X | X | X | X | |
| <i>Polygonum aviculare</i> L. | | | | | | X |
| <i>Portulaca oleracea</i> L. | X | X | | | X | X |
| <i>Senecio vulgaris</i> L. | | | | X | | |
| <i>Solanum nigrum</i> L. | | | | | | X |
| <i>Sonchus asper</i> (L.) Hill. | | X | | X | | |
| <i>Stellaria media</i> (L.) Vill. | | X | X | X | X | |
| <i>Urtica urens</i> L. | | X | | X | | |
| Dicotiledoni non identificate | X | X | | | | |
| Graminacee non identificate | | X | X | X | X | |

Tabella 3. Effetto del tipo di copertura della serra e del tipo di copertura del terreno su densità e biomassa delle infestanti in pre-trapianto della lattuga. I valori con asterisco sono significativamente diverso da zero per $P \leq 0,05$

| Specie infestante | Serra in polietilene (PE) | | | Serra in EVA | | |
|-----------------------------------|---|------|---------|--------------|------|---------|
| | Tipo di copertura del terreno (<i>film</i> PE) | | | | | |
| | Trasparente | Nero | Assente | Trasparente | Nero | Assente |
| Densità (piante m ⁻²) | | | | | | |
| <i>Cynodon dactylon</i> | 0,0 | 0,0 | 4,8* | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| <i>Portulaca oleracea</i> | 0,0 | 0,0 | 6,8* | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Totale | 0,0 | 0,0 | 12,7* | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Biomassa (g m ⁻² s.s.) | | | | | | |
| Totale | 0,0 | 0,0 | 3,6* | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

Tabella 4. Effetto del tipo di copertura della serra e del tipo di copertura del terreno su densità e biomassa delle infestanti alla raccolta della lattuga. In ciascuna riga e per ciascun effetto, valori senza lettere in comune sono significativamente diversi per $P \leq 0,05$; ns = non significativo

| Specie infestante | Tipo di copertura del terreno (<i>film</i> PE) | | | Tipo di copertura della serra | |
|-----------------------------------|--|----------|----------|----------------------------------|----------|
| | Trasparente | Nero | Assente | Polietilene (PE) EVA | |
| | | | | Polietilene (PE) | EVA |
| Densità (piante m ⁻²) | | | | | |
| <i>Anchusa arvensis</i> | 0,2 ns | 0,5 ns | 0,3 ns | 0,4 ns | 0,3 ns |
| <i>Convolvulus arvensis</i> | 0,2 ns | 0,0 ns | 0,2 ns | 0,2 ns | 0,1 ns |
| <i>Oxalis</i> spp. | 0,2 b | 0,5 b | 8,8 a | 4,5 ns | 1,8 ns |
| <i>Portulaca oleracea</i> | 0,5 b | 0,7 b | 28,3 a | 5,3 ns | 4,7 ns |
| Graminacee | 0,2 b | 0,2 b | 1,5 a | 0,8 ns | 0,4 ns |
| Totale | 1,5 b | 2,1 b | 44,0 a | 21,7 a | 11,0 b |
| Biomassa (g m ⁻² s.s.) | | | | | |
| <i>Anchusa arvensis</i> | < 0,1 ns | < 0,1 ns | 0,1 ns | < 0,1 ns | < 0,1 ns |
| <i>Convolvulus arvensis</i> | < 0,1 ns | 0,0 ns | < 0,1 ns | < 0,1 ns | 0,0 ns |
| <i>Oxalis</i> spp. | < 0,1 ns | < 0,1 ns | 0,2 ns | 0,1 ns | < 0,1 ns |
| <i>Portulaca oleracea</i> | < 0,1 b | < 0,1 b | 1,3 a | 0,3 ns | 0,4 ns |
| Graminacee | < 0,1 b | < 0,1 b | 0,2 a | 0,1 ns | < 0,1 ns |
| Totale | 0,1 b | 0,1 b | 2,7 a | 1,1 ns | 0,8 ns |

Tabella 5. Effetto del tipo di copertura della serra e del tipo di copertura del terreno su densità e biomassa delle infestanti alla raccolta del ravanello. In ciascuna riga e per ciascun effetto, valori senza lettere in comune sono significativamente diversi per $P \leq 0,05$; ns = non significativo

| Specie infestante | Tipo di copertura del terreno (film PE) | | | Tipo di copertura della serra | |
|-----------------------------------|--|---------|---------|-------------------------------|--------|
| | Trasparente | Nero | Assente | Polietilene (PE) | EVA |
| Densità (piante m ⁻²) | | | | | |
| <i>Anchusa arvensis</i> | 0,2 ns | 0,3 ns | 0,5 ns | 0,6 ns | 0,1 ns |
| <i>Convolvulus arvensis</i> | 0,2 ns | 0,5 ns | 0,0 ns | 0,4 ns | 0,1 ns |
| <i>Lamium amplexicaule</i> | 0,2 ns | 0,8 ns | 1,0 ns | 0,6 ns | 0,7 ns |
| <i>Oxalis</i> spp. | 0,8 b | 0,7 b | 18,0 a | 7,1 ns | 4,9 ns |
| <i>Stellaria media</i> | 0,0 b | 0,2 b | 11,3 a | 5,0 a | 2,7 b |
| Totale | 1,8 b | 2,8 b | 31,2 a | 14,3 ns | 9,6 ns |
| Biomassa (g m ⁻² s.s.) | | | | | |
| <i>Anchusa arvensis</i> | < 0,1 ns | 0,1 ns | 0,1 ns | 0,2 ns | 0,0 ns |
| <i>Convolvulus arvensis</i> | < 0,1 ns | 0,1 ns | 0,0 ns | 0,1 ns | 0,0 ns |
| <i>Lamium amplexicaule</i> | < 0,1 ns | 0,1 ns | 0,1 ns | 0,1 ns | 0,1 ns |
| <i>Oxalis</i> spp. | 0,2 b | < 0,1 b | 11,0 a | 3,9 ns | 3,4 ns |
| <i>Stellaria media</i> | < 0,1 b | < 0,1 b | 10,3 a | 3,5 ns | 3,5 ns |
| Totale | 0,3 b | 0,4 b | 21,5 a | 7,8 ns | 7,0 ns |

Alla raccolta della rucola, indipendentemente dal tipo di copertura della serra, la solarizzazione ha causato una riduzione sia della densità totale (2,4 in media vs 24,7 piante m⁻² su terreno non solarizzato) che della biomassa totale delle infestanti (1,2 in media vs 46,9 g m⁻² di s.s. su terreno non solarizzato), con effetto in entrambi i casi su *Oxalis* spp. e *Stellaria media* e più limitatamente su *Lamium amplexicaule* (Tabella 6). Rispetto a quella in EVA, la serra in polietilene ha permesso un maggior sviluppo delle infestanti (sostanzialmente di *Oxalis* spp. e *Stellaria media*), in termini sia di densità totale (16,2 vs 3,6 piante m⁻²) che di biomassa totale (31,6 vs 1,3 g m⁻² di s.s.).

In pre-trapianto del pomodoro (Tabella 7), oltre 8 mesi dopo il termine della solarizzazione, la densità totale di infestanti era ancora molto bassa su terreno solarizzato in entrambe le serre, mentre su terreno non solarizzato la serra in polietilene dava valori significativamente maggiori rispetto a quella in EVA (13,3 vs 1 piante m⁻²), con maggiore presenza di *Portulaca oleracea*. Rispetto all'epoca di pre-trapianto, alla raccolta finale del pomodoro la densità totale delle infestanti era molto più alta in tutte le tesi, e minore su terreno solarizzato rispetto al non solarizzato, particolarmente nella serra in polietilene rispetto a quella in EVA (94 piante m⁻² come media dei due tipi di copertura del terreno vs 184 piante m⁻² nella prima; 61 piante m⁻² in media vs 108 piante m⁻² nella seconda, interazione *tipo di copertura della serra x tipo di copertura del terreno* significativa per $P \leq 0,05$).

Tabella 6. Effetto del tipo di copertura della serra e del tipo di copertura del terreno su densità e biomassa delle infestanti alla raccolta della rucola. In ciascuna riga e per ciascun effetto, valori senza lettere in comune sono significativamente diversi per $P \leq 0,05$; ns = non significativo

| Specie infestante | Tipo di copertura del terreno (film PE) | | | Tipo di copertura della serra | |
|-----------------------------------|--|--------|---------|-------------------------------|----------|
| | Trasparente | Nero | Assente | Polietilene (PE) | EVA |
| Densità (piante m ⁻²) | | | | | |
| <i>Anagallis arvensis</i> | 0,2 ns | 0,5 ns | 0,7 ns | 0,4 ns | 0,4 ns |
| <i>Anchusa arvensis</i> | 0,0 ns | 0,5 ns | 0,2 ns | 0,3 ns | 0,1 ns |
| <i>Lamium amplexicaule</i> | 0,0 b | 0,0 b | 0,7 a | 0,4 ns | 0,0 ns |
| <i>Oxalis</i> spp. | 0,7 b | 1,3 b | 10,8 a | 7,6 a | 0,9 b |
| <i>Stellaria media</i> | 0,2 b | 0,5 b | 11,0 a | 6,0 a | 1,8 b |
| <i>Urtica urens</i> | 0,0 ns | 0,2 ns | 0,3 ns | 0,3 ns | 0,0 ns |
| Graminacee | 0,0 ns | 0,2 ns | 0,7 ns | 0,5 ns | 0,0 ns |
| Totale | 1,3 b | 3,7 b | 24,7 a | 16,2 a | 3,6 b |
| Biomassa (g m ⁻² s.s.) | | | | | |
| <i>Anagallis arvensis</i> | < 0,1 ns | 0,1 ns | 0,2 ns | 0,2 ns | < 0,1 ns |
| <i>Anchusa arvensis</i> | 0,0 ns | 0,2 ns | 0,3 ns | 0,1 ns | 0,2 ns |
| <i>Lamium amplexicaule</i> | 0,0 ns | 0,0 ns | 0,6 ns | 0,4 ns | 0,0 ns |
| <i>Oxalis</i> spp. | 0,3 b | 0,4 b | 21,3 a | 14,4 a | 0,3 b |
| <i>Stellaria media</i> | < 0,1 b | 1,0 b | 22,8 a | 15,2 a | 0,7 b |
| <i>Urtica urens</i> | 0,0 ns | 0,2 ns | 0,2 ns | 0,3 ns | 0,0 ns |
| Graminacee | 0,0 ns | 0,1 ns | 0,5 ns | 0,4 ns | 0,0 ns |
| Totale | 0,4 b | 2,0 b | 46,9 a | 31,6 a | 1,3 b |

Tabella 7. Effetto del tipo di copertura della serra e del tipo di copertura del terreno sulla densità di piante (n m⁻²) delle infestanti nel pomodoro. In ciascuna riga, valori senza lettere in comune sono significativamente diversi per $P \leq 0,05$.

| Specie infestante ed epoca del rilievo | Serra in polietilene (PE) | | | Serra in EVA | | |
|--|---|---------|---------|--------------|--------|---------|
| | Tipo di copertura del terreno (film PE) | | | | | |
| | Trasparente | Nero | Assente | Trasparente | Nero | Assente |
| <i>P. oleracea</i> (pre-trapianto) | 0,7 b | 2,0 b | 12,7 a | 0,0 b | 0,3 b | 1,0 b |
| Totale (pre-trapianto) | 0,7 b | 2,0 bc | 13,3 a | 0,0 c | 0,3 bc | 1,0 bc |
| Totale (raccolta finale) | 105,0 b | 83,0 bc | 184,0 a | 60,3 c | 61,3 c | 108,0 b |

La stessa interazione non è stata rilevata per la biomassa totale delle infestanti, che a nessun livello è stata influenzata dai fattori studiati (valore medio rilevato pari a 43,1 g m⁻² di s.s.). Alla raccolta del pomodoro è stata inoltre rilevata una minore densità di *Amaranthus retroflexus* su terreno solarizzato rispetto al non solarizzato (in media 39,5 vs 89,8 piante m⁻², Tab. 8). Maggiore effetto sulla composizione della comunità di infestanti ha avuto la copertura della serra: indipendentemente dalla solarizzazione, due delle specie prevalenti (*Amaranthus retroflexus* e *Chenopodium album*) hanno mostrato una densità minore nella serra in EVA rispetto a quella in polietilene.

Tabella 8. Effetto del tipo di copertura della serra e del tipo di copertura del terreno sulla densità di piante (n m⁻²) delle infestanti alla raccolta finale del pomodoro. In ogni riga e per ciascun effetto, valori senza lettere in comune sono significativamente diversi per $P \leq 0,05$; ns = non significativo

| Specie infestante | Tipo di copertura del terreno (film PE) | | | Tipo di copertura della serra | |
|-------------------------------|--|---------|---------|----------------------------------|---------|
| | Trasparente | Nero | Assente | Polietilene (PE) | EVA |
| <i>Amaranthus retroflexus</i> | 45,0 b | 34,0 b | 89,8 a | 74,4 a | 38,1 b |
| <i>Chenopodium album</i> | 19,3 ns | 25,2 ns | 28,0 ns | 35,2 a | 13,1 b |
| <i>Portulaca oleracea</i> | 7,8 ns | 7,0 ns | 20,0 ns | 13,8 ns | 10,0 ns |

Effetto della solarizzazione sulla produzione delle colture

Indipendentemente dal tipo di copertura della serra, la produzione commerciabile e totale della lattuga è stata favorita dalla solarizzazione (rispettivamente 3,9 e 4,5 kg m⁻² come media delle tesi di solarizzazione, vs rispettivamente 3,1 e 3,6 nella tesi non solarizzata) (Tab. 9). Su entrambi i caratteri il tipo di copertura della serra non ha avuto effetto. Analogamente a quanto rilevato sulla lattuga, la produzione commerciabile e totale del ravanella è stata favorita dalla solarizzazione con film trasparente o nero rispetto sia alla tesi non solarizzata (rispettivamente 1,9 e 2,4 kg m⁻² come media delle tesi di solarizzazione, vs rispettivamente 1,4 e 2,0 nella tesi non solarizzata, Tab. 9). Anche per questa coltura, su entrambi i caratteri il tipo di copertura della serra non ha avuto effetto. La produzione commerciabile della rucola (coincidente con la totale per questa coltura) è stata favorita dalla solarizzazione (rispettivamente 3,7 kg m⁻² come media delle tesi di solarizzazione, vs 3,2 nella tesi non solarizzata, Tab. 9) e, indipendentemente da questa, dalla copertura della serra in EVA rispetto a quella in polietilene (4,1 vs 2,9 kg m⁻²).

La produzione commerciabile e totale del pomodoro non è stata significativamente affetta dai trattamenti imposti; i valori medi rilevati sono stati rispettivamente pari a 10,8 e 15,8 kg m⁻².

Tabella 9. Effetto del tipo di copertura della serra e del tipo di copertura del terreno sulla produzione tal quale della lattuga, del ravanello e della rucola. In ogni riga e per ciascun effetto, valori senza lettere in comune sono significativamente diversi per $P \leq 0,05$; ns = non significativo

| Produzione tal quale (kg m ⁻²) | Tipo di copertura del terreno (film PE) | | | Tipo di copertura della serra | |
|---|--|-------|---------|----------------------------------|--------|
| | Trasparente | Nero | Assente | Polietilene (PE) | EVA |
| <i>Lattuga romana cv Bionda Colosseo</i> | | | | | |
| Commerciabile | 3,8 a | 3,9 a | 3,1 b | 3,7 ns | 3,6 ns |
| Totale | 4,4 a | 4,6 a | 3,6 b | 4,3 ns | 4,1 ns |
| <i>Ravanello cv. Safor</i> | | | | | |
| Commerciabile | 1,8 a | 1,9 a | 1,4 b | 1,6 ns | 1,7 ns |
| Totale | 2,4 a | 2,4 a | 2,0 b | 2,2 ns | 2,2 ns |
| <i>Rucola comune</i> | | | | | |
| Commerciabile (= totale) | 3,7 a | 3,6 a | 3,2 b | 2,9 b | 4,1 a |

Discussione e conclusioni

La solarizzazione ha avuto effetti di un certo rilievo su emergenza e sviluppo delle infestanti e sulla produzione delle colture, sostanzialmente imputabili ad una maggiore persistenza delle temperature superiori a 45°C nello strato superficiale del terreno (0-5 cm) piuttosto che a differenze di escursione termica o di temperature massime. Il tipo di *film* plastico utilizzato (trasparente o nero) non ha avuto effetto sulle infestanti e sulla produzione. Ciò è solo apparentemente in contrasto con quanto riportato da vari Autori (ad es. Sauerborn *et al.*, 1989) sulla migliore rispondenza del *film* trasparente soprattutto in riferimento al controllo di patogeni e fitofagi. Nel caso delle infestanti, infatti, ciò che interessa è soprattutto il riscaldamento degli strati più superficiali del terreno, che il *film* nero dovrebbe comunque assicurare a livelli non inferiori rispetto a quello trasparente. E' infine da rilevare come emergenza e sviluppo delle infestanti siano stati in genere inferiori nella serra in EVA rispetto a quella in polietilene, a causa di un effetto termico più marcato verosimilmente dovuto alla maggiore efficienza energetica globale dell'EVA, più impermeabile alle radiazioni di elevata lunghezza d'onda (Marucci & Boccia, 1997).

Nel caso della lattuga la solarizzazione ha avuto effetto abbastanza marcato nel contenere le emergenze sia in pre-trapianto che durante il ciclo colturale. Un effetto di questo tipo è stato rilevato anche da altri Autori, ed è probabilmente dovuto all'azione concomitante di fattori diversi. Sembra infatti probabile che l'ampia escursione termica e l'elevato livello di umidità negli strati superficiali del terreno durante la solarizzazione favoriscano l'interruzione della dormienza e l'imbibizione del seme in molte specie infestanti, che si troverebbero però in condizioni sfavorevoli (temperature molto elevate, causa di alterazioni della permeabilità delle membrane cellulari e denaturazione delle proteine funzionali, Hendricks & Taylorson, 1976) per il successivo sviluppo e quindi per l'emergenza della plantule (Horowitz *et al.*, 1983). Tuttavia, dai ridotti valori di biomassa

infestante a fine ciclo su terreno non solarizzato ($2,7 \text{ g m}^{-2}$ di s.s.) si deduce che tale effetto ha avuto scarsa rilevanza pratica, probabilmente a causa della modesta entità della flora reale a tale epoca. Le maggiori produzioni della lattuga su terreno non solarizzato, considerata anche l'assenza di avversità parassitarie, lasciano quindi supporre che, almeno per certe colture, gli effetti positivi della solarizzazione vadano oltre il semplice controllo delle avversità biotiche. Effetti positivi sono stati ad esempio osservati sulla composizione della microflora del terreno (Gamliel & Katan, 1989; Fiume, 1994) e sulla disponibilità per la coltura di macro e micro-elementi (Chen & Katan, 1980; Stapleton & De Vay, 1986).

Anche su ravanello e rucola la solarizzazione ha consentito un controllo pressoché completo delle nascite e dello sviluppo delle infestanti. In tal caso, tuttavia, questo effetto ha probabilmente concorso alla maggiore produzione delle due colture su terreno solarizzato, considerata la discreta quantità di biomassa infestante rilevata alla raccolta su terreno non solarizzato (rispettivamente $21,5$ e $46,9 \text{ g m}^{-2}$ di s.s.).

Nel caso del pomodoro è interessante osservare come a distanza di circa 8 mesi la solarizzazione abbia ancora determinato una forte riduzione delle nascite di infestanti, che tuttavia non si è mantenuta nel corso del ciclo colturale. Dati i buoni livelli produttivi raggiunti, è probabile che l'assenza di effetto delle infestanti sulla coltura sia da mettere in relazione con una situazione di vantaggio competitivo del pomodoro, anche in ragione della modalità d'impianto (trapianto).

E' inoltre interessante osservare come la solarizzazione abbia limitato in modo evidente l'emergenza di quasi tutte le specie su cui (per i valori di densità e biomassa assoluti delle stesse) era possibile apprezzare un effetto di questo tipo. Si tratta infatti delle specie prevalenti (*Amaranthus retroflexus*, *Oxalis* spp., *Portulaca oleracea* e *Stellaria media*) con la sola eccezione di *Chenopodium album*, la cui emergenza non è apparsa influenzata dalla solarizzazione. Questi risultati danno supporto all'ipotesi di un effetto di controllo delle infestanti abbastanza generalizzabile, quantomeno nei confronti delle specie annuali. Conclusioni simili sono riportate da Stapleton & De Vay (1986) e Vizantinopoulos & Katranis (1993).

In coltura protetta la solarizzazione sembra un metodo efficace per il controllo delle infestanti nelle colture ortive. A tal fine, il tipo di copertura della serra è sembrato avere maggiore effetto del tipo di *film* utilizzato per la copertura del terreno. Anche in considerazione delle recenti restrizioni in materia di disinfezione del terreno con bromuro di metile (Pesticide Action Network North America, Anne Schonfield, comunicazione personale), è probabile che la solarizzazione assuma maggiore importanza nel prossimo futuro. In riferimento ai possibili vantaggi produttivi indotti sulle colture, resta in molti casi da definire l'importanza relativa del controllo delle infestanti rispetto agli altri effetti positivi che questa tecnica può comportare.

Bibliografia

- BÀRBERI P, PAOLINI R (1998) Ipotesi di controllo integrato delle infestanti secondo il Regolamento UE 2078/92 in ordinamenti colturali proponibili nell'Alto Lazio. *L'Informatore Agrario*, in corso di stampa.
- CHEN Y, KATAN J (1980) Effect of solar heating of soil by transparent polyethylene mulching on their chemical properties. *Soil Science* **130**: 271-7.
- EGLEY GH (1983) Weed seed and seedling reductions by soil solarization with transparent polyethylene sheets. *Weed Science* **31**: 404-9.
- FIUME F (1994) L'impiego dell'apprestamento protettivo per la solarizzazione del terreno nelle colture protette in Italia meridionale. *Informatore Fitopatologico* **44**: 52-7.
- GAMLIEL A, KATAN J (1989) Microbial changes in solarized soils as related to plant growth. *Phytoparasitica* **19**: 151.
- GOMEZ KA, GOMEZ AA (1984) Test for homogeneity of variance. In: *Statistical procedures for agricultural research*, 2nd edn., 467-71, J. Wiley & Sons, New York.
- GRINSTEIN A, KRITZMAN G, HETZRONI A, GAMLIEL A, MOR M, KATAN J (1995) The border effect of soil solarization. *Crop Protection* **14**: 315-20.
- HENDRICKS SB, TAYLORSON RB (1976) Variation in germination and amino acid leakage of seeds with temperature related to membrane phase change. *Plant Physiology* **58**: 7-11.
- HOROWITZ M, REGEV Y, HERZLINGER G (1983) Solarization for weed control. *Weed Science* **31**: 170-9.
- KUMAR B, YADURAJU NT, AHUJA KN, PRASAD D (1993) Effect of soil solarization on weeds and nematodes under tropical Indian conditions. *Weed Research* **32**: 423-9.
- LITTLE TM, HILL FJ (1978) Transformations (what to do when data break the rules). In: *Agricultural experimentation. Design and analysis*, 139-65. J. Wiley & Sons, New York.
- MARUCCI A, BOCCIA L (1997) Aspetti energetici della solarizzazione in serra. *Culture Protette* **19**: 85-91.
- RUBIN B, BENJAMIN A (1983) Solar heating of the soil: effect on weed control and on soil-incorporated herbicides. *Weed Science* **31**: 819-25.
- RUBIN B, BENJAMIN A (1984) Solar heating of the soil: involvement of environmental factors in the weed control process. *Weed Science* **32**: 138-42.
- SAUERBORN J, LINKE KH, SAXENA MC, KOCH W (1989) Solarization: a physical control method for weeds and parasitic plants (*Orobanche* spp.) in Mediterranean agriculture. *Weed Research* **29**: 391-7.
- STAPLETON JJ, DE VAY JE (1986) Soil solarization: a non chemical approach for management of plant pathogens and pests. *Crop Protection* **5**: 190-8.
- VIZANTINOPOULOS S, KATRANIS N (1993) Soil solarization in Greece. *Weed Research* **33**: 225-30.

Effetti di competizione tra *Xanthium italicum* Moretti e tre solanacee ortive

P. VIGGIANI e V. DELLACECCA

Dipartimento di Agronomia, Università di Bologna

Riassunto

Ricerche sulla competitività fra *Xanthium italicum* Moretti e colture di pomodoro, melanzana e peperone sono state condotte nel biennio 1997-1998, ad Ozzano Emilia (BO), confrontando un controllo non infestato con quattro densità di infestazione (0,3-0,6-0,9 e 1,2 piante m⁻²) nel primo anno e con densità diverse per ogni singola coltura nel secondo anno: 0,6-1,2 e 1,8 piante m⁻² per pomodoro; 0,15-0,30 e 0,60 per melanzana e 0,075-0,15 e 0,30 per peperone. Il pomodoro é risultato più competitivo nei confronti dell'infestante rispetto a melanzana e peperone, subendo significative perdite di prodotto (28 %) solo quando l'infestante era presente a densità superiore a 0,3 p.te m⁻², mentre molto consistenti sono state le perdite di prodotto in melanzana (42 %) e soprattutto in peperone (93 %), nel 1997, anche con la densità più bassa di infestazione. In queste ultime colture, la forte riduzione di prodotto è da porre in relazione alla competitività per la luce nella fase critica della fioritura e, verosimilmente, alla ridotta altezza delle piante coltivate rispetto a quella dell'infestante, come posto in evidenza anche dagli elevati rapporti fra biomassa di malerba e solanacee.

Summary

Competitive effects between cocklebur (*Xanthium italicum* Moretti) and three vegetable Solanaceae

The competitive effects of *Xanthium italicum* Moretti towards tomato, eggplant and pepper were studied in a two-year trial (1997-1998) at Ozzano Emilia (BO). In 1997, a weeded control was compared with four weed densities (0.3, 0.6, 0.9 and 1.2 pp m⁻²), whereas in 1998 different densities for each crop were compared: 0.6, 1.2 and 1.8 plants m⁻² for tomato, 0.15, 0.30 and 0.60 plants m⁻² for eggplant and 0.075, 0.15 and 0.30 plants m⁻² for pepper. Tomato showed to be more competitive towards the weed than

eggplant and pepper, having a yield reduction (28 %) only when the weed was at a density above 0.3 plants m⁻², while yield reductions, in 1997, were high in eggplant (42 %) and especially in pepper (93 %), even with the lowest density. In these two crops, yield reductions were due to the sunlight competition during the critical stage of flowering and, presumably, to the lower height of the crops with respect to the weed, as suggested by the high ratio between weed and crop biomass.

Introduzione

Il genere *Xanthium*, appartenente alla famiglia *Compositae*, comprende molte specie (Löve, 1976; Hocking e Liddli, 1986), fra le quali *X. strumarium* L., *X. italicum* Moretti e *X. spinosum* L. sono molto diffuse anche in Italia, prevalentemente su aree incolte (Pignatti, 1982), ma anche come piante infestanti delle colture (Viggiani *et al.*, 1996a, 1996b).

Molto ricca é la letteratura riguardante queste piante, delle quali solo in qualche caso si mettono in risalto le qualità positive, come, per esempio l'impiego alimentare (Sharma e Pande, 1983) oppure la loro attività nematocida (Nandal e Bhatti, 1986, 1987 e 1990 ; Ghosh e Sukul, 1992), ma principalmente di esse si rileva la dannosità come piante ospiti di orobanche (Khesraji e Wahid, 1988), di malattie fungine (McLean e Roy, 1991; de Villiers, 1987), batteri (Chang *et al.*, 1992) e insetti (Adashkevich e Kadyroc, 1990) o come piante infestanti di molte colture, come la soia (Barrentine e Oliver, 1977; Henry e Bauman, 1989; Marwat e Nafziger, 1990), il cotone (Byrd e Coble, 1991), il fagiolo (Neary e Majek, 1990) e il mais (Saayman *et al.*, 1996). La loro capacità competitiva é molto elevata e danneggia principalmente le colture a taglia bassa ed a largo sesto di impianto; in questi casi le piante di *X. italicum* e *X. strumarium* estrinsecano appieno la loro aggressività potendo raggiungere, in breve tempo, altezze di 160-170 cm e potendo ricoprire, con i loro lunghi e numerosi rami, ampie superfici di terreno.

Le solanacee ortive sono tra le colture che soffrono di più tale competizione, come messo in evidenza sul pomodoro da Monaco e altri (1981) e sul peperone da Mendt e Monaco (1979), ma scarse sono le notizie che quantificano questo fenomeno, per il quale esistono pochi riferimenti bibliografici, riguardanti però principalmente il controllo dell'infestante con erbicidi vari (Alonso *et al.*, 1993, Cavero *et al.*, 1996). Data la scarsità di notizie, il Dipartimento di Agronomia dell'Università di Bologna ha ritenuto opportuno effettuare delle ricerche per mettere in evidenza alcuni aspetti della competizione tra *Xanthium italicum* (Pignatti, 1982) e tre colture di solanacee.

Materiali e metodi

Le ricerche sono state condotte nel biennio 1997-98, presso l'Azienda sperimentale dell'Università degli Studi di Bologna, sita in Ozzano Emilia, su terreno di medio impasto tendente all'argilloso, con lo scopo di valutare gli effetti di competizione di alcune densità simulate di infestazione di *X. italicum* su colture trapiantate di pomodoro da industria, peperone e melanzana.

Nel primo anno (1997), le prove, impostate su schema sperimentale delle parcelle suddivise con tre repliche, prevedevano, per ciascuna coltura, allevata sia su terreno nudo che pacciamato con film plastico scuro, quattro diverse densità di *X. italicum* (0,3-0,6-0,9-1,2 piante m⁻²) confrontate con un controllo non infestato, in parcelle elementari di 6,60 m². Le piantine di pomodoro (cv. Rio Fuego), peperone (cv. California Wonder) e melanzana (cv. Lunga violetta di Napoli), allevate in serra in contenitori alveolati, sono state trapiantate in file binate a distanza di 50 cm tra le file, di 30 cm sulla fila e di 170 cm tra le bine, con una densità di 3,0 piante m⁻² per tutte le tre colture. I trapianti hanno avuto luogo il 2 maggio per il pomodoro ed il 14 maggio per peperone e melanzana. All'atto del trapianto, in mezzo alle bine alla densità ed a distanze calcolate a seconda delle densità previste, sono stati seminati capolini di *X. italicum* (2 per postarella, cioè 4 semi). Dopo l'emergenza delle piantine verificatasi dopo circa 10-12 giorni dalla semina, è stato effettuato un diradamento al fine di lasciare il numero esatto di piantine previste. La concimazione di base è consistita nell'apporto di 150 kg ha⁻¹ di P₂O₅, 100 kg ha⁻¹ di K₂O e 100 kg ha⁻¹ di azoto. Le tecniche di allevamento hanno riguardato adeguate settimanali con manichetta perforata, con volumi di circa 200 m³ ha⁻¹ per volta e 2 interventi di scerbatura nelle parcelle non pacciamate, al fine di eliminare le altre malerbe.

La raccolta del pomodoro è stata effettuata in tre interventi (25/7-11/8-20/8); la melanzana è stata raccolta in sei interventi (dal 15/7 al 29/8) ed infine per il peperone, raccolto a completa maturazione, sono state effettuate due raccolte (20/8 e 1/9).

Nel secondo anno di prove (1998), le ricerche, in seguito ai risultati ottenuti nel primo anno, sono state impostate solo su terreno pacciamato, su parcelle di superficie doppia per pomodoro e melanzana (13,20 m²) e quadrupla per peperone (26,40 m²), con densità variabili di piante di *X. italicum* a seconda della specie coltivata: 0-0,6-1,2-1,8 piante m⁻² per pomodoro; 0-0,15-0,30-0,60 per melanzana ed, infine, 0-0,075-0,15 e 0,30 per peperone. Inoltre, le prove, impostate su schema sperimentale dei blocchi randomizzati hanno previsto quattro repliche.

Le varietà adottate, la concimazione, le distanze d'impianto delle colture e le tecniche colturali sono state le medesime impiegate per le prove dell'anno precedente. Il trapianto delle piantine di pomodoro è avvenuto il 7 maggio; quelli di peperone e melanzana il 20 maggio. Le raccolte del pomodoro hanno avuto luogo in tre tempi: il 4, 14 e 27 agosto; quelle di melanzana in quattro tempi (dal 27 luglio al 31 agosto) e quelle di peperone in tre tempi (dal 14 agosto al 31 agosto).

Circa l'andamento delle temperature del periodo di prova nelle due annate, è da rilevare (Fig. 1) che nel 1998 le temperature massime sono state superiori a quelle rilevate nel 1997.

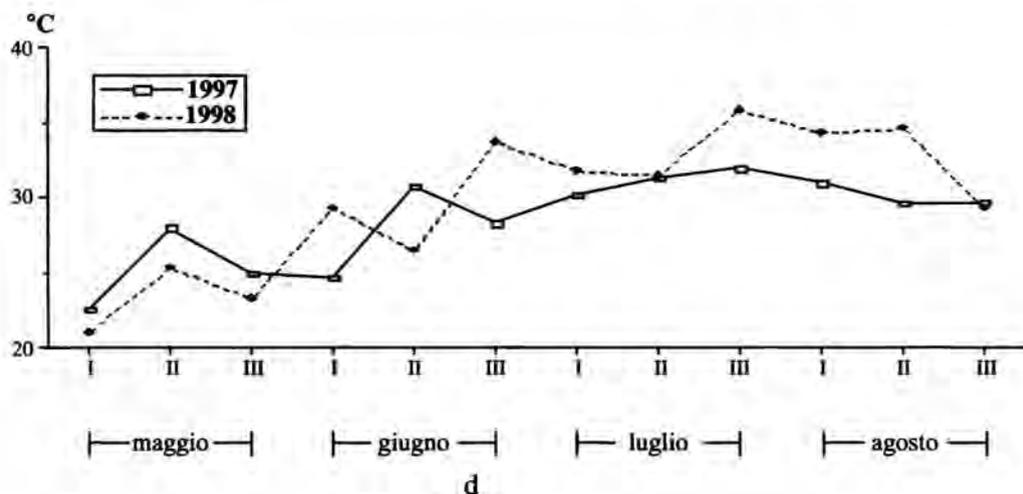


Figura 1. Temperature massime decadali rilevate durante i periodi di prova.

In entrambi gli anni i rilievi hanno riguardato l'accrescimento (altezza) e la copertura del terreno (%) delle colture e dell'infestante, la valutazione delle rese colturali e delle loro componenti, la produzione di biomassa fresca e secca di infestante e delle colture. I risultati di maggiore interesse sono riportati nelle tabelle e nelle figure allegate. I dati del primo anno, visto la non influenza della pacciamatura sui rilievi effettuati, secondo una prima elaborazione statistica, sono stati elaborati secondo lo schema a blocchi randomizzati con 6 repliche; in quest'anno, inoltre, i dati riguardanti la biomassa si riferiscono ai valori medi delle tre colture. Su tutti i dati, infine, è stata effettuata l'analisi della regressione polinomiale.

Risultati

Le ricerche relative al primo anno non hanno messo in evidenza differenze significative sulla produttività ed altre caratteristiche esaminate circa l'effetto della modalità di coltivazione (terreno nudo o pacciamato), anche se, come è noto, la pacciamatura riduce fortemente le operazioni di scerbatura.

Dai risultati medi ottenuti con le due tecniche di allevamento è emerso che la competitività di *X. italicum* sulle solanacee, alle densità provate (Tab. 1), è variata da specie a specie.

Tabella 1. Anno 1997. Effetto della densità di infestazione di *X. italicum* sulla resa delle colture e delle sue componenti (*).

| Densità <i>Xanthium</i> (n piante m ⁻²) | Pomodoro | | | Melanzana | | | Peperone |
|---|--|-----------------------------|---------------------------|--|-----------------------------|---------------------------|--|
| | Produzione commerciale (t ha ⁻¹) | Bacche per pianta (n) | Peso di 1 bacca (g) | Produzione commerciale (t ha ⁻¹) | Bacche per pianta (n) | Peso di 1 bacca (g) | Produzione commerciale (t ha ⁻¹) |
| 0 | 57,5 | 24,0 | 79,1 | 20,1 | 3,5 | 192 | 11,5 |
| 0,3 | 51,0 | 21,5 | 77,2 | 10,0 | 2,0 | 172 | 0,8 |
| 0,6 | 41,7 | 19,1 | 71,6 | 4,1 | 0,8 | 164 | 0,3 |
| 0,9 | 38,9 | 17,2 | 74,6 | 3,0 | 0,7 | 161 | 0,2 |
| 1,2 | 42,3 | 19,9 | 69,9 | 2,5 | 0,6 | 156 | 0,0 |
| DMS (P ≤ 0,05) | 12,3 | n.s. | 4,7 | 5,1 | 0,9 | 23 | 1,7 |
| Comp. lineare | n.s. | n.s. | n.s. | * | * | * | n.s. |
| Comp. quadr. | n.s. | n.s. | n.s. | * | * | n.s. | n.s. |

(*) Sono riportati i dati medi ottenuti su colture pacciamate e no.

Infatti, mentre su pomodoro le rese, variabili in media da circa 39 a 58 t ha⁻¹, sono apparse negativamente influenzate solo da densità di infestazione di 0,6 piante m⁻² e dalle densità superiori, con perdite medie, rispetto al controllo, del 28% circa (fig. 2), in melanzana e soprattutto in peperone, le rese sono state maggiormente influenzate dall' infestante, che, già a 0,3 piante m⁻², ha comportato riduzioni notevoli di prodotto (42 % in melanzana ed addirittura 93 % in peperone). Con densità di infestanti superiori a 0,3 piante m⁻² e crescenti fino a 1,2 piante m⁻², le rese della melanzana si sono ridotte mediamente del 79 % rispetto al controllo non infestato, mentre in peperone non si é avuta, in pratica, alcuna produzione (Fig. 2).

Solo in melanzana le riduzioni della resa e delle sue componenti hanno assunto generalmente un andamento lineare all'aumentare della densità di infestazione. A parziale giustificazione delle forti riduzioni di resa in peperone vi è da dire che la raccolta veniva effettuata a maturazione completa e i pochi frutti che giungevano a maturazione, sono stati colpiti da marciumi in elevata percentuale. In ogni modo, la melanzana ed il peperone, le cui piante hanno un portamento eretto e si accrescono più lentamente rispetto a quelle di pomodoro, sono state ben presto ricoperte (dopo circa trenta giorni dal trapianto) dalla abbondante vegetazione di *Xanthium*, le cui piante, alla raccolta del prodotto, presentavano un'altezza variabile da 148 a 177 cm rispetto a 37-45 cm di quelle di peperone ed a 54-62 cm della melanzana (dati non significativi nell'ambito delle specie). D'altra parte abbastanza indicativi appaiono i dati relativi alla produzione di biomassa secca dell'infestante (tab. 2), crescente linearmente da 4,7 a 11,6 t ha⁻¹, con l'aumentare della densità di infestazione, in confronto ad appena 0,5-1,2 t ha⁻¹ di sostanza secca osservata, in media, nelle colture di solanacee (solo piante). Ciò è messo in particolare evidenza anche dall'elevato rapporto massale fra infestante e colture, che, a densità più elevate (0,9 e 1,2 piante m⁻²) é risultato in media di 19 a 1. Inoltre,

mentre il pomodoro, sia per il portamento prostrato delle piante, con grado di copertura variabile tra il 65 ed il 76 % sia per la rapida fruttificazione è sfuggito in parte alla competizione della malerba (soprattutto luminosa), melanzana e peperone, con piante più basse e fruttificazione più lenta rispetto a pomodoro, sono risultate meno competitive.

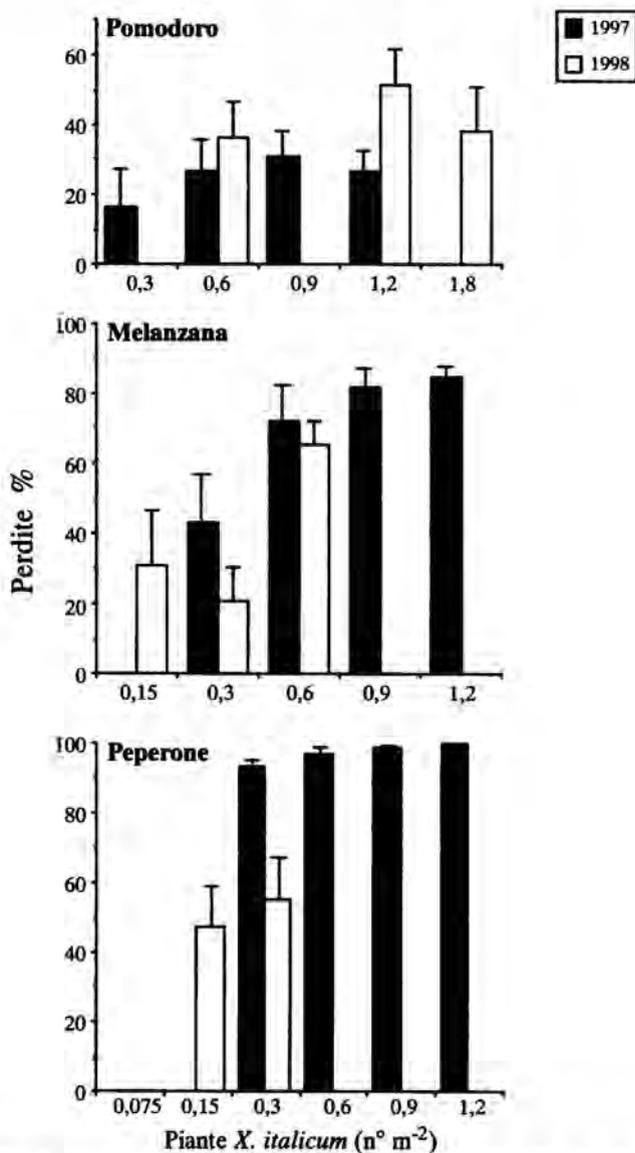


Figura 2. Perdite di prodotto commerciale (%) in funzione della densità di infestazione di *X. italicum*, in pomodoro, melanzana e peperone. I tratti verticali rappresentano l'errore standard della media.

Tabella 2. Anno 1997. Biomassa di *X. italicum* e delle solanacee (medie delle tre colture) e loro rapporti.

| Densità <i>Xanthium</i> (n piante m ⁻²) | Biomassa secca (t ha ⁻¹) | | Rapporto a/b |
|---|--------------------------------------|-------------------------|-----------------|
| | piante <i>Xanthium</i> (a) | piante solanacee (b) | |
| 0 | 0 | 1,2 | 0 |
| 0,3 | 4,7 | 1,2 | 4,0 |
| 0,6 | 7,0 | 0,8 | 8,4 |
| 0,9 | 8,7 | 0,5 | 18,2 |
| 1,2 | 11,6 | 0,6 | 19,6 |
| DMS (P ≤ 0,05) | 1,6 | 0,4 | 0,9 |
| Comp. lineare | * | * | * |
| Comp. quadr. | n.s. | n.s. | n.s. |

Da rilievi effettuati periodicamente è stato, infatti, osservato che la luce incidente su piante di peperone e melanzana ricoperte dall'infestante, spesso rappresentava appena 1/10 di quella che perveniva su colture non infestate (controllo) e, pertanto, era del tutto insufficiente ai normali processi produttivi. Infatti, mentre nella coltura del pomodoro è stata rilevata soprattutto una leggera riduzione di peso delle singole bacche con l'aumentare della densità di infestazione, in melanzana si è notata anche una notevole riduzione del numero di bacche per pianta, così come in peperone (dati non riportati per tale coltura a causa dell'esigua quantità di prodotto ottenuto).

Nel secondo anno (1998) le rese delle tre solanacee sono risultate sensibilmente più basse rispetto a quelle ottenute nel 1997 e la competitività di *X. italicum* è stata ancora evidente (Tab. 3).

Tabella 3. Anno 1998. Effetto della densità di infestazione di *X. italicum* sulla resa del pomodoro.

| Densità <i>Xanthium</i> (n piante m ⁻²) | Produzione commerciale (t ha ⁻¹) | Bacche per pianta (n) | Peso di 1 bacca (g) |
|---|--|-----------------------------|---------------------------|
| 0 | 39,3 | 17,7 | 73 |
| 0,6 | 24,7 | 12,5 | 65 |
| 1,2 | 20,9 | 11,4 | 61 |
| 1,8 | 20,4 | 10,4 | 64 |
| DMS (P ≤ 0,05) | 11,3 | 4,7 | n.s. |
| Comp. lineare | n.s. | n.s. | n.s. |
| Comp. quadr. | n.s. | n.s. | n.s. |

Il pomodoro ha fornito rese commerciali variabili significativamente da 39,3 t ha⁻¹ del controllo a circa 22 t ha⁻¹ della coltura infestata, con perdite variabili, in media, intorno al 42 % (Fig. 2). Le rese, in questo caso, sono state negativamente influenzate dal minor numero di bacche per pianta osservato nelle tesi infestate.

Tabella 4. Anno 1998. Biomassa di *X. italicum* e delle colture in funzione della densità di infestazione della malerba.

| Densità Xanthium (n piante m ⁻²) | Biomassa fresca (t ha ⁻¹) (°) | | | Biomassa secca (t ha ⁻¹) (°°) | | |
|--|---|----------------|-----------------|---|----------------|-----------------|
| | Xanthium (a) | coltura (b) | Rapporto a/b | Xanthium (a) | coltura (b) | Rapporto a/b |
| Pomodoro | | | | | | |
| 0 | 0 | 64,4 | 0 | 0 | 1,7 | 0 |
| 0,6 | 19,9 | 37,0 | 0,6 | 4,8 | 1,2 | 4,0 |
| 1,2 | 25,6 | 29,5 | 0,9 | 6,6 | 1,0 | 6,6 |
| 1,8 | 33,0 | 28,2 | 1,2 | 8,1 | 0,9 | 9,0 |
| DMS (P ≤ 0,05) | 10,8 | 12,4 | 0,9 | 2,4 | 0,3 | 6,6 |
| Comp. lineare | n.s. | n.s. | * | * | n.s. | ** |
| Comp. quadr. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |
| Melanzana | | | | | | |
| 0 | 0 | 7,6 | 0 | 0 | 0,8 | 0 |
| 0,15 | 5,9 | 6,3 | 1,0 | 1,5 | 0,7 | 2,4 |
| 0,30 | 13,1 | 5,4 | 2,4 | 3,3 | 0,5 | 6,4 |
| 0,60 | 18,0 | 3,5 | 5,5 | 4,2 | 0,5 | 10,3 |
| DMS (P ≤ 0,05) | 4,0 | 2,3 | 1,6 | 0,8 | n.s. | 3,1 |
| Comp. lineare | * | ** | ** | n.s. | n.s. | ** |
| Comp. quadr. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |
| Peperone | | | | | | |
| 0 | 0 | 11,6 | 0 | 0 | 1,0 | 0 |
| 0,075 | 3,9 | 10,2 | 0,5 | 1,0 | 0,8 | 1,2 |
| 0,15 | 9,1 | 8,0 | 1,3 | 2,2 | 0,7 | 3,3 |
| 0,30 | 18,7 | 7,2 | 2,7 | 4,6 | 0,6 | 7,8 |
| DMS (P ≤ 0,05) | 6,1 | 1,8 | 0,9 | 1,6 | 1,6 | 3,0 |
| Comp. lineare | ** | n.s. | ** | ** | n.s. | ** |
| Comp. quadr. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |

(°) La biomassa fresca della coltura si riferisce a tutta la parte epigea delle piante compresi i frutti.

(°°) La biomassa secca della coltura si riferisce alla parte epigea delle sole piante, esclusi i frutti.

In questa annata, melanzana e peperone hanno fornito produzioni del tutto insignificanti, dovute soprattutto a periodi particolarmente caldi e siccitosi verificatisi in luglio-agosto, durante la fioritura, con temperature molto spesso superiori a 32°C (Fig. 1), che hanno determinato scarsa allegagione, in particolare in melanzana (0,7-1,6 bacche per pianta) e scottature da sole sulle bacche di peperone in fase di accrescimento e di maturazione, con elevatissime percentuali di scarto (65-81 %). Per tale motivo, non si è ritenuto opportuno riportare i dati relativi alla produzione

commerciabile. In ogni caso, nella Figura 2, sono rappresentate ugualmente le perdite di prodotto rispetto al controllo che, per il peperone sono risultate mediamente del 51 % circa, con densità di infestazione di 0,15-0,30 piante m^{-2} , mentre per la melanzana le maggiori perdite, il 66 % circa, rispetto al testimone non infestato, sono state rilevate con infestazione di 0,60 piante m^{-2} .

In particolare nella Figura 2 viene evidenziata, la variabilità delle perdite in funzione dell'annata.

Abbastanza indicativi sono anche i dati relativi alla produzione di biomassa infestante (Tab. 4), sia fresca che secca, rilevati alla raccolta delle colture. In competizione con pomodoro e con densità d'infestazione variabili da 0,6 a 1,8 piante m^{-2} si sono ottenute da 20 a 33 t ha^{-1} di biomassa fresca corrispondenti a circa 4,8-8,1 t ha^{-1} di sostanza secca, mentre su peperone e melanzana la maggiore quantità di biomassa si è ottenuta rispettivamente con 0,30 e 0,60 piante m^{-2} . Sulla biomassa fresca, abbastanza contenuto è risultato il rapporto fra *X. italicum* e pomodoro (piante + frutti) per le buone rese della coltura, mentre tale rapporto è risultato più elevato, anche a bassa densità di infestazione (0,30- 0,60 piante m^{-2}), in colture di peperone e melanzana. I dati sulla biomassa secca confermano tale tendenza. In ogni caso all'aumentare della densità di infestazione è stato osservato un aumento lineare di tale rapporto.

Considerazioni conclusive

Dai risultati ottenuti in condizioni termiche diverse verificatesi nelle due annate di prova, è emerso che l'infestazione di *X. italicum* determina gravi perdite di prodotto in colture di melanzana e peperone anche a basse densità d'infestazione (0,30 piante m^{-2}); con tale densità di infestazione si sono avute perdite di prodotto variabili dal 43 % (in melanzana) al 93 % (in peperone) nel primo anno. Sul pomodoro, invece, le perdite sono risultate un po' più basse, intorno al 28 % nel primo anno ed intorno al 42 % nel secondo anno, rilevate solo con densità d'infestazione uguale o superiore a 0,60 piante m^{-2} .

Da ciò si desume che il pomodoro è più competitivo nei confronti della malerba rispetto a peperone e melanzana, sia perchè le piante di pomodoro sono provviste di apparato radicale più profondo rispetto a peperone e melanzana, sia per il più rapido accrescimento delle stesse ed altrettanto rapida fruttificazione, sia, infine, per il portamento prostrato della vegetazione, che in parte sfugge all'ombreggiamento prodotto dalle piante dell'infestante.

Bibliografia

- ADASHKEVICH BP, KADYROC AK (1990) Encarsia breeding. *Zashchita-Rastenii* 10: 23-24.
- AL KHESRAJI TO, ABDEL-WAHID AU (1988) *Orobanche aegyptiaca* Pers. in Arbil governerate northern Iraq and its infestation by *Phytomyza orobanchia* Kait. *Iraqi Journal of Agricultural Sciences*, 'ZANCO' 6: 3, 71-83.
- ALONSO S, MEDINA JA, CAVERO J, GIL R, ZARAGOZA C (1993) Rimsulfuron selectivity in three sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) varieties and its control of *Xanthium strumarium* L. and *Solanum nigrum* L. *Proc. of the 1993 Congress of the Spanish Weed Science Society, Lugo, Spain, 1-3 December 1993* 230-234.
- BARRENTINE WL, OLIVER LR (1977) Competition, threshold levels, and control of cocklebur [*Xanthium strumarium*] in soybeans. *Technical Bulletin, Mississippi Agricultural and Forestry Experiment Station* 83, 28 pp.
- BYRD JD JR, COBLE HD (1991) Interference of common cocklebur (*Xanthium strumarium*) and cotton (*Gossypium hirsutum*). *Weed Technology* 5: 2, 270-278.
- CAVERO J, ZARAGOZA C, GIL-ORTEGA R (1996) Tolerance of direct-seeded pepper (*Capsicum annuum*) under plastic mulch to herbicides. *Weed Technology* 10: 4, 900-906.
- CHANG RJ, RIES SM, PATAKY JK (1992) Local sources of *Clavibacter michiganensis* ssp. *michiganensis* in the development of bacterial canker on tomatoes. *Phytopathology* 82: 5, 553-560.
- de VILLIERS DA (1987) Alternative hosts for the black root rot fungus *Thielaviopsis basicola* of tobacco. *Phytophylactica* 19: 3, 347-348.
- GHOSH T, SUKUL NC (1992) Nematocidal principles in the leaves of *Xanthium strumarium* L. *Environment and Ecology* 10: 4, 963-968.
- HENRY WT, BAUMAN TT (1989) Interference between soybeans (*Glycine max*) and common cocklebur (*Xanthium strumarium*) under Indiana field condition. *Weed Science* 37: 6, 753-760.
- HOCKING PJ, LIDDLI MJ (1986) The Biology of Australian Weeds: 15. *Xanthium occidentale* Bertol. complex and *Xanthium spinosum* L. *The Journal of the Australian Institute of Agricultural Science*: 52 (4).
- LÖVE D (1976) *Xanthium* L. In *Flora Europea*. Cambridge University Press. (4), 143.
- MARWAT KB, NAFZIGER ED (1990) Cocklebur and velvetleaf interference with soybean grown at different densities and planting patterns. *Agronomy Journal* 82: 3, 531-534.
- McLEAN KS, ROY KW (1991) Weeds as a source of *Colletotrichum capsici* causing anthracnose on tomato fruit and cotton seedlings. *Canadian Journal of Plant Pathology* 13: 2, 131-134.

- MENDT RD, MONACO TJ (1979) Prickly sida and cocklebur interference in transplanted peppers. *Proceedings of the 32nd Annual Meeting of the Southern Weed Science Society* 149.
- MONACO TJ, GRAYSON AS, SANDERS DC (1981) Influence of four weed species on the growth, yield and quality of direct-seeded tomatoes (*Lycopersicon esculentum*). *Weed Science* 29: 4, 394-397
- NANDAL SN, BHATTI DS (1986) Influence of four plant extracts on the hatching of *Meloidogyne javanica* and invasion of host roots. *Nematologia Mediterranea* 14: 2, 291-294.
- NANDAL SN, BHATTI DS (1987) Effect of some weed and shrub extracts on penetration and gall formation by *Meloidogyne javanica* on brinjal. *Nematologia Mediterranea* 15: 1, 159-162.
- NANDAL SN, BHATTI DS (1990) Efficacy, persistence and field application potential of some weeds/shrubs for controlling *Meloidogyne javanica* on brinjal. *Nematologia Mediterranea* 18: 2, 113-115.
- NEARY PE, MAJEK BA (1990) Common cocklebur (*Xanthium strumarium*) interference in snap beans (*Phaseolus vulgaris*). *Weed Technology* 4: 4, 743-748.
- PIGNATTI S (1982) *Flora d'Italia*. Edagricole 3: 61.
- SAAYMAN AEJ, VAN DE VENTER HA (1996) Influence of weed competition on the germination and seed vigor of the produced caryopses of *Zea mays*. *Proceedings of the second International Weed Control Congress*, Copenhagen, Denmark, 25-28 June 1996 1, 113-117.
- SHARMA BL, PANDE YD (1983) Host range of the cucurbit mite, *Tetranychus neocaledonicus* Andre. *Bulletin of Entomology* 24: 2, 141-144.
- VIGGIANI P, BALDONI U, PARADISI U, CATIZONE P (1996a) Influence of time of ripening on seed germination and plant emergence of weeds of late spread in Italy. *Proceedings of the second International Weed Control Congress*, Copenhagen, Denmark, 25-28 June 1996 1: 113-117.
- VIGGIANI P, BALDONI U, PARADISI U, CATIZONE P (1996b) Environmental factors on seed germination of some weeds of recent spread in Italy. *X Colloque International sur la Biologie des Mauvaises Herbes*. Dijon 431-434.

Indagine sulla flora infestante il pomodoro da industria in alcuni ambienti tipici italiani*

P. VIGGIANI¹, G. BALDONI¹ e P. MONTEMURRO²

¹Dipartimento di Agronomia, Università di Bologna

²Istituto di Agronomia Generale e Coltivazioni erbacee, Università di Bari

Riassunto

Nel maggio 1998 si è svolta un'indagine sulla flora infestante il pomodoro da industria in aree con diversa granulometria del terreno di 6 comprensori italiani (Pianura Padana centrale, Ferrarese, Marche litoranee, Foggiano, Brindisino e Tarantino) ove la coltura è diffusa. Le diverse popolazioni infestanti sono risultate costituite da un piccolo gruppo di specie comuni (*Solanum nigrum* L., *Amaranthus retroflexus* L., *Chenopodium album* L., *Polygonum aviculare* L., *Convolvulus arvensis* L., *Echinochloa crus galli* (L.) Beauv. e *Portulaca oleracea* L.), affiancate da piante caratteristiche dei diversi ambienti, che sono risultate dipendere più dalla posizione geografica che dal tipo di terreno. Negli ambienti di coltivazione più tradizionale sono state rilevate flore poco equilibrate, con un basso numero di specie e struttura di dominanza pronunciata.

Summary

Weed survey in processing tomato crops of typical Italian areas

In May 1998 a survey on processing tomato weed flora was conducted in different soil types of 6 Italian areas (Pianura Padana centrale, Ferrarese, Marche litoranee, Foggiano, Brindisino e Tarantino) where the crop is widely grown. Weed populations were made up by a small group of common species (*Solanum nigrum* L., *Amaranthus retroflexus* L., *Chenopodium album* L., *Polygonum aviculare* L., *Convolvulus arvensis* L., *Echinochloa crus galli* (L.) Beauv. e *Portulaca oleracea* L.) accompanied by characteristic weeds, which were more determined by geographical location than by soil type. In sites where tomato is traditionally grown less balanced floras were found, with a low number of species and a marked dominance structure.

* Ricerca svolta nell'ambito del Progetto MURST ex 60% "Gestione sostenibile di orticole da pieno campo", coord. Prof. G. Baldoni.

Introduzione

Il controllo delle malerbe nell'ambito della tanto auspicata "agricoltura sostenibile" richiede una buona conoscenza della flora infestante. La sua fisionomia è determinata da numerosi fattori, di ordine climatico e pedologico (Andersson e Milberg, 1998), ma anche, e spesso in maniera preponderante, di natura antropica, conseguenza dei disturbi arrecati all'ambiente con le diverse tecniche agronomiche (Speranza *et al.*, 1990).

Ogni coltura, anche in relazione al periodo in cui svolge il proprio ciclo, presenta dunque un gruppo di specie infestanti caratteristiche, che occorre conoscere soprattutto per una corretta scelta dei diserbanti.

In Italia, mentre per le colture più diffuse il profilo floristico delle infestazioni è stato oggetto di recenti indagini (Sgattoni *et al.*, 1984, 1985, Lorenzoni, 1984, Zanin *et al.*, 1988, Montemurro e Viggiani, 1998), il quadro delle malerbe presenti nelle orticole è tuttora poco noto, nonostante la notevole importanza economica di tali coltivazioni.

Con la presente indagine, eseguita su pomodoro da industria, si è voluto fornire un contributo alla conoscenza della flora infestante presente in aree italiane particolarmente vocate per tale coltura, nella quale la pratica di diserbo chimico è attualmente fattore indispensabile per ottenere una soddisfacente redditività (Clark *et al.*, 1998).

Materiali e metodi

In 6 comprensori italiani tipicamente interessati da estese coltivazioni irrigue di pomodoro da industria si sono individuate alcune aree contraddistinte da diversa pedologia e in ciascuno di questi ambienti omogenei, per un totale di 15 situazioni pedoclimatiche, si sono scelti uno o più appezzamenti di almeno mezzo ettaro di superficie, coltivati con la solanacea (Tab. 1). L'indagine si è svolta nel maggio 1998, una ventina di giorni circa dopo il trapianto. Ogni appezzamento è stato suddiviso in quattro parti uguali e si è annotata l'abbondanza delle singole infestanti presenti in esse, secondo il metodo fitosociologico di Braun Blanquet. Nel presente lavoro i valori di abbondanza non sono stati utilizzati; si è tenuto conto solo della presenza-assenza delle specie, caratteristica meno influenzata dal diserbo eseguito precedentemente ai rilievi. Il dato analizzato è stato la frequenza delle singole infestanti nelle 4 aree di campionamento, mediata ulteriormente tra i diversi appezzamenti nell'ambito di uno stesso ambiente omogeneo. Su queste basi sono stati raggruppate, mediante analisi agglomerativa (*Sum of Squares Analysis*, Orloci, 1967), sia le 15 situazioni ambientali sia le diverse specie infestanti. Per tali classificazioni si sono prese in considerazione solo le malerbe con frequenza media superiore al 5%. I gruppi di specie e di ambienti con elevata similitudine interna sono stati poi ordinati reciprocamente mediante un'analisi

canonica delle corrispondenze (Feoli, 1982). Per evidenziare la complessità delle diverse flore sono infine calcolati gli indici di Shannon (Ferrari *et al.*, 1987) e di Simpson (1949). La nomenclatura delle specie vegetali è in accordo con Pignatti (1980).

Tabella 1. Localizzazione degli appezzamenti interessati dall'indagine. Fra parentesi sono indicati i valori orientativi della superficie a pomodoro da industria coltivata nei diversi comprensori.

| Comprensorio | Terreni | N. ordine | Località | Prov. | Campi rilevati |
|--|---------------|-----------------------|-------------------------|-------|-------------------------|
| A) Pianura Padana centrale (circa 13.000 ha) | argillosi | (1) | San Giuliano Piacentino | PC | 1 |
| | | | Campegine | RE | 1 |
| | sabbiosi | (2) | San Giorgio Piacentino | PC | 1 |
| | | | Piacenza | PC | 1 |
| | con scheletro | (3) | Campegine | RE | 1 |
| B) Ferrarese (circa 2.000 ha) | argillosi | (4) | Codigoro | FE | 1 |
| | | | Iolanda di Savoia | FE | 1 |
| | organici | (5) | Comacchio | FE | 3 |
| | sabbiosi | (6) | Comacchio | FE | 1 |
| C) Marche litoranee (circa 2.000 ha) | argillosi | (7) | Ripe di Ostra | AN | 1 |
| | medio impasto | (8) | Corinaldo | AN | 4 |
| | | | Fano | PS | 1 |
| | | | Ostra | AN | 1 |
| Senigallia | | | AN | 1 | |
| D) Capitanata e valle dell'Ofanto (circa 25.000 ha) | limosi | (9) | Foggia | FG | 1 |
| | | | Lucera | FG | 1 |
| | | | Palazzo San Gervasio | PZ | 1 |
| | | | Rignano Garganico | FG | 1 |
| | medio impasto | (10) | Apricena | FG | 1 |
| | | | Foggia | FG | 2 |
| | | | Lavello | PZ | 1 |
| | | | Lesina | FG | 1 |
| | | | Manfredonia | FG | 1 |
| | | | Maschito | PZ | 1 |
| | | | Spinazzola | BA | 1 |
| | | | sabbiosi | (11) | Casalnuovo della Daunia |
| | Cerignola | FG | | | 1 |
| | Lesina | FG | | | 1 |
| con scheletro | (12) | Lavello | PZ | 1 | |
| | | Lucera | FG | 1 | |
| | | Melfi | PZ | 2 | |
| | | Ordona | FG | 1 | |
| | | Sannicandro Garganico | FG | 1 | |
| | Torremaggiore | FG | 1 | | |
| E) Tarantino (circa 1.500 ha) | terre rosse | (13) | Maruggio | TA | 1 |
| | | | Sava | TA | 1 |
| | | | Torricelli | TA | 2 |
| F) Brindisino (circa 1.500 ha) | medio impasto | (14) | Mesagne | BR | 1 |
| | sabbiosi | (15) | Brindisi | BR | 2 |

Risultati

I gruppi ambientali che si sono discriminati con la classificazione hanno ricalcato la dislocazione geografica dei comprensori (Fig. 1 e Tab. 2), quasi indipendentemente dalla granulometria del terreno: solo il gruppo 3 è risultato costituito da località distanti (Pianura padana centrale e Brindisino); entrambe caratterizzate da terreni sciolti. Ciò conferma come la posizione geografica sia un fattore più importante della pedologia nella determinazione della composizione della flora infestante a causa di diverse condizioni climatiche, ma probabilmente anche per differenze, seppur lievi, nella conduzione agronomica della coltura nelle diverse zone (Andreasen e Streibig, 1990, Andersson e Milberg, 1998).

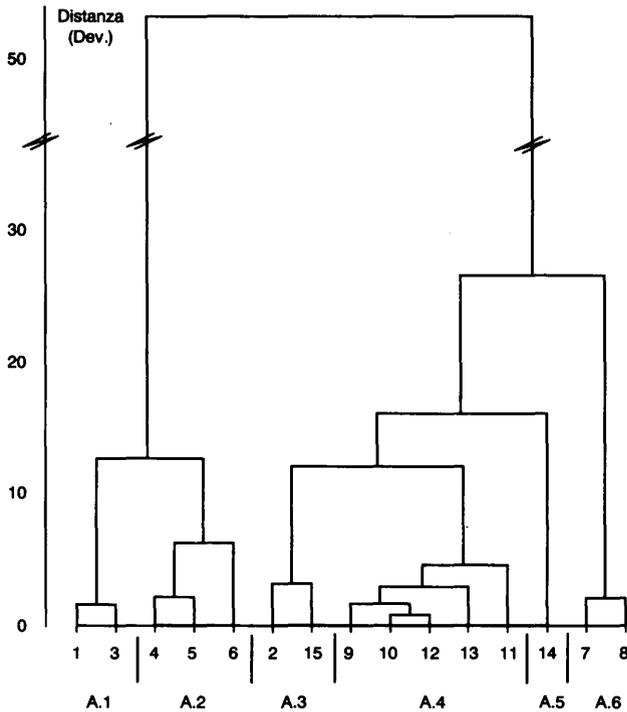


Figura 1. Classificazione dei 15 ambienti omogenei (comprensori x situazioni pedologiche, cfr. Tabella 1) mediante S.S.A. basata sulla frequenza delle singole specie infestanti.

Tabella 2. Raggruppamento degli ambienti eseguito in base ai risultati della S.S.A. sulla frequenza delle diverse specie infestanti.

| Gruppi di ambienti | Comprensorio | Terreno | N. ord. |
|--------------------|-----------------------|---------------|---------|
| Amb.1 | A) P. Padana centrale | argilloso | (1) |
| | A) P. Padana centrale | con scheletro | (3) |
| Amb.2 | B) Ferrarese | argilloso | (4) |
| | B) Ferrarese | organico | (5) |
| | B) Ferrarese | sabbioso | (6) |
| Amb.3 | A) P. Padana centrale | sabbioso | (2) |
| | F) Brindisino | sabbioso | (15) |
| Amb.4 | D) Capitanata | limoso | (9) |
| | D) Capitanata | medio impasto | (10) |
| | D) Capitanata | con scheletro | (12) |
| | E) Tarantino | con scheletro | (13) |
| | D) Capitanata | sabbioso | (11) |
| Amb.5 | F) Brindisino | medio impasto | (14) |
| Amb.6 | C) Marche litoranee | argilloso | (7) |
| | C) Marche litoranee | medio impasto | (8) |

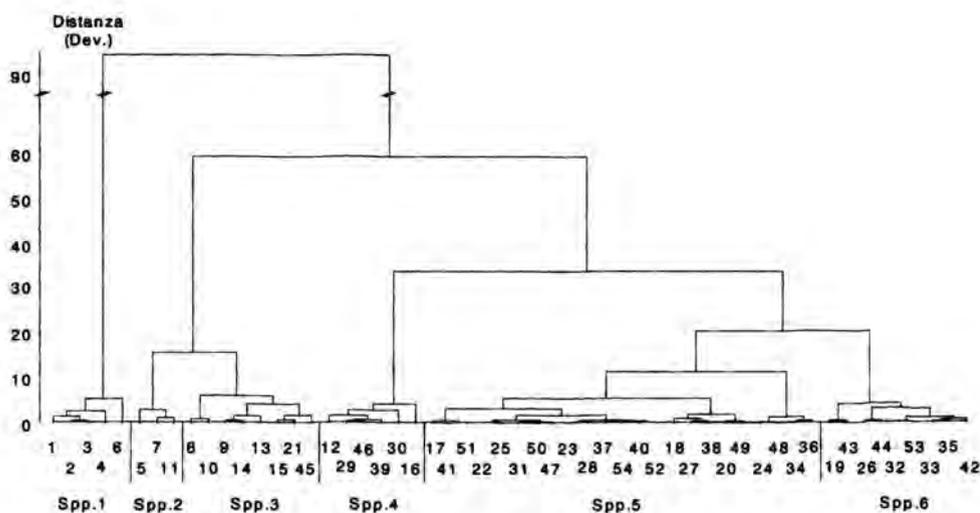


Figura 2. Classificazione, mediante *Sum of Squares Analysis*, delle specie infestanti con frequenza media complessiva superiore al 5%, basata sulla loro presenza nei 15 ambienti.

Tabella 3. Specie infestanti rilevate nell'intera indagine e loro frequenza media nell'indagine.

| Specie infestante | Famiglia | Freq. (%) | Specie infestante | Famiglia | Freq. (%) |
|---|------------------|-----------|--|------------------|-----------|
| <i>Solanum nigrum</i> L. | Solanaceae | 83,3 | <i>Lolium perenne</i> L. | Graminaceae | 4,7 |
| <i>Amaranthus retroflexus</i> L. | Amarantaceae | 81,8 | <i>Amaranthus</i> L. spp. | Amarantaceae | 4,2 |
| <i>Chenopodium album</i> L. | Chenopodiaceae | 80,2 | <i>Medicago sativa</i> L. | Leguminosae | 4,2 |
| <i>Polygonum aviculare</i> L. | Polygonaceae | 76,6 | <i>Chaenorrhinum minus</i> (L.) Lange | Scrophulariaceae | 4,2 |
| <i>Convolvulus arvensis</i> L. | Convolvulaceae | 62,0 | <i>Solanum tuberosum</i> L. | Solanaceae | 4,2 |
| <i>Echinochloa crus galli</i> (L.) Beauv. | Graminaceae | 53,1 | <i>Chenopodium ficifolium</i> Sm. | Chenopodiaceae | 3,6 |
| <i>Portulaca oleracea</i> L. | Portulacaceae | 51,6 | <i>Sonchus</i> L. spp. | Compositae | 3,6 |
| <i>Fallopia convolvulus</i> (L.) Holub | Polygonaceae | 46,9 | <i>Stellaria media</i> (L.) Vill. | Caryophyllaceae | 3,1 |
| <i>Sinapis arvensis</i> L. | Cruciferae | 41,7 | <i>Artemisia vulgaris</i> L. | Compositae | 3,1 |
| <i>Fumaria officinalis</i> L. | Papaveraceae | 39,6 | <i>Equisetum arvense</i> L. | Equisetaceae | 3,1 |
| <i>Setaria</i> Beauv. spp. | Graminaceae | 37,5 | <i>Phalaris brachystachys</i> Link | Graminaceae | 3,1 |
| <i>Amaranthus albus</i> L. | Amarantaceae | 35,9 | <i>Medicago</i> L. spp. | Leguminosae | 3,1 |
| <i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop. | Compositae | 34,9 | <i>Vicia sativa</i> L. | Leguminosae | 3,1 |
| <i>Chenopodium polyspermum</i> L. | Chenopodiaceae | 28,1 | <i>Fumaria capreolata</i> L. | Papaveraceae | 3,1 |
| <i>Papaver</i> L. spp. | Papaveraceae | 27,6 | <i>Daucus carota</i> L. | Umbelliferae | 3,1 |
| <i>Amaranthus graecizans</i> L. | Amarantaceae | 27,1 | <i>Matricaria chamomilla</i> L. | Compositae | 2,6 |
| <i>Mercurialis annua</i> L. | Euphorbiaceae | 26,6 | <i>Cardaria draba</i> (L.) Desv. | Cruciferae | 2,6 |
| <i>Chenopodium vulvaria</i> L. | Chenopodiaceae | 25,5 | <i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. | Graminaceae | 2,6 |
| <i>Phalaris</i> L. spp. | Graminaceae | 25,0 | <i>Rumex obtusifolius</i> L. | Polygonaceae | 2,6 |
| <i>Polygonum lapathifolium</i> L. | Polygonaceae | 24,5 | <i>Ammi majus</i> L. | Umbelliferae | 2,6 |
| <i>Sonchus asper</i> (L.) Hill | Compositae | 23,4 | <i>Bifora radians</i> Bieb. | Umbelliferae | 2,6 |
| <i>Heliotropium europaeum</i> L. | Boraginaceae | 22,4 | <i>Scandix pecten veneris</i> L. | Umbelliferae | 2,6 |
| <i>Anagallis arvensis</i> L. | Primulaceae | 21,9 | <i>Amaranthus deflexus</i> L. | Amarantaceae | 2,1 |
| <i>Veronica perfoliata</i> Poir. | Scrophulariaceae | 19,3 | <i>Chenopodium hybridum</i> L. | Chenopodiaceae | 2,1 |
| <i>Avena sterilis</i> L. | Graminaceae | 17,7 | <i>Calendula arvensis</i> L. | Compositae | 2,1 |
| <i>Stachys annua</i> (L.) L. | Labiatae | 16,1 | <i>Lactuca serriola</i> L. | Compositae | 2,1 |
| <i>Lolium multiflorum</i> Lam. | Graminaceae | 15,1 | <i>Sonchus oleraceus</i> L. | Compositae | 2,1 |
| <i>Tribulus terrestris</i> L. | Zygophyllaceae | 15,1 | <i>Taraxacum officinale</i> Weber | Compositae | 2,1 |
| <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers. | Graminaceae | 14,1 | <i>Rapistrum rugosum</i> (L.) All. | Cruciferae | 2,1 |
| <i>Anthemis</i> L. spp. | Compositae | 13,5 | <i>Setaria viridis</i> (L.) Beauv. | Graminaceae | 2,1 |
| <i>Polygonum persicaria</i> L. | Polygonaceae | 13,0 | <i>Lamium amplexicaule</i> L. | Labiatae | 2,1 |
| <i>Xanthium spinosum</i> L. | Compositae | 12,5 | <i>Hibiscus trionum</i> L. | Malvaceae | 2,1 |
| <i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers. | Graminaceae | 12,0 | <i>Ranunculus</i> L. spp. | Ranunculaceae | 2,1 |
| <i>Lamium</i> L. spp. | Labiatae | 12,0 | <i>Urtica</i> L. spp. | Urticaceae | 2,1 |
| <i>Capsella b.pastoris</i> (L.) Medicus | Cruciferae | 11,5 | <i>Verbena officinalis</i> L. | Verbenaceae | 2,1 |
| <i>Coronopus squamatus</i> (F.) Asch. | Cruciferae | 11,5 | <i>Atriplex</i> L. spp. | Chenopodiaceae | 1,6 |
| <i>Trifolium</i> L. spp. | Leguminosae | 11,5 | <i>Chenopodium opulifolium</i> Schr. | Chenopodiaceae | 1,6 |
| <i>Rumex crispus</i> L. | Polygonaceae | 11,5 | <i>Lactuca saligna</i> L. | Compositae | 1,6 |
| <i>Cyperus</i> L. spp. | Cyperaceae | 10,4 | <i>Bromus sterilis</i> L. | Graminaceae | 1,6 |
| <i>Beta vulgaris maritima</i> (L.) Arc. | Chenopodiaceae | 9,9 | <i>Plantago major</i> L. | Plantaginaceae | 1,6 |
| <i>Xanthium italicum</i> Moretti | Compositae | 9,4 | <i>Fagopyrum tataricum</i> (L.) Gaertn. | Polygonaceae | 1,6 |
| <i>Diploaxis erucoides</i> (L.) DC. | Cruciferae | 9,4 | <i>Polygonum amphibium</i> L. | Polygonaceae | 1,6 |
| <i>Galium aparine</i> L. | Rubiaceae | 9,4 | <i>Galium tricornerum</i> Dandy | Rubiaceae | 1,6 |
| <i>Senecio vulgaris</i> L. | Compositae | 8,9 | <i>Legousia spec. veneris</i> (L.) Chaix | Campanulaceae | 1,0 |
| <i>Ecbalium elaterium</i> (L.) Rich. | Cucurbitaceae | 8,9 | <i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronq. | Compositae | 1,0 |
| <i>Euphorbia</i> L. spp. | Euphorbiaceae | 8,9 | <i>Sylbium marianum</i> Adans | Compositae | 1,0 |
| <i>Abutilon theophrasti</i> Medicus | Malvaceae | 8,9 | <i>Equisetum palustre</i> L. | Equisetaceae | 1,0 |
| <i>Amaranthus lividus</i> L. | Amarantaceae | 8,3 | <i>Gladiolus italicus</i> Mill. | Iridaceae | 1,0 |
| <i>Picris echioides</i> L. | Compositae | 8,3 | <i>Lathyrus</i> L. spp. | Leguminosae | 1,0 |
| <i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop. | Graminaceae | 8,3 | <i>Phytolacca americana</i> L. | Phytolaccaceae | 1,0 |
| <i>Datura stramonium</i> L. | Solanaceae | 8,3 | <i>Plantago lanceolata</i> L. | Plantaginaceae | 1,0 |
| <i>Lithospermum arvense</i> L. | Boraginaceae | 7,8 | <i>Anagallis foemina</i> Miller | Primulaceae | 1,0 |
| <i>Calystegia sepium</i> (L.) R.Br. | Convolvulaceae | 7,8 | <i>Bifora testiculata</i> (L.) Roth. | Umbelliferae | 1,0 |
| <i>Raphanus raphanistrum</i> L. | Cruciferae | 7,3 | <i>Urtica urens</i> L. | Urticaceae | 1,0 |
| <i>Veronica hederifolia</i> L. | Scrophulariaceae | 7,3 | <i>Viola arvensis</i> Murray | Violaceae | 1,0 |
| <i>Kixxia elatine</i> (L.) Dumort. | Scrophulariaceae | 6,8 | <i>C. cardunculus scolymus</i> (L.) Ha. | Compositae | 0,5 |
| <i>Medicago lupulina</i> L. | Leguminosae | 5,7 | <i>Diploaxis tenuifolia</i> (L.) DC. | Cruciferae | 0,5 |
| <i>Malva</i> L. spp. | Malvaceae | 5,7 | <i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Hér. | Geraniaceae | 0,5 |
| <i>Chrysanthemum segetum</i> L. | Compositae | 4,7 | <i>Geranium</i> L. spp. | Geraniaceae | 0,5 |
| <i>Cuscuta</i> L. spp. | Convolvulaceae | 4,7 | <i>Poa trivialis</i> L. | Graminaceae | 0,5 |
| <i>Equisetum telmateja</i> Ehrh. | Equisetaceae | 4,7 | <i>Setaria glauca</i> (L.) Beauv. | Graminaceae | 0,5 |
| <i>Alopecurus myosuroides</i> Hudson | Graminaceae | 4,7 | <i>Leopoldia comosa</i> (L.) Parl. | Liliaceae | 0,5 |

Nel complesso dell'indagine si sono riscontrate 124 specie infestanti appartenenti a 34 famiglie botaniche diverse (Tab. 3). Le famiglie più rappresentate sono risultate le Composite (19 specie) e le Graminaceae (16 specie). Sette specie sono state rilevate in più della metà delle aree di saggio (*Solanum nigrum* L., *Amaranthus retroflexus* L., *Chenopodium album* L., *Polygonum aviculare* L., *Convolvulus arvensis* L., *Echinochloa crus galli* (L.) Beauv. e *Portulaca oleracea* L.), potendosi considerare infestanti ubiquitarie, caratteristiche di colture primaverili-estive. La classificazione delle malerbe (Fig. 2) ha evidenziato una netta distinzione fra il gruppo delle specie più frequenti (spp.1) ed un altro raggruppamento, più numeroso e meno diversificato al suo interno.

Tabella 4. Composizione dei gruppi di specie riconosciuti mediante Sum of Squares Analysis e loro frequenza relativa.

| Spp.1 | Freq. % | Spp.5 | Freq. % |
|---|---------|---|---------|
| 1 <i>Amaranthus</i> L. spp. | 90,6 | 18 <i>Heliotropium europaeum</i> L. | 22,4 |
| 2 <i>Chenopodium</i> L. spp. | 87,5 | 17 <i>Anagallis</i> L. spp. | 22,4 |
| 3 <i>Solanum nigrum</i> L. | 83,3 | 20 <i>Avena sterilis</i> L. | 17,7 |
| 4 <i>Polygonum aviculare</i> L. | 76,6 | 22 <i>Lolium multiflorum</i> Lam. | 15,1 |
| 6 <i>Echi. crus galli</i> (L.) Beauv. | 53,1 | 23 <i>Tribulus terrestris</i> L. | 15,1 |
| | | 24 <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers. | 14,1 |
| Spp.2 | Freq. % | 25 <i>Anthemis</i> L. spp. | 13,5 |
| 5 <i>Convolvulus arvensis</i> L. | 62,0 | 27 <i>Xanthium spinosum</i> L. | 12,5 |
| 7 <i>Portulaca oleracea</i> L. | 51,6 | 28 <i>Lamium</i> L. spp. | 12,0 |
| 11 <i>Setaria viridis</i> (L.) Beauv. | 41,7 | 31 <i>Coron. squamatus</i> (Forssk.) Asch. | 11,5 |
| | | 34 <i>Cyperus</i> L. spp. | 10,4 |
| Spp.3 | Freq. % | 36 <i>Diploaxis</i> DC. spp. | 9,4 |
| 8 <i>F. convolvulus</i> (L.) Holub. | 46,9 | 38 <i>Xanthium italicum</i> Moretti | 9,4 |
| 9 <i>Fumaria</i> L. spp. | 42,7 | 37 <i>Galium aparine</i> L. | 9,4 |
| 10 <i>Sinapis arvensis</i> L. | 41,7 | 40 <i>Ecbalium elaterium</i> (L.) Rich. | 8,9 |
| 13 <i>Phalaris brachystachys</i> Link | 28,1 | 41 <i>Euphorbia</i> L. spp. | 8,9 |
| 14 <i>Papaver</i> L. spp. | 27,6 | 51 <i>Kikxia elatine</i> (L.) Dum. | 6,8 |
| 15 <i>Mercurialis annua</i> L. | 26,6 | 49 <i>Raphanus raphanistrum</i> L. | 7,3 |
| 21 <i>Stachys annua</i> (L.) L. | 16,1 | 48 <i>Medicago sativa</i> L. | 7,3 |
| 45 <i>Picris echioides</i> L. | 8,3 | 50 <i>Veronica hederifolia</i> L. | 7,3 |
| | | 47 <i>Lithospermum arvense</i> L. | 7,8 |
| Spp.4 | Freq. % | 54 <i>Sonchus</i> L. spp. | 5,7 |
| 12 <i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop. | 34,9 | 52 <i>Malva</i> L. spp. | 5,7 |
| 16 <i>Polygonum lapathifolium</i> L. | 24,5 | | |
| 29 <i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers. | 12,0 | Spp.6 | Freq. % |
| 30 <i>C.b. pastoris</i> (L.) Medicus | 11,5 | 19 <i>Veronica persica</i> Poirlet | 19,3 |
| 39 <i>Abutilon theophrasti</i> Medicus | 8,9 | 26 <i>Polygonum persicaria</i> L. | 13,0 |
| 46 <i>Calystegia sepium</i> (L.) R. Br. | 7,8 | 32 <i>Rumex crispus</i> L. | 11,5 |
| | | 33 <i>Trifolium</i> L. spp. | 11,5 |
| | | 35 <i>B.vulgaris</i> var. <i>maritima</i> (L.) Arc. | 9,9 |
| Specie non analizzate | Freq. % | 42 <i>Senecio vulgaris</i> L. | 8,9 |
| 50 specie rare (freq.<5%) | 2,2 | 43 <i>Datura stramonium</i> L. | 8,3 |
| | | 44 <i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop. | 8,3 |
| | | 53 <i>Medicago lupulina</i> L. | 5,7 |

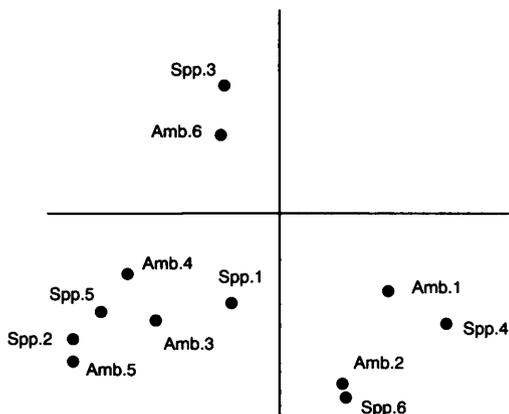


Figura 3. Ordinamento reciproco mediante analisi canonica delle corrispondenze tra gruppi di ambienti (Amb) e gruppi di specie infestanti (Spp). Il chi quadrato dell'analisi è risultato pari a 5,42 con 5 g.l. (Sign. a $P < 0,01$). La prima variabile canonica (asse x) spiega il 56,4% di variazione, la seconda (asse y) il 26,1%.

Distinguendo i 6 gruppi di specie riportati nella Tabella 4 ed ordinandoli con i diversi ambienti (Fig. 3) si sono notate le seguenti associazioni: il primo gruppo si è situato in posizione centrale nel grafico, a testimonianza della sua ubiquitarietà, che ne riduce il potere discriminante delle varie situazioni pedoclimatiche. Gli ambienti 1 e 2, costituenti gran parte della Pianura Padana, hanno mostrato flore relativamente simili, caratterizzate dalle specie comprese nei gruppi 6 (zona del Ferrarese) e 4 (Reggio Emilia e Piacenza). Il gruppo 4 comprende molte perenni, quali *Cirsium arvense* (L.) Scop., *Sorghum halepense* (L.) Pers. e *Calystegia sepium* (L.) R. Br., e vi è la temibile *Abutilon theophrasti* Medicus, di probabile ulteriore espansione. Il gruppo 6 è costituito da specie un po' meno comuni, alcune prative (*Medicago lupulina* L., *Trifolium* L. spp.) e la barbabietola spontanea. Ben distinta dalle altre è risultata la composizione della flora associata alle coltivazioni marchigiane (amb.6). Si tratta di specie prevalentemente autunno vernine (*Stachys annua* (L.) L., *Sinapis arvensis* L., *Fumaria* L. spp., *Papaver* L. spp., *Picris echioides* L.), probabilmente favorite dall'esecuzione del trapianto in periodo ancora fresco. La presenza di *Phalaris brachystachys* Link nel gruppo 3 conferma l'importanza nell'Italia centrale di tale graminacea quale infestante anche di colture orticole a ciclo primaverile-estivo. All'ambiente della Capitanata e del Tarantino (amb.4) è risultata associata una flora ricca di specie caratteristiche, molte delle quali ad emergenza autunno

invernale, alcune ben adatte a condizioni caldo-aride (es. *Tribulus terrestris* L., *Xanthium spinosum* L. ed *Ecballium elaterium* (L.) Rich.), mentre la flora rilevata in provincia di Brindisi (amb.5) è apparsa caratterizzata da specie ad emergenza più tardiva (*Convolvulus arvensis* L. e *Setaria viridis* (L.) Beauv.). In posizione intermedia si sono situate le infestazioni dei terreni più sciolti della Pianura Padana e del Sud (amb.3).

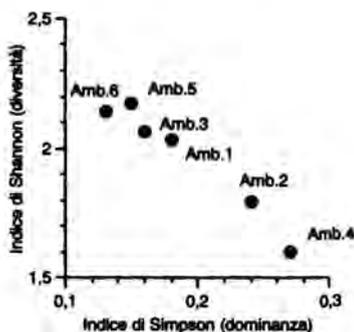


Figura 4. Ricchezza specifica della flora presente nei diversi gruppi di ambienti, valutata dalla combinazione fra gli indici di Simpson (della dominanza) e di Shannon (della diversità).

L'analisi della struttura delle diverse flore ha evidenziato situazioni diversificate (Fig. 4). I valori di H' di Shannon (diversità) sono risultati inferiori a 2 per gli ambienti 2 e 4 (Ferrarese e Foggiano), che hanno fatto rilevare indici di dominanza superiori a 0,2. Per gli altri ambienti, soprattutto per le colture marchigiane e del Brindisino di medio impasto, gli indici ottenuti denotano una flora ben differenziata. Infestazioni poco equilibrate, con indici di Shannon inferiori a 2,2 e di Simpson superiori a 0,3, presentano svantaggi sia economici (maggiori costi per il controllo di specie difficili), sia ecologici (diserbo chimico più intenso e selettivo) (Zanin e Berti, 1989). La diffusione delle principali specie di *Amaranthus* e *Chenopodium*, risultati i generi più frequenti nelle colture di pomodoro in tutte le regioni esaminate, è riportata in Tabella 5. Le specie più frequenti del primo tipo sono state *A. retroflexus* L. e *A. graecizans* L., pressoché ubiquitarie, *A. albus* L., presente nel Meridione, *A. lividus* L. e *A. deflexus* L., a distribuzione più settentrionale. Di *Chenopodium* L. ne sono state trovate 6 specie, con *Ch. album* L. e *Ch. polyspermum* L. più diffuse; *Ch. hybridum* L. presente solo a Foggia. Per questi due generi la zona di maggiore diversificazione è risultata il Foggiano, seguita dal Ferrarese per quanto riguarda *Amaranthus* e dalle Marche litoranee per *Chenopodium*.

Tabella 5. Frequenze medie (%) delle diverse specie dei generi *Amaranthus* e *Chenopodium* nelle province italiane in cui si è svolta l'indagine.

| | PC | RE | FE | AN | BR | FG | PZ | TA | Media |
|--------------------------------|-------|-------|------|------|-------|------|------|------|-------|
| <i>A. retroflexus</i> L. | 100,0 | 100,0 | 70,8 | 71,9 | 100,0 | 85,0 | 96,4 | 93,8 | 86,0 |
| <i>A. graecizans</i> L. | 33,3 | 37,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 43,3 | 25,0 | 75,0 | 27,0 |
| <i>A. albus</i> L. | 0,0 | 0,0 | 33,3 | 0,0 | 0,0 | 21,7 | 17,9 | 62,5 | 19,0 |
| <i>A. lividus</i> L. | 33,3 | 0,0 | 12,5 | 0,0 | 0,0 | 15,0 | 0,0 | 0,0 | 8,0 |
| <i>A. deflexus</i> L. | 0,0 | 0,0 | 16,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 2,0 |
| <i>Ch. Album</i> L. | 66,7 | 100,0 | 83,3 | 84,4 | 66,7 | 80,0 | 82,1 | 75,0 | 80,0 |
| <i>Ch. Polispermum</i> L. | 33,3 | 0,0 | 4,2 | 15,6 | 0,0 | 68,3 | 10,7 | 0,0 | 28,0 |
| <i>Ch. Vulvaria</i> L. | 0,0 | 0,0 | 8,3 | 31,3 | 0,0 | 50,0 | 28,6 | 0,0 | 26,0 |
| <i>Ch. Ficifolium</i> Sm. | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 6,3 | 0,0 | 8,3 | 0,0 | 0,0 | 4,0 |
| <i>Ch. Hybridum</i> L. | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 6,7 | 0,0 | 0,0 | 2,0 |
| <i>Ch. Opulifolium</i> Schred. | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,1 | 0,0 | 3,3 | 0,0 | 0,0 | 2,0 |

Conclusioni

La ricerca ha dimostrato l'esistenza, nelle coltivazioni di pomodoro indagate, di comunità di malerbe costituite da un piccolo gruppo di specie comuni, tipiche della maggior parte delle colture primaverili-estive, affiancate da specie caratteristiche, diversificate soprattutto in funzione della posizione geografica, più che dalla natura del terreno. La ricchezza della flora è risultata alquanto variabile negli ambienti, probabilmente in funzione della diversa pressione selettiva della lotta chimica svolta in tali zone orticole.

Per quanto riguarda le specie comuni che sono state rilevate, rientrano tutte nel gruppo di quelle che Bianco *et al.* (1977) avevano riscontrato come più frequenti, esaminando i risultati di ben 48 prove di diserbo del pomodoro effettuate in Italia tra il 1964 ed il 1977, risultati che segnalavano, tra l'altro, l'esistenza di un numero complessivo di specie (oltre 120) praticamente identico a quello riscontrato nella presente indagine. Nell'ambito di quest'ultima e rispetto a quanto riportato da Bianco *et al.* (1.c.), inoltre, non è risultata tra le più frequenti *C. arvense*, probabilmente per il fatto che dalla fine degli anni '70 è diventato disponibile il clopyralid, ben noto principio attivo specifico per le composite.

Ringraziamenti

Gli autori ringraziano per la preziosa collaborazione durante i rilievi le cooperative SCAC di Senigallia (AN) e PROGEO di Masone (RE) e le Società Bayer e Cyanamid.

Bibliografia

- ANDERSSON TN, MILBERG P (1998) Weed flora and the relative importance of site, crop, crop rotation, and nitrogen. *Weed Sci.* **46**, 30-38.
- ANDREASEN CHR, STREIBIG JC (1990) Impact of soil factors on weeds in Danish cereal crops. *Proc. EWRS Symp. "Integrated weed management in cereals"*. Helsinki, 53-59.
- BIANCO VV, PIMPINI F, ACCATI E (1977) Stato attuale della lotta alle malerbe nelle colture ortofloricole. Incontro sullo "Stato attuale della lotta alla malerbe nelle colture arboree, ortofloricole e cerealicole". Atti Conv. SILM. Bologna.
- CLARK MS, FERRIS H, KLONSKY K, LANINI WT, VAN BRUGGEN AHC, ZALON FG (1998) Agronomic, economic, and environmental comparison of pest management in conventional and alternative tomato and corn systems in northern California. *Agric., Ecosyst. & Environm.* **68**, 51-71.
- FEOLI E (1982) Predictive use of classification and ordination methods in plant community ecology. A summary with examples. *Atti Coll. "Le comunità vegetali come indicatori ambientali"*. Bologna, 83-108.
- FERRARI C, BALDONI G, TEI F (1987) Lo studio della vegetazione infestante le colture agrarie. *Atti Conv. SILM Milano*.
- LORENZONI GG (1984) Current knowledge on weed communities in the mediterranean basin. *Proc. EWRS Symp. "Weed problems in the Mediterranean area"*. Oeiras (Portugal), 25-32.
- MONTEMURRO P, VIGGIANI P (1988) Tutte le malerbe del frumento al Sud. *Terra e Vita* **4**, 55-60.
- ORLOCI L (1967) An agglomerative method for classification of plant communities. *J. Ecol.* **55**, 193-206.
- PIGNATTI S (1980) Flora d'Italia. *Edagricole. Bologna*.
- SGATTONI P, MALLEGNI C, ORSI E, STRACCIARI R (1985) Importanza relativa delle graminacee nell'ambito della popolazione infestante la barbabietola da zucchero: Risultati di un'indagine condotta nel 1984. *Atti Conv. SILM. Verona*, 373-396.
- SGATTONI P, MALLEGNI E, ORSI E, KOVACS A (1984) Weeds and herbicides in wheat in Italy. *Proc. EWRS Symp. "Weed problems in the Mediterranean area"*. Oeiras (Portugal), 419-426.
- SIMPSON EH (1949) Measurement of diversity. *Nature, London*, 163-188.
- SPERANZA M, GOVI G, CATIZONE P (1990) Crop management and weed flora of cereals in Italy. *Proc. EWRS Symp. "Integrated weed management in cereals"*. Helsinki, 163-171.
- ZANIN G, BERTI A (1989) Per una sempre migliore razionalizzazione degli interventi chimici. *Atti Conv. SILM "Il diserbo delle colture agrarie: attualità e prospettive"*. Torino, 119-148.
- ZANIN G, MOSCA G, CATIZONE P (1988) La vegetazione infestante del mais nella pianura padano-veneta. Risultati di un'indagine. Nota I: aspetti qualitativi. *L'Inf. Agr.* **9**, 195-205.

**Finito di stampare
nel mese di novembre 1998
da Guerra guru s.r.l. - Perugia**