SOCIETA' ITALIANA PER LO STUDIO DELLA LOTTA ALLE MALERBE
S. I. L. M.

atti

il diserbo delle colture agrarie: attualitá e prospettive

« Con il contributo della Regione Piemonte »

TORINO, 9-10 NOVEMBRE 1989

SOCIETA' ITALIANA PER LO STUDIO DELLA LOTTA ALLE MALERBE
S.I.L.M.

VII Convegno biennale

atti

IL DISERBO DELLE COLTURE AGRARIE: ATTUALITA' E PROSPETTIVE

«Con il contributo della Regione Piemonte»

TORINO, 9-10 NOVEMBRE 1989

INDICE

pag.

RELAZIONI

Necessità del controllo delle erbe infestanti

di *Aldo Ferrero*

Introduzione 9
Le erbe infestanti 15
Effetti delle malerbe sulle colture 19
- Competizione 19
- Allelopatia 21
- Infestanti ospiti di insetti e di organismi patogeni delle colture 27
  - Infestanti e insetti 27
  - Infestanti e patogeni 31
- Parassitismo 37
- Effetti delle infestanti alla raccolta 40

Caso particolare: le infestanti nelle colture foraggere 44
Valutazione economica dell'influenza delle malerbe sulle colture 52
- Valutazione della qualità dei prodotti 60

Valutazione degli effetti sociali delle malerbe 62
Conclusioni 69
Bibliografia 71

Possibilità e limiti del controllo agronomico delle erbe infestanti

di *Gino Covarelli*

Introduzione 85
Avvicendamento delle colture 85
Lavorazioni 90
- Lavori preparatori 90
  - Aratura 90
  - Minimum tillage e aratura: azioni differenziali sulla flora infestante 92
  - Non lavorazione 97
- Lavorazioni complementari 97
- Lavorazioni consecutive 98
  - Sarchiatura 98
  - Erpicatura e rullatura 100

Aree incolte 102
Sistemazioni idraulico-agrarie 103
Scelta delle varietà da coltivare 104
Concimazione 105

- Dose 105
- Epoca 107
- Forma chimica 107
- Modalità di distribuzione 108
Abbinamento della concimazione fluida al diserbo chimico 108
Impianto della coltura 109
Pacciamatura 111
Pirodiserbo 112
Considerazioni conclusive 114
Bibliografia 115

Per una sempre migliore razionalizzazione degli interventi chimici
di *Giuseppe Zanin* e *Antonio Berti*
Introduzione 119
Ridurre le quantità impiegate 119
- Livello floristico 119
  - Definizione di Flora Equilibrata (F.E.) 121
  - Vantaggi di una F.E. 124
  - Interventi per ottenere una F.E. 125
- Livello gestionale 127
  - Soglia di infestazione 127
  - Periodo critico 131
- Livello tecnologico 134
  - Aumentare l'affidabilità 134
  - Ridurre le dosi 135
  - Integrare le diverse possibilità 137
  - Evitare gli sprechi 137
Scegliere le molecole adeguatamente 138
- Caratteristiche chimico-fisiche delle molecole 139
- Caratteristiche idropedologiche dell'ambiente 141
Conclusioni 142
Bibliografia 143

LAVORI SPERIMENTALI

Francesco Danuso e *Giuseppe Zanin:*
Razionalizzazione degli interventi di controllo delle malerbe: applicazione di WEPOM allo studio della dinamica di infestazione di Abutilon theophrasti Medicus. 149

RELAZIONI

NECESSITA' DEL CONTROLLO DELLE ERBE INFESTANTI

A. Ferrero*

INTRODUZIONE

Circa due miliardi di persone nel mondo soffrono la fame, avendo a disposizione un quantitativo di cibo inferiore a quello considerato minimo per sopravvivere.

Questo dato può far comprendere l'attualità del problema della alimentazione con le sue implicazioni sociali, economiche e politiche ed in particolare l'importanza del rapporto tra alimentazione ed agricoltura dal momento che solo con un adeguato ed equilibrato sviluppo agricolo sarà possibile garantire, ad una popolazione mondiale in continua crescita, il necessario fabbisogno alimentare. Si stima che il tasso di incremento della popolazione sarà decisamente superiore a quello delle terre arabili. Le richieste di energia alimentare aumenteranno, così come cresceranno, ancora, il fabbisogno di proteine ed il consumo di cereali, anche se a livelli inferiori rispetto al passato (Predicasts, 1985).

Con riferimento all'evoluzione della popolazione mondiale ed a quello delle terre arabili, tra il 1970 ed il 1981 si è registrato un calo del rapporto superficie agricola/persona da 3.600 a 3.000 m² e per il 2000 è attesa una ulteriore riduzione a 2.200 m² (Kraus, 1988) (Tabella 1). Per garantire alla popolazione mondiale prevista per il 2000 la stessa disponibilità alimentare del 1981 sarà necessario realizzare ovunque le produzioni unitarie ottenute oggi nei Paesi più sviluppati (Eue, 1985). Il gigantesco impegno necessario per realizzare questo

* Professore associato di Foraggicoltura presso l'Istituto di Alimentazione Animale, Università degli Studi di Milano.

obiettivo potrà essere sostenuto solo con la totale

Tabella 1 - Evoluzione della superficie arabile e popolazione (da Kremer, 1983)

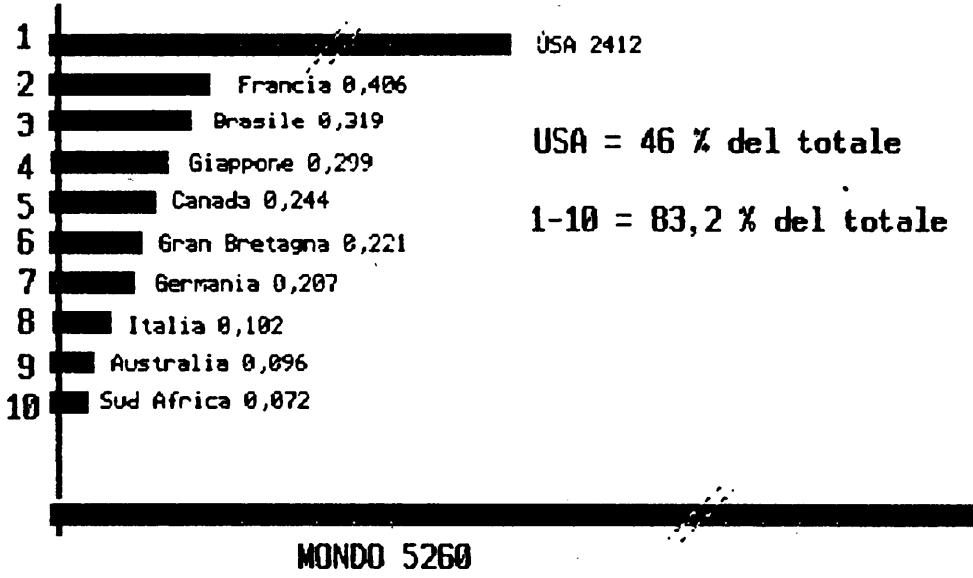
ANNO	Superficie coltivata ($km^2 \times 10^6$)		Popolazione (persone $\times 10^6$)		Superficie coltivata/persona (m^2)	
	MONDO	EUROPA OCCIDENTALE	MONDO	EUROPA OCCIDENTALE	MONDO	EUROPA OCCIDENTALE
1970	13,3	-	3700	-	~ 3600	-
1981	14,3	0,83	4500	0,372	~ 3000	~ 2200
2000	14,9	-	6600	-	~ 2200	-

collaborazione internazionale nell'adozione di tutti i mezzi che consentono di migliorare quantitativamente e qualitativamente le produzioni agricole, quali:

- miglioramento genetico: varietà adatte agli specifici ambienti;
- fertilizzanti minerali: impiego di elementi fertilizzanti a dosi adeguate alle condizioni del suolo e alle necessità delle piante;
- difesa delle colture: dalle malerbe, insetti, malattie.

E' riconosciuto che il controllo delle malerbe gioca un ruolo chiave nella produzione delle colture. Se si prende in considerazione il mercato mondiale dei fitofarmaci si osserva, infatti, che circa il 40 % di essi è rappresentato dagli erbicidi (Büchel, 1983). Analizzando più a fondo questo specifico settore si può rilevare, inoltre, che 10 Paesi, da soli, totalizzano l'83 % dei consumi mondiali con in testa gli U.S.A. il cui mercato è pari al 46 % del totale (Figura 1). Questi dati indicano, ancora, che gran parte del consumo di diserbanti nel mondo è realizzato nei Paesi ad economia agricola più avanzata, nei quali si ottengono produzioni mediamente da 2 a 4 volte superiori a quelle

Figura 1 - Mercato degli erbicidi nei 10 Paesi piu' importanti (valore in miliardi di dollari). Il totale mondo non include URSS e Cina. (Da Eve, 1985, dati riferiti al 1982)



registrate nelle aree meno sviluppate (Tabella 2).

L'impiego di mezzi più efficienti nella lotta alle malerbe nelle regioni in via di sviluppo consentirebbe di ridurre

Tabella 2 - Superfici e produzioni unitarie delle colture cerealicole nel mondo (FAO, 1985 dati riferiti al 1982)

REGIONE	Cereali nel complesso			RISO		MAIS	
	Superficie (10^6)	Produzione kg/ha	Perdita % (*)	Superficie (10^6)	Produzione kg/ha	Superficie (10^6)	Produzione kg/ha
Mondo	735	2310	15	143	2870	131	3470
Paesi sviluppati	172	3570	5	4	5580	43	6120
Paesi in via di sviluppo	317	1550	25	97	2180	45	1530
Paesi socialisti	246	2400	10	42	4190	30	3400
Nord America	99	4000	-	1,5	5310	31	7150
Europa occidentale	42	3950	-	0,3	5280	6	5590

(*) elaborazione da dati di Parker et al. (1975)

notevolmente la situazione di sottoalimentazione in cui versa gran parte della popolazione di questi Paesi.

Qualora fosse possibile, ad esempio, eliminare totalmente, il danno causato dalle malerbe sulle colture cerealicole (stimabile intorno al 15 %, nonostante gli interventi di lotta già adottati), si renderebbero disponibili alla popolazione sottoalimentata 345 g di cereali in più al giorno per persona (Tabella 3).

Nei Paesi ad agricoltura sviluppata la lotta alle infestanti, con interventi chimici e/o meccanici è considerata una pratica essenziale, realizzata in modo sistematico, tanto da interessare su colture quali mais, barbabietola da zucchero, riso e soia

Tabella 3 - Popolazione mondiale nel 1988 e perdite di cereali dovute alle erbe infestanti (rielaborato da Bartels et al., 1972)

POPOLAZIONE MONDIALE	5100 milioni
POPOLAZIONE SOTTOALIMENTATA	2200 milioni
PERDITE DI CEREALI DOVUTE ALLE ERBE INFESTANTI	15 %
(su una produzione di 1850 t x 10^6)	277 milioni di t
PERDITE DI CEREALI/POPOLAZIONE SOTTOALIMENTATA/365 dd	345 g/persona/d

pressoché la totalità della superficie coltivata. In tale situazione agli operatori agricoli viene, talvolta, a mancare la consapevolezza dell'entità del vantaggio derivante dal diserbo, avendo scarse opportunità di effettuare confronti con campi totalmente infestati. E' possibile, almeno in via teorica, definire l'importanza in termini socio-economici di questa pratica agricola, prendendo in considerazione i valori delle perdite di produzione provocate dalle malerbe, registrati nel nostro Paese in numerose prove sperimentali. Come si può osservare dalla Tabella 4 l'assenza di interventi nei confronti delle infestanti del frumento, mais, riso, soia e barbabietola da zucchero comporterebbe un calo produttivo globale di quasi 15 milioni di tonnellate, corrispondenti ad un valore commerciale di oltre 2.800 miliardi di lire. Nell'ipotesi di voler produrre i quantitativi così perduti, si dovrebbe disporre di una superficie supplementare di oltre 1,5 milioni di ha. Qualora, invece, si dovesse immaginare di voler realizzare il controllo delle malerbe ricorrendo esclusivamente al lavoro manuale si dovrebbero sopportare costi pari a circa il 30-35 % del ricavo lordo unitario su barbabietola, soia e mais, ed uguali o superiori al ricavo su frumento e riso (Tabella 5). A tal riguardo, va inoltre

Tabella 4 - Incidenza delle perdite di produzione per alcune colture, in termini di quantità, di corrispondente superficie e di valore, nel caso non venga attuato alcun intervento di diserbo (dati 1988) (Italia)

Coltura	Superficie (ha)	Produzione (t)	Calo di produzione per malerbe (%)	Perdita di produzione in quantità (t)	Perdita di produzione in valore * (mn)	Superficie corrisp. a perdita di prod. (ha)
Frumento	2.900.000	8.150.000	30	2.445.000	855,75	870.000
Mais	820.000	5.986.000	30	1.796.000	538,80	246.000
Riso	198.000	1.109.000	50	554.000	343,48	99.000
Soia	450.000	1.575.000	30	472.000	354,00	135.000
Barbabietola	275.000	13.390.000	70	9.373.000	768,59	192.000
TOTALE	4.643.000	30.210.000		14.640.000	2.860,02	1.542.000

* Prezzi/t in lire. Frumento: 350.000; mais: 300.000; riso: 620.000; soia 750.00; barbabietola: 82.000

Tabella 5 - Confronto, per alcune colture, tra costi di eliminazione manuale delle malerbe e costi del diserbo chimico (Italia)

Coltura	n° ore di lavoro manuale per eliminare le malerbe/ha *	Costo per lavoro manuale ** (lire/ha)	Costo diserbo chimico (lire/ha)	Differenza tra costi intervento manuale e diserbo chimico (lire/ha)	Incidenza costo lavoro manuale su ricavo lordo/ha (%)
Frumento	80	960.000	105.000	855.000	100
Mais	60	720.000	130.000	590.000	30
Riso	350	4.200.000	320.000	3.880.000	120
Soia	60	720.000	140.000	580.000	33
Barbabietola	90	1.080.000	350.000	730.000	37

* da Catizone, 1988
** Costo orario del lavoro manuale: 12.000 lire

considerato che si renderebbe necessaria la disponibilità di oltre 200.000 unità-uomo impegnate esclusivamente in questo compito (Tabella 6).

Le osservazioni sopra riportate sono ovviamente di carattere

speculativo, pur tuttavia permettono di delineare lo scenario generale delle problematiche connesse con la presenza delle malerbe nonché di concretizzare, nel complesso, i benefici derivanti dalla loro eliminazione, in particolare con il mezzo chimico.

Nei paragrafi successivi si cercherà di esaminare un pò nel dettaglio i principali aspetti degli effetti negativi direttamente o indirettamente esercitati dalle infestanti sulle colture agrarie. Saranno, infine, fornite indicazioni su alcuni criteri economici utilizzabili per la determinazione dei vantaggi quanti-qualitativi sulle produzioni agricole e delle positive conseguenze sociali ad essi correlati.

Tabella 6 - Numero unità-uomo/anno necessarie per il controllo manuale delle malerbe

Coltura	Superficie (ha)	Lavoro manuale per eliminare le malerbe (ore/ha)	Unità-uomo * (n°/anno)
Frumento	2.900.000	80	128.800
Mais	820.000	60	27.300
Riso	198.000	350	38.500
Soia	450.000	60	15.000
Barbabietola	275.000	90	13.700
TOTALE	4.643.000		223.000

* 1 unità-uomo/anno ogni 1.800 ore

LE ERBE INFESTANTI

Le diverse definizioni finora fornite da numerosi Autori per le piante infestanti, mettono in evidenza quanto sia difficile caratterizzare con esattezza una pianta con esclusivi caratteri

negativi (King, 1966; Radosevich et al., 1984; Ferrari et al., 1987).

Normalmente, secondo una visione antropocentrica ed economica, si definisce malerba una pianta che cresce dove non è desiderata (Weed Science Society of America, 1956) o che interferisce con gli obbiettivi e le esigenze degli uomini (European Weed Research Society, 1975). Tali considerazioni, tuttavia, rivestono un valore chiaramente relativo, dipendendo strettamente dal rapporto che tale pianta assume nei confronti di chi la giudica: un'erba che cresca in un campo di grano è sicuramente una pianta indesiderata per l'agricoltore mentre può essere di notevole interesse per un amante degli effetti estetici e paesaggistici o per un naturalista tutore di sorgenti di flora selvatica (Radosevich et al., 1984). Una pianta è tanto più indesiderata quanto più possiede caratteristiche di aggressività, pericolosità, inutilità, e mancanza di contenuti estetici. In questo senso essa può essere paragonata ad un soggetto criminale nella società umana; quando non impegnati nella loro attività dannosa un ladro e una pianta spontanea presentano delle qualità pregevoli: il primo può comportarsi da buon padre o da marito affettuoso tra le mura domestiche, la seconda considerata pericolosa in un ambiente, può risultare un delizioso fiore selvatico in un altro (Salisbury, 1961).

Delle circa 200.000 specie di piante diffuse nel mondo solo 250 sono considerate responsabili di qualche effetto negativo (Holm, 1978). Di queste, circa il 70 % appartiene a 12 famiglie e poco meno del 40 % a due sole di esse: graminacee e composite

(Tabella 7). Si può osservare, altresì, che 12 specie di 5 famiglie sono in grado, da sole, di coprire circa il 75 % del fabbisogno alimentare mondiale (Tabella 8).

Tabella 7 - Famiglie tra cui sono comprese le infestanti più pericolose (Holm, 1978)

Famiglia	Numero di specie			
Gramineae	44	37 %	43 %	68 %
Compositae	32			
Cyperaceae	12			
Polygonaceae	8			
Amaranthaceae	7			
Cruciferae	7			
Leguminosae	6			
Convolvulaceae	5			
Euphorbiaceae	5			
Chenopodiaceae	4			
Malvaceae	4			
Solanaceae	4			

Tabella 8 - Famiglie tra cui sono comprese le più importanti colture (Holm, 1978)

Famiglia	Specie
Gramineae	Orzo, Mais, Miglio, Avena, Riso, Canna da zucchero, Sorgo, Frumento
Solanaceae	Patata
Convolvulaceae	Patata dolce
Euphorbiaceae	Cassava
Leguminosae	Soia

Questa situazione farebbe pensare ad una stretta correlazione tra infestanti e colture legate ad affini caratteristiche tassonomiche ed in taluni casi ad una comune origine evolutiva (Radosevich et al., 1984).

Le caratteristiche che permettono alle piante infestanti di esercitare la loro attività con successo, adattandosi alle diverse e variabili situazioni ambientali, sono principalmente

correlate ad aspetti riguardanti la fisiologia e la biologia riproduttiva.

Secondo Duke (1985), tale capacità di adattamento può specificamente esprimersi:

- in relazione alla fisiologia, allo sviluppo ed alla capacità competitiva, mediante:
  - ° elevata rapidità di sviluppo nelle prime fasi vegetative;
  - ° elevata attività fotosintetica;
  - ° rapido sviluppo del sistema radicale;
  - ° rapida utilizzazione dei fotosintetati per la produzione di nuova area fogliare;
  - ° breve fase vegetativa e rapido passaggio alla fase riproduttiva;
  - ° scarsa suscettibilità a limitazioni ambientali;
  - ° elevata capacità di adattamento alle modificazioni ambientali;
- in relazione alle caratteristiche riproduttive, mediante:
  - ° sistemi di fecondazione che permettono l'ibridazione e l'autoimpollinazione;
  - ° abbondante produzione di semi;
- in relazione alle pratiche colturali, mediante:
  - ° somiglianza morfologica e fisiologica con le colture;
  - ° maturazione del seme in coincidenza della raccolta della coltura;
  - ° resistenza agli erbicidi chimici;
  - ° resistenza al controllo meccanico, con rigenerazione da rizomi o da altri organi di propagazione vegetativi;

- dormienza o longevità dei semi nel terreno;
- elevata scalarità di germinazione.

EFFETTI DELLE MALERBE SULLE COLTURE

Gli effetti delle infestanti sulle colture, rilevabili facilmente mediante cali di produzione o peggioramento delle caratteristiche qualitative sono principalmente da attribuire alla competizione nei confronti di risorse ambientali quali: luce, nutrienti, acqua, spazio, CO_2, ossigeno, presenti in quantità limitata.

Altri effetti sfavorevoli possono determinarsi in relazione alla capacità delle malerbe di emettere sostanze organiche dannose alle piante coltivate (allelopatia) o di favorire la diffusione di malattie e parassiti, di ridurre l'efficienza della raccolta e degli interventi irrigui o ancora di esercitare effetti tossici diretti all'uomo e agli animali allevati.

Competizione

I danni alle colture derivanti dall'attività competitiva esercitata dalle erbe infestanti nei riguardi dei diversi fattori ambientali sono stati ampiamente studiati, come dimostra l'abbondante bibliografia disponibile sull'argomento (Holm et al., 1977; Dosland et al., 1966; Mac Williams et al., 1968; Barralis, 1972; Pavlycenko et al., 1934; Stahler, 1948; Dekker et al., 1983; Black et al., 1969; Shetty et al., 1982; Haizel, 1972; Trenbath et al., 1973; Oliver et al., 1976; Murphy et al., 1981; Bonciarelli, 1982).

E' stato altresì ben definito il ruolo di alcuni di questi fattori nei meccanismi della competizione (Caussanel et al.,

1973; Glauninger et al., 1982).

Alcune malerbe come ad esempio l'avena selvatica presentano numerosi vantaggi competitivi nei confronti dei cereali coltivati (Chancellor et al, 1976; Thurston, 1982): il calo di resa subito dal cereale può essere direttamente correlato a caratteri biologici e fisiologici che assicurano la superiorità dell'avena selvatica nella competizione, sia per la luce (Wimschneider et al., 1979), sia per gli elementi nutritivi (Koch, 1967). Piante della stessa specie, ottenute dai semi più pesanti (Peters, 1985) o caratterizzate da maggior sviluppo dell'apparato radicale, (Ellern et al., 1970) sono allo stesso modo favorite nella competizione per lo spazio durante le prime fasi vegetative.

Nei riguardi della luce le malerbe presentano un comportamento differente rispetto a quello manifestato nei confronti di altre risorse ambientali per effetto della natura di questa fonte energetica e delle specifiche caratteristiche fisiologiche delle piante stesse.

A differenza dell'acqua e degli elementi nutritivi che possono essere accumulati più o meno abbondantemente nell'ambiente e quindi possono rendersi disponibili alla pianta gradualmente, l'energia luminosa che incide sulla vegetazione o è immediatamente utilizzata o è completamente perduta senza possibilità di essere recuperata.

Con riferimento all'aspetto fisiologico, nell'ambito delle specie vegetali è stata individuata una diversa capacità di fissare il carbonio (Hatch et al., 1966; Black, 1969): per alcune di esse tale processo si realizza secondo il meccanismo fotosintetico C_3 (ciclo di Calvin) e per molte altre secondo

quello C_4 (Hatch-Slack). Le piante C_4 possiedono la capacità di utilizzare in modo più efficiente delle C_3 la CO_2 presente nell'aria dimostrando una netta superiorità in condizioni di più accentuata fotorespirazione, cioè alle alte temperature e in presenza di luce. Per tali caratteristiche queste specie denominate, anche, ad efficiente attività fotosintetica dispongono, in generale, di una elevata capacità competitiva nell'utilizzazione della luce e della CO_2. Black (1969) basandosi su alcune proprietà che caratterizzano le piante di tipo C_4, quali il punto di compensazione della CO_2, l'intensità di fotorespirazione e correlazione tra fissazione di CO_2 ed assenza di O_2 ha suddiviso le erbe infestanti in due gruppi (tabella 9):

- ad efficiente attività fotosintetica (C_4);
- a bassa attività fotosintetica (C_3).

Nelle pratiche condizioni colturali è normalmente difficile separare l'azione competitiva nei riguardi dell'acqua, degli elementi nutritivi, della luce e della CO_2 sia perché essa può determinarsi in modo contemporaneo per i vari fattori ambientali sia perché può dar luogo ad una serie di conseguenze a catena di tipo causa-effetto-causa. Un incremento nel ritmo di assorbimento degli elementi nutritivi, ad esempio, comporta un elevato sviluppo delle piante con conseguente aumento delle esigenze idriche e superiore intercettazione dell'energia luminosa (Donald, 1963; Foti, 1975).

Allelopatia

Il termine allelopatia, coniato da Molish nel 1937, si

Tabella 9 - Suddivisione delle infestanti in relazione all'efficienza fotosintetica (rielaborata da Black)

NON EFFICIENTI (C_3)	EFFICIENTI (C_4)
Abutilon theophrasti	Amaranthus spp.
Ageratum spp.	Brachiaria spp.
Agropyron repens	Cenchrus spp.
Agrostis alba	Cynodon dactylon
Ambrosia spp.	Cyperus rotundus
Asclepias syriaca	Cyperus esculentus
Atriplex patula var. hastata	Digitaria spp.
Bidens pilosa	Echinochloa spp.
Brassica spp.	Eleusine indica
Cassia obtusifolia	Euphorbia hirta
Chenopodium album	Imperata cylindrica
Cirsium arvense	Kochia scoparia
Convolvulus arvensis	Leptochloa spp.
Datura stramonium	Panicum dichotomiflorum
Eichornia crassipes	Panicum maximum
Galium aparine	Panicum repens
Ipomoea spp.	Panicum texanum
Lantana camara	Paspalum dilatatum
Lolium temulentum	Pennisetum spp.
Mimosa spp.	Portulaca oleracea
Plantago spp.	Rottboellia exaltata
Poa pratensis	Salsola iberica
Polygonum spp.	Setaria spp.
Rumex spp.	Sorghum halepense
Sida spp.	Sporobulus spp.
Solanum spp.	Tribulus terrestris
Stellaria media	
Striga spp.	
Xantium spp.	

riferisce, nel senso corrente, a fenomeni di inibizione dello sviluppo manifestati da una specie (ricevente) per effetto dell'emissione o della liberazione di sostanze organiche tossiche da parte di organi viventi o morti (radici, foglie, semi, frutti) di una pianta (donatrice) situata nelle sue vicinanze o posta in precessione ad essa (Caussanel, 1989).

I fenomeni di allelopatia già in parte individuati da Democrito e da Teofrasto nel V e nel III sec. A.C.

rispettivamente e da De Candolle nel 1832 sono stati più recentemente descritti ed analizzati da ecologi ed agronomi in diverse formazioni (Rice, 1974; Mc Calla et al., 1964; Conrad, 1927).

In molti casi di interazioni allelopatiche non è facile stabilire se il danno alla coltura sia dovuto agli effetti diretti delle tossine emesse o se dipende piuttosto da un indebolimento delle resistenze ai diversi patogeni naturali, determinato da esse. I numerosi inibitori di origine biotica, indicati spesso in modo generico a causa della loro natura non specifica, sono stati da Duke (1985) raggruppati in 2 classi:

- fitoinibitine: comprendente composti rilasciati dalle piante ed attivi nei confronti di altre piante;
- saproinibitine: comprendente inibitori di origine microbica e tossici anche nei riguardi delle piante.

I fenomeni di allelopatia possono essere dimostrati sperimentalmente con tecniche di laboratorio idonee che consentono di valutare, a dosi crescenti, l'attività inibitrice di una sostanza organica emessa o escreta da una pianta.

I composti allelopatici possono essere rilasciati nell'ambiente circostante in differenti modi: per volatilizzazione, essudazione radicale, percolazione e decomposizione delle piante.

In Artemisia spp. (Muller et al., 1964), Eucaliptus spp. e Salvia spp. (Muller, 1965) sono stati individuati composti terpenoidi volatili, come monoterpeni e sesquiterpeni, che, portati dai vapori circostanti le piante o dalla rugiada, possono raggiungere le radici attraverso il terreno.

Chenopodium album (Caussanel et al., 1979) è in grado di rilasciare, durante la fioritura essudati radicali contenenti livelli tossici di acido ossalico. La possibilità di produrre sostanze in grado di esercitare attività allelopatica, per percolazione, ad opera della pioggia, o della nebbia è stato dimostrata in alcune specie.

Composti come zuccheri, aminoacidi, pectine, acido gibberellico, alcaloidi, rilasciati per percolazione dalle foglie di Chrysantemum spp. possono causare importanti danni ai giovani impianti forestali (Tuckey, 1966).

In Camelina sativa sono stati frequentemente individuati percolati in grado di inibire lo sviluppo del lino causando cali di produzione fino al 40 % (Grummer et al., 1960; Balschun et al, 1972; Lovett et al., 1968). Effetti della stessa natura sono stati recentemente riscontrati sulla soia ad opera degli essudati fogliari dell'Abutilon theophrasti (Colton et al., 1980).

Composti ad azione allelopatica possono essere ceduti all'ambiente dopo la morte di organismi vegetali. Con la rottura della membrana cellulare vengono rilasciate sostanze direttamente attive o capaci di divenire tossiche per degradazione enzimatica operata dai microrganismi della rizosfera.

Questo fenomeno si verifica, ad esempio, con i residui dei tessuti di Sorghum halepense e di alcune specie di Prunus spp., dai quali, a seguito della demolizione microbica dei glucosidi cianogenetici, possono liberarsi tossine quali acido cianidrico e benzaldeidi (Abdul-Wahab et al., 1967).

Anche le specie annuali possono risultare tossiche con i propri residui nei confronti di altre piante: la più studiata, la Setaria faberii, ha dimostrato di inibire fortemente lo sviluppo del mais (Schreiber et al., 1967; Bell et al., 1972).

Oltre alle infestanti, anche le specie coltivate sono in grado di esplicare effetti allelopatici sulle colture poste in successione. Gli estratti acquosi dei residui di foglie dei cereali si sono dimostrati, in tutti i saggi biologici, fitotossici nei confronti sia del frumento in fase di germinazione (Guenzi et al., 1967) sia di alcune malerbe che si sviluppano su questa coltura, in condizioni di lavorazione ridotta (Liebl et al., 1983; Barnes et al., 1983).

La specifica azione allelopatica risulta molto spesso, nelle condizioni pratiche, di difficile individuazione perché gli effetti che ne conseguono sono raramente evidenziati e normalmente sovrapposti a quelli determinati dalla competizione.

Secondo Fuerst et al. (1983) la separazione dell'effetto allelopatico da quello competitivo, per essere dimostrata, richiede numerose prove sperimentali allo scopo di:

- stabilire l'esistenza di effetti depressivi su una delle piante, identificando i sintomi e quantificando, se possibile, gli effetti;
- isolare, mettere in evidenza mediante saggi biologici, caratterizzare e sintetizzare la sostanza tossica;
- riprodurre gli effetti depressivi osservati, applicando queste sostanze nelle condizioni naturali sulla pianta sensibile;
- correlare gli effetti depressivi osservati ai sintomi identificati analizzando l'emissione, il trasporto e

l'assorbimento della sostanza tossica.

Riferendosi alla bibliografia disponibile, Putnam (1983) ha posto in evidenza che un numero piuttosto elevato di malerbe è in grado di esercitare attività allelopatica nei confronti delle specie coltivate (Tabella 10).

Tabella 10- Infestanti in cui è stata individuata la proprietà di emettere sostanze allelopatiche e colture sensibili (da Putnam, 1983)

INFESTANTE	COLTURA
Abutilon theophrasti	soia ed altre
Agropyron repens	diverse
Agrostemma githago	frumento
Allium vineale	avena
Amaranthus spinosus	caffè
Ambrosia artemisifolia	diverse
Ambrosia trifida	pisello, frumento
Artemisia absinthium	diverse
Artemisia vulgaris	cetriolo
Asclepias syriaca	sorgo
Avena fatua	diverse
Brassica spp.	diverse
Camelina sativa	lino
Chenopodium album	cetriolo, avena, mais
Cirsium arvense	diverse
Cynodon dactylon	caffè
Cyperus esculentus	mais
Cyperus rotundus	sorgo, soia
Erica scoparia	trifoglio violetto
Euphorbia esula	pisello, frumento
Helianthus annuus	diverse
Holcus mollis	orzo
Imperata cylindrica	diverse
Lolium multiflorum	avena, bromo, lattuga, trifoglio
Matricaria inodora	orzo
Poa spp.	pomodoro
Polygonum persicaria	patata, lino
Portulaca oleracea	pisello, frumento
Rumex crispus	mais, sorgo
Saccharum spontaneum	frumento.
Salsola kali	diverse
Setaria faberii	mais
Solidago spp.	diverse
Sorghum halepense	diverse
Stellaria media	orzo

L'utilizzazione opportuna del comportamento allelopatico, unitamente ad altri strumenti di lotta, può rappresentare una valida strategia per il controllo delle popolazioni di malerbe. Gli attuali indirizzi di ricerca, in tal senso, sono rivolti da un lato alla sintesi chimica dei composti allelopatici tossici e dall'altro al trasferimento nelle piante coltivate dei geni responsabili della produzione degli stessi composti mediante selezione convenzionale o manipolazione genetica (Duke, 1986).

Infestanti ospiti di insetti e di organismi patogeni delle colture

La vegetazione spontanea costituisce uno dei più importanti mezzi di diffusione e di sopravvivenza di microrganismi e di insetti, tra cui numerosi patogeni e fitofagi delle specie coltivate. Van Emdem (1965) riporta 445 specie di avventizie in grado di comportarsi come ospiti di organismi nocivi per le colture; tale osservazione è stata poi ampiamente confermata da successivi contributi scientifici quali quelli dello stesso Van Emdem (1970) per quanto riguarda gli insetti, di Franklin (1970) per i nematodi, di Heathcote (1970) e Murant (1981) per i virus, di Thurston (1970) per le malattie fungine. Quest'ultimo autore ha in particolare evidenziato che tre sole malerbe, Stellaria media, Senecio vulgaris e Chenopodium album, sono in grado di ospitare 48 parassiti (insetti, nematodi, virus) dannosi per oltre 30 specie coltivate.

Infestanti ed insetti

Le specie avventizie possono agire sull'ecologia degli insetti dannosi alle colture agricole:

- comportandosi come loro ospiti;
- interferendo sul loro comportamento durante il periodo di vita sulla pianta;
- influenzando l'attività dei loro nemici naturali.

La capacità recettiva delle piante spontanee assume notevole importanza in quanto consente agli insetti di svolgere il proprio ciclo biologico sia come ospiti obbligati sia in sostituzione di ospiti preferenziali, nel caso questi siano assenti. Possono venire ospitate specie capaci di trasmettere patogeni dannosi alle piante coltivate e specie in grado di provocare effetti diretti sulle stesse colture.

Un esempio del primo caso è rappresentato da Laodelphax striatellus, un emittero vettore del virus del nanismo ruvido del mais (MRDV) che nel nostro Paese ha 2-3 generazioni all'anno (Conti, 1981). Esso non si riproduce sul mais e si nutre di questa specie solo occasionalmente, durante le prime fasi vegetative, con la generazione svernante. Soltanto in questo periodo la coltura si presenta più esposta alle infezioni; successivamente, infatti, aumenta la sua resistenza all'attacco del virus e si riduce l'efficienza del vettore per effetto delle temperature elevate.

Oltre che al mais, la virosi può essere facilmente trasmessa a Digitaria sanguinalis e ad Echinochloa crus-galli che fungono da ospiti intermedi fino all'ultima generazione della stagione e da serbatoio per il patogeno. Per trascorrere l'inverno l'insetto si sposta su specie perennanti quali Agropyron repens e Cynodon dactylon che, tuttavia, possono essere infettate dal virus solo

occasionalmente (Conti, 1981) (Figura 2).

Un'altra virosi del mais, il mosaico con nanismo (MDMV), è trasmessa da una ventina di specie di afidi, tra cui Ropalosiphum maidis, Schizaphis graminum, Myzus persicae e trova nel Sorghum halepense il principale ospite-serbatoio nel quale può svernare il virus.

I vettori assumono il MDMV dalla sorghetta in primavera ed in estate e lo trasmettono alla coltura (Malcom, 1983).

La bibliografia registra numerosi esempi di specie avventizie in grado di ospitare insetti direttamente dannosi alle piante coltivate.

Si stima a questo riguardo che almeno il 40 % degli afidi dannosi in agricoltura presenti un ciclo eteroico (Eastop, 1981). Tra questi figurano importanti parassiti quali ad esempio Brachycaudus persicae ospitato dalle borraginacee, Dysaphis spp. da Rumex spp. e Galium spp., Myzus spp. da Galium spp. e crucifere, Aphis fabae da Chenopodium album (Eastop, 1981; Way et al.,1973).

Per quanto riguarda l'influenza delle specie spontanee sul comportamento degli insetti, le osservazioni dei ricercatori assumono rilievi differenti e talora divergenti a seconda che il fenomeno sia analizzato con una visione di carattere economico o più specificamente ecologico.

Southwood et al. (1969) affermano che le moderne tecniche di lotta alle malerbe avrebbero determinato negli ultimi due secoli dell'agricoltura britannica i maggiori cambiamenti nelle comunità degli insetti. Gli stessi Autori hanno ad esempio rilevato che sull'orzo, normalmente infestato di malerbe, può essere ospitata

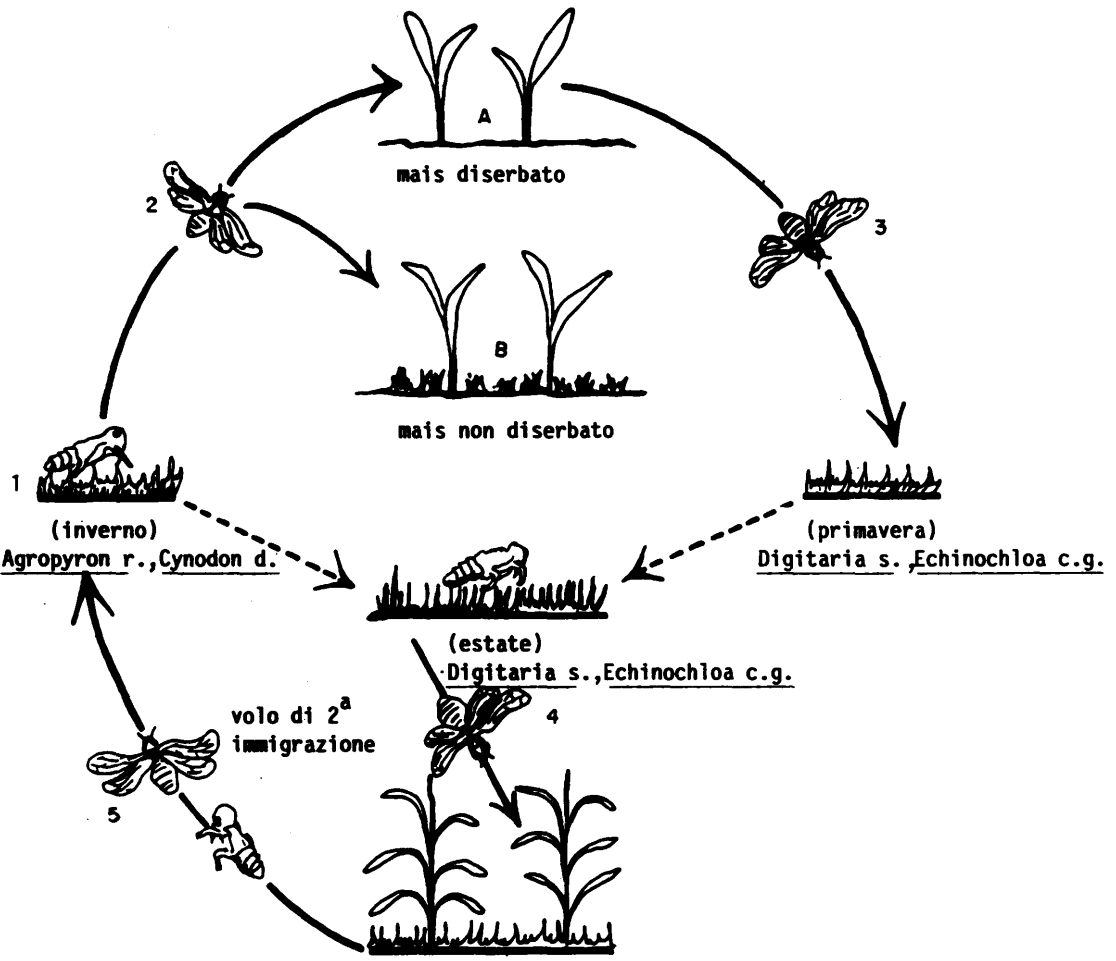


Figura 2.- Influenza delle malerbe sull'ecologia del Laodelphax striatellus vettore del virus del nanismo ruvido del mais nell'Italia del nord (da Conti, 1981).

(1) ninfa svernante. (2,3) migrazione primaverile su mais. Digitaria sanguinalis ed Echinochloa crus-galli in cui avviene l'infezione: difficile in A, frequente in B. (4) migrazione estiva su Digitaria sanguinalis ed Echinochloa crus-galli che si comportano da serbatoio del virus fino alla generazione svernante dell'emittero. (5) migrazione autunnale verso i siti di svernamento

una biomassa di artropodi mediamente tripla di quella registrata sulla stessa coltura diserbata (Figura 3).

Cromartie (1975) e Smith (1976) hanno osservato che nel caso di alcuni omotteri le malerbe possono fungere da schermo riducendo il contrasto cromatico tra suolo e pianta coltivata e quindi la possibilità di riconoscimento di quest'ultima.

Potts (1970), Vickerman (1974), Altieri (1981) hanno considerato nei loro studi il ruolo esercitato dalle specie spontanee nello sviluppo dei nemici naturali degli insetti parassiti, sottolineandone l'importanza per l'equilibrio biologico del sistema colturale.

Van Emdem (1970) ha fornito esempi di Sirfidi e di Imenotteri predatori che in alcune fasi del loro ciclo di sviluppo possono nutrirsi con polline e nettare di piante spontanee. Altre osservazioni hanno però posto in evidenza, a questo proposito, che gli adulti dei Sirfidi sono in grado di effettuare lunghi voli tra i luoghi in cui si alimentano e quelli in cui si trovano le colture presso le quali avviene l'ovideposizione (Schneider, 1969) ed inoltre che non vi sarebbero differenze nell'attività predatoria tra gli ambienti in cui il cibo per gli adulti è scarso e dove questo è abbondante (Pollard, 1971).

Infestanti e patogeni

I patogeni delle colture agrarie che si servono delle malerbe come ospiti intermedi sono principalmente quelli caratterizzati da un basso livello di specializzazione; alcuni di essi, infatti, come ad esempio la Botrytis cinerea sono in grado di interessare migliaia di specie di piante (Gaeuman, 1951), altri quali gli

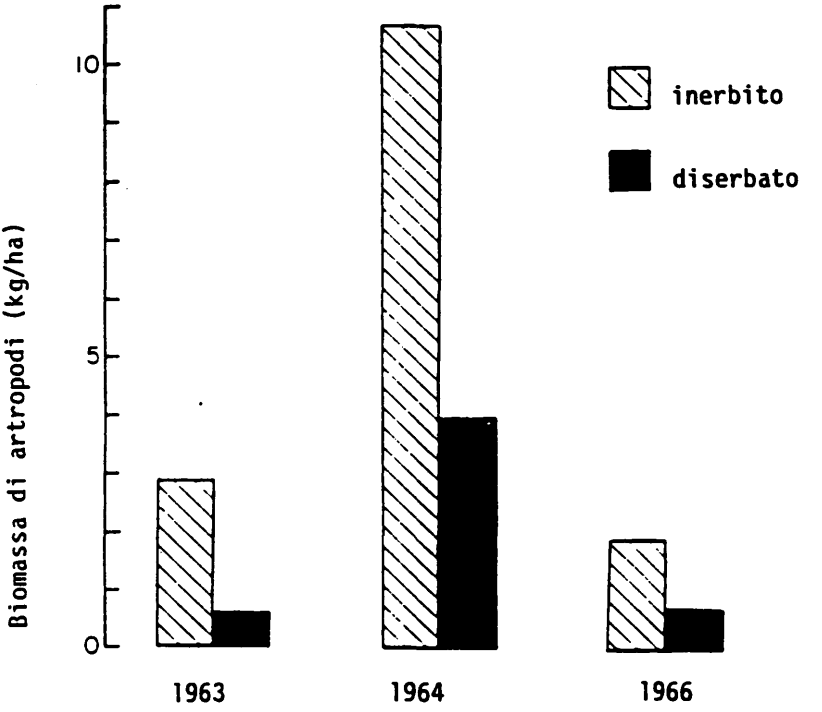


Figura 3.- biomassa di artropodi rilevata su orzo normalmente inerbito e diserbato (da Southwood e Cross, 1969)

oidi (Leveillula spp.) centinaia di esse (Hirata, 1966).

I patogeni in grado di diffondersi mediante le piante spontanee riguardano principalmente i virus, le crittogame e i nematodi.

Virus

Il ruolo delle piante spontanee e delle malerbe nella diffusione delle infezioni virali nelle piante coltivate è stato già definito, fin dalle prime osservazioni sull'epidemiologia dei virus delle piante, negli Stati Uniti (Boncquet et al., 1917; Doolitte et al., 1919). Tali studi sono stati da allora continuati in molti Paesi tanto che oggi è disponibile un'ampia letteratura sull'argomento (Duffus, 1971; Bos, 1981).

In relazione al ruolo assunto nella epidemiologia delle malattie virali, le piante spontanee sono state da Thresh (1981) distinte in:

a) specie di scarsa importanza, anche se sono state le ospiti primitive di virus, ora normalmente presenti solo sulle colture. Studi effettuati in molti Paesi hanno per esempio messo in evidenza che il virus Y della patata non trova più diffusione attraverso piante spontanee (Jones, 1981);

b) specie in grado di ospitare frequentemente virus trasmissibili alle piante coltivate. Molti di questi patogeni trovano diffusione attraverso i semi delle infestanti; essi, infatti, sono in grado di raggiungere gli organi riproduttivi, mediante vettori, quali insetti o nematodi. Tale comportamento è stato osservato ad esempio su molti virus ospitati da Stellaria media e Spergula arvensis (Gwynne et al., 1985);

c) specie di importanza fondamentale nella biologia del virus in quanto fungono da ospiti obbligati per la trasmissione del patogeno alle piante di interesse agrario.

A questo gruppo appartengono specie quali Digitaria sanguinalis, Echinochloa crus-galli e Cynodon dactylon che costituiscono gli ospiti-serbatoio obbligati del virus del nanismo ruvido del mais (Conti, 1981) di cui è data descrizione più ampia nel paragrafo relativo al rapporto tra malerbe ed insetti.

Il tipo e l'efficacia delle misure di controllo delle malerbe possono influenzare notevolmente la diffusione dei virus. In alcuni casi può determinarsi una variazione della composizione floristica (Fryer, 1981): in un'esperieza riferita da Duffus (1971), ad esempio, la selezione delle composite, conseguente all'impiego di erbicidi selettivi sulla lattuga californiana, ha reso più grave l'attacco delle virosi.

Altri studi hanno posto in evidenza che i virus trasmessi da afidi possono dar luogo ad infezioni più gravi allorché le colture dispongano di maggior spazio tra pianta e pianta e presentino aree di terreno nudo (A' Brook, 1964; Smith, 1976; Way and Cammell, 1981). Tale effetto sarebbe da porre in relazione ad uno specifico comportamento di molti afidi che tenderebbero a colonizzare più facilmente le piante isolate (vedasi il paragrafo sul rapporto tra malerbe ed insetti).

Crittogame

A questo gruppo appartengono alcuni tra i più dannosi patogeni

delle piante coltivate come le ruggini e gli oidi.

In relazione all'ospite principale, rappresentato dalla coltura, le specie avventizie possono essere distinte in ospiti alternati, ospiti alternativi ed ospiti trasportatori senza sintomi (Wheeler, 1981).

a) Ospiti alternati.

Le ruggini con comportamento eteroico sono gli unici parassiti fungini che richiedono due diversi ospiti per completare il loro ciclo. E' noto da tempo, a questo riguardo, che la Puccinia graminis è in grado di insediarsi sul frumento solo dopo aver formato l'inoculo ecidico su varie specie di Berberis (Wheeler, 1981). Massicci interventi di eradicazione nei confronti di questa arbustiva, effettuati negli USA tra il 1915 ed il 1929, hanno consentito di ridurre dell'80 % le perdite produttive annue di frumento (Vanderplank, 1963).

Studi più recenti su questa crittogama (Gerechter-Amitai, 1973) hanno permesso di stabilire che anche le graminacee avventizie costituiscono l'ospite indispensabile alla ruggine per produrre e disseminare una grande quantità di inoculi durante il breve periodo tra la comparsa dell'inoculo primario e la conclusione del ciclo sui culmi del cereale.

b) Ospiti alternativi.

Nella maggior parte dei funghi parassiti lo stesso tipo di spore può infettare sia le colture sia le piante spontanee; in molti di questi casi, tuttavia, non è stato ben chiarito il ruolo degli ospiti alternativi nel determinare l'inoculazione.

Il mal bianco delle cucurbitacee (Sphaeroteca fuliginea) è in grado di svilupparsi indifferentemente sia su queste

colture sia su specie di Xantium, Senecio, Papaver; le avventizie consentono però al fungo di mantenersi attivo anche nel periodo invernale (Dinoor, 1974).

L'Erysiphe graminis, nelle condizioni di coltivazione inglesi, infetta i cereali autunno-vernini principalmente mediante l'inoculo conidico derivante dalle malerbe, anche se è in grado di diffondere ascospore dai cleistoteci prodotti in estate sulle foglie delle colture (Wheeler, 1981). Per lo stesso oidio, in Israele, invece è stato osservato che le ascospore possono inoculare graminacee spontanee (orzo e frumento selvatico) sulle quali, poi, si formano conidi i quali sono in grado di infettare le colture.

c) Ospiti trasportatori senza sintomi.

Alcuni patogeni fungini riescono a superare le barriere fisiche, chimiche e biologiche presentate dal terreno alla loro dispersione, invadendo sistemicamente i tessuti di piante spontanee (Sewell, 1981). La loro sopravvivenza è spesso garantita dalla perennità degli organi di propagazione delle specie ospiti: il Verticillium dahliae, ad esempio, è in grado di diffondersi nell'ambiente stabilendosi nell'apparato radicale del Cirsium arvense senza provocare manifestazioni significative su queste specie.

Nematodi

Le avventizie possono ospitare numerosi nematodi parassiti delle piante coltivate (Caveness, 1967; Hogger et al., 1976; Zem, 1977; Hooper et al., 1981). Stellaria media, Anagallis arvensis e Galium spp. ad esempio sono tra le più importanti piante ospiti

del Ditylenchus dipsaci (Green, 1981). In queste specie, il nematode riesce a sopravvivere nel periodo autunno-invernale e può dar luogo ad interincroci tra le diverse razze.

Chenopodium album e Sinapis arvensis, secondo Vinduska (1972), avrebbero un ruolo di primo piano nella diffusione dell'Heterodera schachtii nei bietolai.

Molti nematodi del genere Meloidogyne dimostrano di possedere una spiccata polifagia potendo insediarsi su un numero elevato di specie coltivate. Lamberti (1979) ha osservato che la lotta contro le malerbe assume una notevole importanza nel contenimento di questo nematode.

Parassitismo

Per parassitismo si intende la capacità di un organismo di stabilire un rapporto organico con i tessuti di una pianta ospite per derivare totalmente o parzialmente gli elementi o l'energia ad esso necessari e prodotti dall'ospite mediante la propria attività metabolica. Il prelievo avviene per mezzo di organi di collegamento e di penetrazione nei tessuti dell'ospite denominati "austori". La descrizione delle piante parassite secondo Musselman (1982) è basata su tre criteri:

- grado di dipendenza nei confronti dell'ospite (parassite obbligate o facoltative);
- localizzazione degli austori sull'ospite (sulla parte aerea, sulle radici);
- Presenza o assenza di clorofilla (emiparassite o oloparassite).

Secondo Loomis et al. (1953) esistono in natura almeno 2.500 specie di piante parassite. Tra le più importanti, quelle

appartenenti ai generi Phoradendron, Viscum, Arceuthobium, Loranthus, Cuscuta sono in grado di localizzarsi sulla parte aerea delle piante ospiti mentre quelle dei generi Orobanche e Striga possono insediarsi solo sull'apparato radicale delle stesse (Muzik, 1970).

- Phoradendron spp., Viscum spp.

Le specie appartenenti a questi due generi attaccano prevalentemente le piante arboree (latifoglie e conifere) provocando, spesso, seri danni.

Presentano comportamento semiparassitico: disponendo di foglie contenenti clorofilla possono esplicare una parziale attività fotosintetica, ma devono prelevare l'acqua, gli elementi minerali ed alcuni carboidrati dall'ospite (Gill et al., 1961). La diffusione è favorita dagli uccelli che ne trasportano i semi appiccicosi sui rami delle piante ospiti. Questi germinando sviluppano una radichetta che penetra nella corteccia e dà luogo alla formazione di un disco di attacco e di un austorio a forma di radice in grado di attraversare il cambio e di raggiungere i tessuti xilematici.

- Arceuthobium spp.

Comprende numerose specie le cui dimensioni possono variare da livelli microscopici a qualche centimetro.

Alcune sono in grado di parassitizzare le conifere provocando gravi danni soprattutto nelle foreste degli Stati Uniti. Producono frutti, che dopo 14 mesi di maturazione, scoppiano lanciando i semi nell'aria fino a distanze di 10 m. Questi aderiscono facilmente alla corteccia sulla quale sono in grado di germinare l'estate successiva sviluppando cellule cuneiformi,

capaci di penetrare nei tessuti della pianta ospite fino al floema; sviluppano, poi, dei germogli aerei, segmentati e senza foglie, dotati di xilema, ma privi di floema (Gill, 1961). Gli effetti causati da questo gruppo di piante parassite si manifestano sull'ospite con lo sviluppo di masse di rami anormali, ingrossati, con addensamenti di foglie ed inoltre mediante formazioni cancerose e nanizzazione delle piante.

- Loranthus spp.

Le piante appartenenti a questo genere presentano un comportamento semiparassitico analogo a quello esaminato in precedenza. Possono causare notevoli danni nelle regioni tropicali sugli agrumi, thè, mango, teak, ecc..

- Cuscùta spp.

Molte specie di Cuscùta sono in grado di parassitizzare gravemente erba medica, trifoglio, barbabietola da zucchero, patata, cipolla, carota, lino. I semi germinano nel terreno e sviluppano rapidamente dei filamenti giallo-rossastri che si insediano subito sulla pianta ospite. A questo punto la radichetta seminale muore senza aver esercitato alcuna attività di assorbimento dal terreno. La vitalità e l'aggressività di queste piante parassite sono così elevate che bastano pochi semi in un campo per causare ingenti danni alle colture: in condizioni ottimali, ad esempio, una sola pianta potrebbe sviluppare una massa di filamenti della lunghezza di oltre 1 km (King, 1966).

- Orobanche spp.

La famiglia delle Orobancaceae comprende oltre all'Orobanche anche i generi Aeginetia e Christisonia tra cui figurano piante parassite sulle radici di colture quali canna da zucchero, riso e mais in regioni tropicali e sub-tropicali.

Alcune specie di Orobanche sono in grado di adattarsi anche ai climi temperati nei quali possono creare gravi problemi di parassitizzazione su fava e favino, tabacco, pomodoro. Ogni pianta può produrre fino a 40.000 semi piccoli che possono passare indigeriti attraverso lo stomaco degli animali al pascolo e rimanere vitali, nel terreno, per molti anni. La germinazione avviene solo se i semi vengono a trovarsi nelle vicinanze della pianta ospite a seguito dell'emissione di un essudato radicale da parte di questa (Kuijt, 1969).

Le piante di peperone e di Bidens pilosa riescono a stimolarne la germinazione senza peraltro permettere all'austorio di stabilire il contatto con esse (Muzik, 1970). Queste due specie efficaci come piante-trappola possono essere utilizzate per ridurre la diffusione del parassita.

- Striga spp.

In questo genere sono presenti specie parassite del mais e del sorgo nei terreni sabbiosi della Carolina e del Sud Africa. Ogni pianta produce da 50.000 a 500.000 semi piccoli, di aspetto polverulento. La striga è in grado di sopravvivere anche parassitizzando specie spontanee come Digitaria spp., Echinochloa spp., Panicum spp., Dactylis spp..

Effetti delle infestanti alla raccolta

La presenza delle malerbe nelle colture può determinare effetti negativi al momento della raccolta, dovuti in generale, a rallentamenti operativi delle macchine, a perdite e ad inquinamenti del raccolto.

Sotto questo punto di vista le conseguenze possono variare notevolmente in relazione al tipo di coltura: nella patata e

nella barbabietola da zucchero, ad esempio, si registra un minor rendimento delle macchine raccoglitrici, nel pisello da industria si riscontra, oltre a ciò, anche una maggior quantità di prodotto di scarto e nel colza la possibile presenza di semi dannosi di Raphanus raphanistrum. Le infestanti che in questo periodo, si mantengono ancora in vegetazione alla base della coltura, trattenendo l'umidità, possono anche accorciare il tempo disponibile per la raccolta. Quelle in grado di avvolgersi o di appoggiarsi ai culmi di un cereale (ad esempio Polygonum convolvulus, Convolvulus arvensis, Galium aparine) favoriscono l'allettamento e rendono poi più difficoltosa la mietitrebbiatura.

In conseguenza di una maggior quantità di materiale da raccogliere, nel caso dei cereali, si determinano facilmente ingolfamenti negli organi della mietitrebbia: ciò comporta una irregolare separazione della granella e un rallentamento dell'operazione di raccolta. In tale situazione se non viene ridotta la velocità di avanzamento si determina una perdita di granella che, oltre ad un certo limite di infestazione, raggiunge valori molto elevati (Elliott, 1978); se, invece, viene diminuita la velocità, calano le perdite ma aumenta il tempo impiegato (Figura 4). Elliott (1980), a tal riguardo, ha sottolineato l'importanza di mantenere tutto il materiale diverso dalla granella (MDG) al di sotto dei livelli ai quali si possono registrare perdite di raccolto utile, a velocità di avanzamento costante.

Lo stesso Autore ha inoltre posto in evidenza che in una

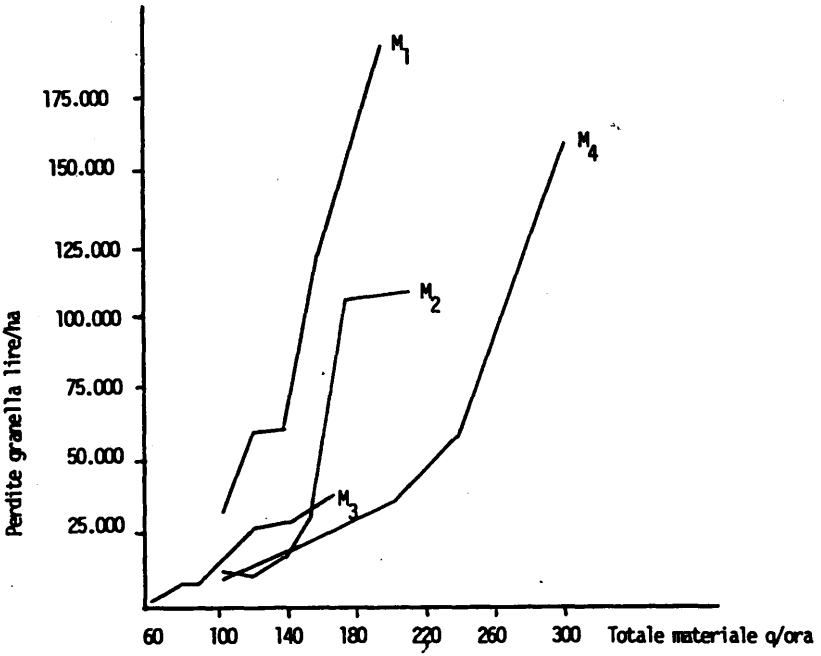


Figura 4. - Influenza della quantità di materiale totale raccolto (coltura + vegetazione spontanea) sulle perdite di granella con 4 diversi tipi di mietitrebbia (da Elliott, 1978).

situazione di assenza di malerbe, il rapporto granella/MDG si stabilisce frequentemente intorno all'unità. In relazione a questi aspetti possono individuarsi tre tipologie di malerbe:

- specie in grado di competere durante il ciclo di sviluppo della coltura con effetti sulla produzione, ma totalmente secche all'epoca di raccolta (Avena spp., specie annuali in genere);
- specie ad emergenza tardiva con limitati danni sulla produzione ma con significativi effetti sull'operazione di raccolta (Convolvulus arvensis, Cirsium arvense ed in generale le perennanti);
- specie competitive nei confronti della coltura ed ancora in vegetazione al momento della raccolta (Stellaria media, Anthemis cotula, numerose graminacee). Si registrano in tal caso entrambi i danni indicati in precedenza.

L'inquinamento dei raccolti si riferisce principalmente alla presenza di semi di infestanti e, in alcuni ambienti come quelli umidi e freschi dell'Europa settentrionale, riguarda anche la possibile inclusione di sclerozi di Claviceps purpurea.

Nel primo caso i danni maggiori si riferiscono ai costi da sostenere per la separazione meccanica dei semi delle malerbe da quelli delle colture destinate alla semina, che in mancanza di tale intervento, risulterebbero incommerciabili (Covarelli et al., 1983).

Gli sclerozi di Claviceps purpurea (noti in Italia con la denominazione di "segale cornuta") possono determinare problemi di tossicità nell'uomo e negli animali che si alimentano della farina di cereali inquinati. Gli effetti patologici (ergotismo) sono dovuti alla produzione da parte del fungo di un complesso di

alcaloidi (ergotossina, ergotamina, ergometrina) responsabili, nei mammiferi, di conseguenze anche gravi sul sistema nervoso e circolatorio. Nello sviluppo della Claviceps assume un ruolo di notevole importanza l'Alopecurus myosuroides sia come ospite primario che come ospite intermedio (Mantle, 1987). Altre specie di graminacee quali Lolium spp., Digitaria spp.,Echinochloa spp. possono ospitare ceppi della crittogama che però non sono in grado di infettare i cereali (Mantle et al., 1977).

Come ospite primario l'Alopecurus myosuroides consente alla Claviceps purpurea di svolgere completamente il ciclo di sviluppo fino alla produzione di sclerozi analogamente a quanto avviene sulla segale. Come ospite secondario l'infestante è in grado di favorire la diffusione della crittogama liberando spore capaci di infettare anche il cereale a semina tardiva.

CASO PARTICOLARE: LE INFESTANTI NELLE COLTURE FORAGGERE

Molte delle piante che si sviluppano spontaneamente nelle colture foraggere presentano una elevata pabularità ed un buon valore alimentare (Cords, 1973; Marten et al., 1975; Bosworth et al., 1985; Marten et al., 1987; Ferrero et al., 1989). Alcune avventizie dotate di queste caratteristiche favorevoli, tuttavia, dispongono di una accentuata aggressività nei confronti delle specie tipicamente considerate foraggere e sono in grado, se presenti ad elevata densità, di ridurre la produttività globale di un impianto: il Taraxacum officinale ad esempio può deprimere la disponibilità di foraggio a causa della limitata massa fogliare prodotta e della forte attività competitiva esercitata

dal suo sviluppato apparato radicale.

Altre specie come la Veronica persica e la Stellaria media , pur presentando un discreto valore nutritivo, sono capaci di precedere, nello sviluppo, le essenze prative e, quindi, di diradarne la crescita, compromettendo la produttività e le caratteristiche qualitative del primo sfalcio. Le stesse, poi, essiccando con molta difficoltà possono prolungare i tempi di fienagione o pregiudicare la conservabilità dei fieni.

Il portamento del Convolvulus arvensis e del Polygonum convolvulus può, anche, ostacolare la raccolta del foraggio riducendo la capacità operativa delle falciatrici.

In generale, le avventizie appaiono tanto più indesiderate nelle colture foraggere quanto più sono numerose le caratteristiche negative indicate di seguito (Tabella 11):

- comportamento parassitario;
- modesto valore nutritivo;
- scarsa appetibilità;
- capacità di ostacolare lo sfalcio, la conservazione del foraggio e il pascolamento;
- capacità competitiva;
- velenosità;
- capacità di trasmettere odori e sapori sgradevoli ai prodotti zootecnici.

Va però osservato che, ad eccezione del comportamento parassitario, l'individuazione di questi aspetti, non è sufficiente per attribuire il carattere specifico di infestante ad una pianta spontanea. Nella valutazione di una essenza assume, infatti, notevole importanza la densità delle stesse nel

Tabella 11 - Caratteristiche negative di alcune infestanti delle colture foraggere

Specie	Caratteristiche negative	Riferimento bibliografico
Cuscuta spp., Orobanche spp.	Comportamento parassitario	King, 1966; Kuijt, 1969; Muzik, 1970
Setaria faberii, Setaria glauca, Polygonum pensilvanicum, Polygonum bistorta, Babarea vulgaris, Pastinaca sativa, Capsella bursa-pastoris	Modesto valore nutritivo	Stählin, 1969 Marten et al., 1975 Tenne et al., 1979 Dutt et al., 1982 Dietl, 1982
Barbarea vulgaris, Agropyron repens, Xanthium strumarium, Carduus nutans, Cirsium spinosissimum, Heracleum Spondilium, Alchemilla vulgaris	Scarsa appetibilità	Marten et al., 1975 Faucett et al., 1978 Dutt et al., 1979
Convolvulus arvensis, Polygonum convolvulus, Stellaria media, Veronica persica, Cirsium spinosissimum, Carduus nutans, Onopordum acanthium	Ostacolo allo sfalcio, all conservazione, al pascolamento	Muzik, 1970 Hartley et al., 1979 Viggiani, 1988
Rumex spp., Taraxacum officinale, Cirsium spp., Artemisia spp., Chenopodium spp., Amaranthus spp.	Capacità competitiva	Schreiber et al., 1973 Covarelli et al., 1983
Aconitum napellus, Colchicum autumnalis, Ornithogalum umbellatum, Veratrum album, Equisetum palustre, Euphorbia spp., Genista spp., Hypericum perforatum, Pteridium aquilinum, Rododendron spp., Senecio spp., Sorghum halepense, Datura stramonium, Arum maculatum, Ranunculus spp., Conium maculatum, Cynoglossum officinale	Velenosità	Everist, 1981 Dietl, 1982 Verona, 1984 Flunker et al., 1987 Viggiani, 1988 Mendel et al., 1988 Cantele, 1989
Allium vineale, Ferula communis, Actinea odorata, Thlapsi arvense, Capsella bursa-pastoris, Lepidium spp., Anthemis cotula, Chrysantemum leucantheum, Rumex acetosella	Trasmissione di odori e sapori sgradevoli ai prodotti zootecnici	Muzik, 1970 Covarelli et al., 1983

complesso floristico. E' stato dimostrato a tal proposito da Stählin (1969) che ogni specie può risultare dannosa solo se supera determinate proporzioni nell'ambito di una comunità di piante (Tabella 12). Sotto questo aspetto, persino specie

Tabella 12 - Presenza percentuale massima di diverse specie per non determinare effetti sfavorevoli, nei differenti tipi di utilizzazione (Stählin, 1969)

Specie	Pascolam. diretto	Sfalcio	Insila-mento	Affiena-mento
- Di buon valore alimentare				
Achillea millefolium	5	10	10	10
Agropyron repens	5	10	10	10
Alchemilla vulgaris	10	20	30	30
Alopecurus pratensis	10	20	50	50
Anthriscus silvestris	10	10	10	10
Carum carvi	5	5	10	10
Cirsium oleraceum	5	5	5	5
Crepis aurea	20	10	10	10
Crepis biennis	5	10	10	5
Heracleum sphondylium	10	20	10	10
Leontodon autumnalis	20	10	10	10
Leontodon hispidus	20	10	10	10
Pimpinella major	10	10	10	10
Plantago lanceolata	10	10	10	10
Poa annua	5	5	5	5
Poa trivialis	10	15	15	15
Taraxacun officinale	25	25	25	10
Trisetum flavescens	5	15	15	30
Urtica dioica	-	-	5	5
- di medio valore alimentare				
Agrostis stolonifera	5	10	10	10
Agrostis tenuis	10	20	20	20
Bromus erectus	10	20	20	20
Festuca rubra	10	20	20	20
Pastinaca sativa	2	5	10	5
Polygonum bistorta	5	10	20	10

ritenute comunemente velenose, ma presenti in misura molto limitata, possono determinare eccellenti effetti dietetici: pecore e capre, ad esempio, utilizzano al pascolo, piante come Ranunculus spp., Colchicum autumnale, Veratrum album ed anche Pteridium aquilinum, senza riportare alcun effetto nocivo (Dietl, 1982). Il giudizio sull'utilità di una pianta è anche legato all'utilizzazione del foraggio; nell'erba medica da destinare alla disidratazione, ad esempio, è conveniente eliminare tutte le essenze spontanee comprese le graminacee di buon valore foraggero

(quali Festuca spp., Lolium spp., Dactylis spp.) accettate e spesso volute per le produzioni di fieno e di insilato.

Numerose sono le cause che possono direttamente od indirettamente favorire le essenze spontanee; tra queste si possono in sintesi ricordare:

- impiego di miscugli di foraggere poco adatti all'ambiente di coltivazione o poco compatibili in relazione alla competitività che si può esercitare tra le specie che li compongono. In questa situazione il rapporto tra i costituenti può rapidamente modificarsi a favore generalmente di una singola famiglia botanica (graminacea o leguminosa) con possibilità di inserimento di specie avventizie.

  Nel caso di dominanza delle componenti graminacee, ad esempio, tendono rapidamente a comparire specie a foglia larga come Anagallis arvensis e Chenopodium spp. in grado di adattarsi anche a condizioni di luminosità limitata e di sfruttare agevolmente l'elevata disponibilità di azoto, frequente in questa situazione.
- Insufficiente sgrondo delle acque a causa di una imperfetta sistemazione del terreno; questa situazione favorisce la diffusione di specie igrofile come Cyperus spp. ed Echinochloa spp..
- Interventi irrigui non appropriati. Ciò porta ad una diffusione di specie ad habitus xerofitico, in condizioni di carenza idrica (ad esempio Tribulus terrestris) o di specie igrofile, come quelle sopra indicate, in presenza di eccessi di acqua.
- Concimazione minerale squilibrata. Un'abbondanza di azoto, ad

esempio, favorisce l'insediamento di Papaver rhoeas e di Brassica campestris mentre una carenza dello stesso elemento aumenta il potere competitivo di Polygonum aviculare e Kickxia spuria; l'elevata disponibilità del potassio favorisce lo sviluppo di Taraxacum officinale mentre bassi livelli di questo elemento avvantaggiano Lamium spp. e Galinsoga parviflora rispetto alla coltura.

- Sfalci troppo frequenti; specie rustiche come Ranunculus spp., Stellaria media, Veronica spp., Taraxacum officinale prendono in queste condizioni facile sopravvento sulle colture indebolite.
- Carico di bestiame al pascolo non adeguato alla disponibilità foraggera. Un eccessivo sfruttamento rende più aggressive specie a rapido ricaccio quali Senecio spp., Rumex obtusifolius, Rumex alpinus, Ranunculus ficaria, Ranunculus repens, Nardus stricta, Plantago spp. mentre una utilizzazione ridotta lascia la possibilità all'animale di scartare essenze meno appetibili come Aconitum napellus, Alchemilla vulgaris, Colchicum autumnalis, Heracleum spondilium, Hypericum perforatum, Pteridium aquilinum, Veratrum album, favorendone quindi la diffusione.

Le specie che, per le ragioni precedentemente esposte, possono risultare dannose alle colture foraggere, tendono a formare associazioni caratteristiche influenzate dalla durata della coltura, dalle agrotecniche adottate e dalle modalità di utilizzazione.

Con riferimento al tipo di impianto sono individuabili raggruppamenti floristici caratterizzati da una certa specificità

negli erbai, nei prati da vicenda, nei prati permanenti e pascoli.

Negli erbai si determina comunemente un quadro floristico simile a quello rilevabile in molte colture erbacee annuali con aspetti differenziati solo per il tipo di utilizzazione che nelle foraggere può interessare uno o più cicli di vegetazione, mentre nelle altre colture riguarda un ciclo soltanto.

Nei prati da vicenda sono rilevabili inerbimenti che, pur presentando un'ampia variabilità correlata ai diversi tipi di colture (monofiti di leguminose, monofiti di graminacee, oligofiti o polifiti), sono caratterizzati da una presenza, crescente nel tempo, di specie perennanti (Rumex spp., Taraxacum officinale, Convolvulus arvensis ecc.).

L'associazione floristica che si determina nei prati permanenti e nei pascoli, più che nei casi esaminati in precedenza, è la conseguenza dell'equilibrio che si stabilisce a seguito dell'influenza dell'habitat (clima, suolo, topografia, organismi viventi) sulle proprietà biologiche delle piante (modo di propagazione, ciclo e ritmo di sviluppo, variabilità genetica, utilizzazione degli elementi nutritivi, reazione al pascolamento ed allo sfalcio, ecc.). Intervenendo su questi elementi con adeguate tecniche agronomiche (fertilizzazione, utilizzazione appropriata, irrigazione, trasemina ecc.) si può favorire la capacità competitiva delle specie più utili e indebolire quelle indesiderate (Tabella 13).

Tabella 13 - Influenza delle tecniche di conduzione dei prati e dei pascoli sulla capacità competitiva delle specie (da Dietl, 1982).

	Assenza di fertilizzazione	Fertilizzazione limitata	Fertilizzazione spinta	Utilizzazione intensiva (pochi sfalci)	Utilizzazione intensiva (molti sfalci)	Pascolo sovrasfruttato	Pascolo sottosfruttato
Aconitum napellus	-	-	+	+	-	(+)	+
Agropyron repens	-	(-)	+	+	(-)	(-)	+
Agrostis stolonifera	-	+	+	-	(+)	+	-
Alchemilla vulgaris	-	-	+	+	-	-	+
Anthoxanthum odoratum	+	+	-	+	-	-	+
Anthriscus silvestris	-	+	+	-	-	+	-
Caltha palustris	-	+	.	+	-	-	+
Carex spp.	+	-	-	+	-	-	+
Chaerophyllum cicutaria	-	-	+	+	-	-	+
Cirsium palustris	+	.	-	+	-	-	+
Colchicum autumnale	+	+	(-)	+	-	-	+
Deschampsia caespitosa	-	+	.	-	-	.	+
Equisetum palustris	+	+	-	+	-	-	+
Geranium silvaticum	-	-	+	+	-	-	+
Heracleum sphondylium	-	-	+	+	-	-	+
Hieracium spp.	+	.	-	+	-	(-)	+
Holcus lanatus	.	+	-	+	-	-	+
Holcus mollis	.	.	.	+	-	-	+
Hypericum perforatum	+	-	-	(+)	-	-	+
Juncus effusus	-	+	-	-	-	+	+
Nardus stricta	+	-	-	-	-	+	(+)
Plantago major	-	+	+	-	-	+	-
Plantago media	+	+	-	+	-	+	-
Poa annua	-	+	+	-	(+)	+	-
Poa trivialis	-	.	+	+	(-)	(-)	.
Polygonum bistorta	-	.	+	+	-	-	+
Pteridium aquilinum	+	-	-	-	-	-	+
Ranunculus acer	-	+	-	+	-	-	+
Ranunculus aconitifolius	-	+	-	+	-	-	+
Ranunculus ficaria	-	-	+	-	(+)	+	-
Ranunculus repens	-	-	+	-	+	+	-
Rhinanthus spp.	+	(+)	-	+	-	-	+
Rumex acetosa	-	+	-	+	-	-	+
Rumex alpinus	-	-	+	.	(-)	+	(+)
Rumex arifolius	-	+	+	+	-	-	+
Rumex obtusifolius	-	-	+	.	(-)	+	(+)
Senecio alpinus	-	-	+	+	-	(+)	+
Senecio jacobaea	-	+	(+)	-	-	+	.
Senecio subalpinus	-	-	+	+	-	(+)	+
Silene dioica	-	-	+	+	-	-	+
Stellaria media	-	-	+	-	+	(+)	-
Taraxacum officinale	-	(+)	+	-	(+)	(-)	.
Urtica dioica	-	-	+	-	-	+	-
Veratrum album	+	+	-	+	-	-	+
Veronica filifornus	-	+	+	(-)	(+)	(+)	-

+ Aumento della capacità competitiva; - Diminuzione della capacità competitiva; . Nessuna influenza; () Capacità competitiva accentuata o ridotta secondo l'habitat

VALUTAZIONE ECONOMICA DELL'INFLUENZA DELLE MALERBE SULLE COLTURE

La decisione di controllare le malerbe nel singolo campo dovrebbe essere idealmente presa nel contesto della gestione globale dell'azienda e secondo gli obbiettivi prefissati. In tale ambito dovrebbe cioè venire prioritariamente deciso se massimizzare i profitti o ridurre i rischi connessi con l'infestazione; in relazione poi a quest'ultimo aspetto dovrà essere, altresì, stabilito se tener conto dei danni dovuti all'essenza dominante o di quelli conseguenti a tutta la popolazione avventizia, della perdita di resa annua o di quella media tra più anni. La scelta del criterio di intervento contro le infestanti è influenzata dall'aumento di profitto atteso, valutato tenendo conto principalmente dell'incremento di produzione e del costo dell'intervento stesso (Garburg et al., 1975, Cramer, 1967; Cussans et al., 1986). Il valore dell'incremento produttivo può essere fàcilmente calcolato moltiplicando la quantità ottenuta in più per il prezzo unitario di mercato, tenendo presente che quest'ultimo potrebbe assumere valori superiori in relazione, anche, ai miglioramenti qualitativi.

La maggior parte delle stime degli effetti delle malerbe sui risultati produttivi si basano sulle relazioni esistenti tra densità delle infestanti (Zimdahl, 1980) o tra il loro peso secco e la produzione finale (Auld et al.,1987).

La determinazione del peso esprime, meglio della densità, la capacità competitiva, dal momento che le malerbe, a parità di numero, possono assumere differente sviluppo vegetativo, tuttavia presenta, rispetto all'altro metodo, maggiori difficoltà

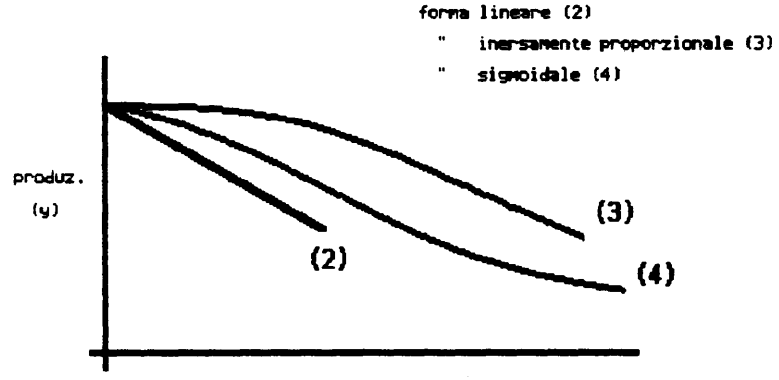
operative legate alla raccolta di grandi quantità di piante ed al loro essiccamento.

Il sistema basato sulla densità presenta il vantaggio di poter essere determinato in epoche di sviluppo della coltura anticipate, quando cioè, possono ancora venire prese decisioni sul tipo di intervento da adottare. Tale metodo può però venire negativamente influenzato dalle condizioni ambientali (Chisaka, 1977), epoca di semina (Reeves, 1976), densità della coltura (Medd et al., 1985) e da altri fattori agronomici (Dew, 1972; Medd et al., 1985); oltre a ciò non è in grado di valutare, se non con osservazioni tardive, le nascite posticipate delle malerbe (Auld et al., 1987). La relazione tra densità di una malerba e la produzione varia in modo univoco con la specie presentando ciascuna una caratteristica capacità competitiva ed una peculiare adattabilità a subire gli effetti della competizione. A tale riguardo, per alcune colture, sono già stati effettuati numerosi studi (Dew, 1972; Reeves, 1976; Chisaka, 1977; Scragg, 1980; O'Sullivan et al., 1982; Snaydon, 1982; Marra et al., 1983; Medd et al., 1985). Sulla base dei risultati di queste ricerche sono state definite funzioni relative alle perdite produttive e determinati gli incrementi di produzione ottenibili dalla eliminazione delle malerbe in una coltura.

Nelle figure 5 e 6 sono rappresentate le curve delle funzioni corrispondenti ai rapporti esistenti tra produzione e densità delle infestanti: nella prima è indicato il tipo di correlazione, ritenuto più frequente, in base alla quale la produzione cala in modo meno che proporzionale ad ogni aumento di densità. A questa

Figura 5 - Relazione piu' comune tra produzione di una coltura (y) e densita' delle erbe infestanti (w) (da Cousens et al., 1985)

Figura 6 - Altre ipotetiche relazioni tra produzione e densita' delle erbe infestanti. (da Auld et al., 1987)



corrisponde la curva (1) riportata nella figura 7 la quale esprime le perdite di produzione corrispondenti ai vari livelli di densità (Cousens et al., 1985).

Le curve (2) e (3) relative alle correlazioni tra produzione e densità (figura 6) e quelle corrispondenti riguardanti i rapporti tra perdite di produzione e densità (figura 7) secondo alcuni Autori (O'Sullivan et al., 1983; Marra et al., 1983) sarebbero più attendibili in relazione a specifici inerbimenti. La relazione sigmoidale (4) (figura 6) proposta da Zimdahl (1980) tra produzione e densità delle infestanti non troverebbe sviluppo in una corrispondente espressione della correlazione tra perdita di produzione e densità (Cousens et al., 1984).

Per indicare con espressioni matematiche i rapporti tra produzione o perdita di produzione e densità delle infestanti sono state elaborate diverse equazioni: polinomie, polinomie inverse, esponenziali (Cousens, 1985; Watkinson, 1981; Madeira et al., 1984; Cousens et al., 1987).

Una delle funzioni comunemente utilizzate per definire la produzione in base alla densità delle malerbe è la seguente:

$$y = a - b\,f(w)$$

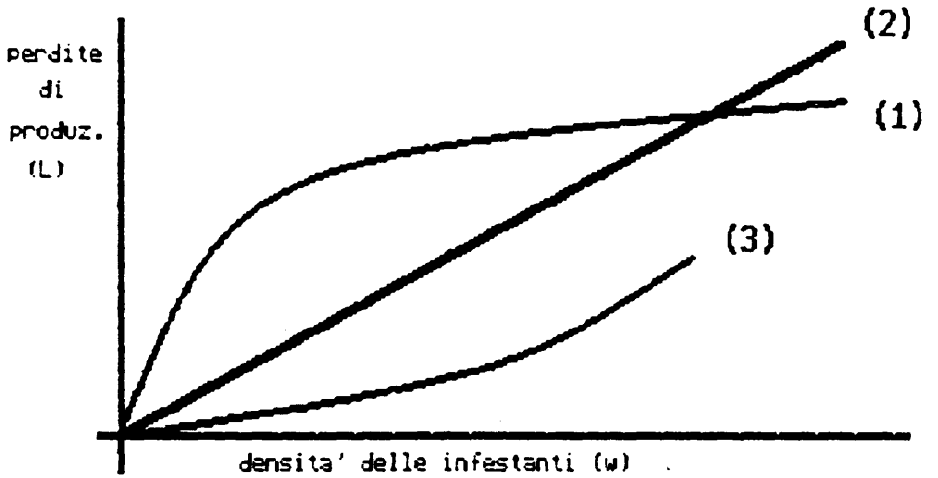
dove: y = produzione della coltura relativa ad una specifica densità delle malerbe

a = produzione della coltura in assenza di malerbe

b = percentuale di calo di produzione corrispondente agli aumenti di densità delle infestanti (Dew, 1972; Reeves, 1976)

w = densità delle malerbe

Figura 7 - Relazioni tra densita' delle infestanti e perdite di produzione. Tre curve alternative: (1) corrispondente a (1) della fig. 2 e (2) e (3) corrispondenti a (2) e (3) della fig. 2. (da Auld et al., 1987)



La corrispondente espressione riguardante il rapporto tra perdita di produzione e densità è data da:

$$L = b \sqrt{w}$$

nel caso della competizione Avena fatua-frumento **b**, secondo Duke, (1972) è pari a 9,153.

Secondo Chisaka (1977) tra Echinochloa crus-galli e riso trapiantato si stabilirebbe un rapporto di competizione rappresentabile con la curva (1) della figura 5 ed esprimibile con l'equazione :

$$y = \frac{1}{(a + bw)}$$

dove:

a = reciproco del peso della produzione in assenza di infestanti

b = parametro riferito ai fattori che influenzano la competizione

Nel caso specifico delle condizioni sperimentali in cui ha operato questo Autore, l'equazione ha assunto i seguenti valori:

$$y = \frac{1}{0{,}790 + 0{,}0032\ w}$$

in cui $y = g/m^2$

$w = piante/m^2$

Il vantaggio economico derivante dal controllo delle malerbe, valutato su base annua, dipende non solo dall'entità dell'aumento di produzione, ma anche dal valore unitario della coltura e del costo del trattamento.

L'incremento di reddito lordo (V) può essere calcolato moltiplicando il prezzo unitario del prodotto (p) per l'incremento di produzione ottenuto a seguito della eliminazione delle infestanti ossia per la mancata perdita (L) che, come già esaminato in precedenza, è funzione della densità delle avventizie f(w).

Risulterà pertanto che:

$$V = p\,L = p\,f\,(w)$$

Il costo (c) sostenuto per il trattamento dovrà essere uguale al valore della produzione aggiuntiva; in altri termini ciò significa che la densità delle infestanti deve essere almeno tale da consentire, con la loro eliminazione, un aumento di produzione di valore pari al costo dell'intervento (soglia economica annua di densità). Al di sotto di tale livello di densità l'eliminazione delle malerbe risulterebbe antieconomica.

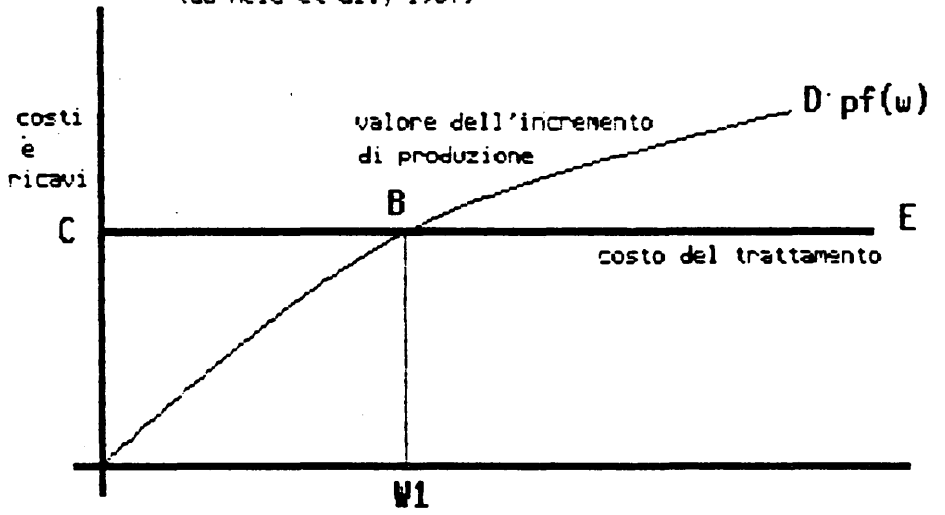
A questo riguardo va rilevato che la soglia di intervento potrebbe anche essere determinata sulla base di valori pluriennali.

Per effettuare più correttamente tale bilancio andrebbe, altresì, preso in considerazione il vantaggio di una raccolta più efficiente a seguito dell'assenza delle infestanti (Elliot, 1980).

La situazione più frequente della soglia economica annua di densità può essere rappresentata con il grafico riportato in Figura 8.

La curva OBD si riferisce al valore dell'incremento di produzione e la linea CBE al costo dell'eliminazione delle malerbe; w_1 corrisponde alla soglia economica di densità.

Figura 8 - Soglia economica di densita' delle infestanti
(posto che l'intervento sia pienamente efficace)
(da Auld et al., 1987)



Seguendo tale modello ed assumendo un controllo delle malerbe pari al 100 % sono state determinate con verifiche sperimentali le soglie di densità per numerose infestanti su diverse colture. A titolo di esempio la soglia economica annua di densità dell'Avena fatua su frumento è stata individuata nelle condizioni australiane in 7 piante/m² (Auld et al., 1986); negli ambienti inglesi e francesi invece la soglia per la stessa infestante su frumento è stata fissata a 12 piante/m² (Jarvis et al., 1981; Cousens et al., 1985). L'utilizzazione di questi valori per stabilire l'opportunità dell'intervento diserbante in un particolare ambiente richiede, tuttavia, verifiche ed adattamenti locali dal momento che la loro determinazione può essere stata effettuata sulla base di criteri particolari (Heitefuss et al., 1987; Marshall, 1987). Si deve anche considerare che lo sviluppo di alcune specie può modificarsi sensibilmente da una situazione ad un'altra: l'Alopecurus myosuroides, ad esempio, ha una capacità di accestimento variabile a seconda del tipo di terreno o dell'annata (Kemmer et al., 1984).

Valutazione della qualità dei prodotti

La presenza delle infestanti, normalmente, peggiora la qualità della produzione (Friesen et al., 1964; Covarelli et al., 1971; Bianco, 1977; Chisaka, 1977; Clare, 1980; Glauninger et al., 1982). Lo scadimento qualitativo comporta frequentemente una diminuzione di prezzo e può essere espresso, analogamente alla riduzione quantitativa, mediante una relazione con la densità delle malerbe.

L'aumento di valore globale della produzione derivante dall'eliminazione delle avventizie può venire determinato tenendo conto sia dell'aumento di valore legato al miglioramento qualitativo (supponendo che la produzione rimanga costante) sia dell'incremento produttivo.

Questi due aspetti possono essere valutati mediante l'equazione (Auld et al., 1988):

$$V = (p_0 - p_w)\, y_w + p_0\, f\,(w)$$

dove:

p_0 = prezzo unitario della produzione ottenuta in assenza di infestanti

p_w = prezzo unitario della produzione ottenuta in presenza di infestanti

y_w = produzione totale ottenuta in presenza di infestanti a densità w

f (w) = mancata perdita di produzione, funzione della densità

Va osservato che, nel caso in cui p_0 sia uguale a p_w, l'equazione precedente si riduce a quella già esaminata in precedenza:

$$V = p\, f\,(w)$$

La relazione tra prezzo unitario e densità delle malerbe può essere di tipo lineare solo fino ad un certo punto oltre al quale si determina un repentino abbassamento di valore.

La semente di erba medica, ad esempio, deve essere esente da semi di cuscuta, quella di frumento "certificata", non può contenere più del 2 % di seme di specie diverse (Covarelli et al., 1973), pena la non commerciabilità.

Come illustrato in Figura 9, riducendo l'infestazione al livello di densità w_1 si determina una significativa variazione di qualità nella coltura per cui la perdita di valore sale bruscamente: l'effetto dell'intervento contro le malerbe potrà quindi essere rappresentato con una relazione discontinua del tipo OABD.

In tale situazione la soglia economica per il controllo dell'infestazione risulta relativamente indipendente da altri parametri, tra cui il costo del trattamento.

VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI SOCIALI DELLE MALERBE

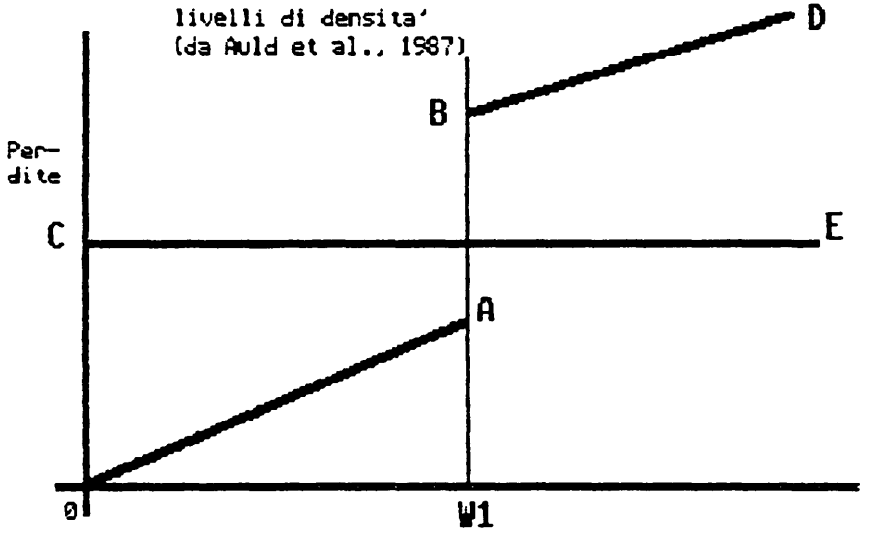
La tendenza delle malerbe a diffondersi in ambienti con specifiche caratteristiche agroclimatiche comporta effetti e conseguenze non limitabili al campo od alla singola azienda agricola.

Ogni organismo pericoloso che possa espandersi costituisce una minaccia per le zone non infestate e rappresenta un costo potenziale o reale per gli utilizzatori di quelle aree (Auld et al., 1986).

Riferendo questa considerazione ad un ambiente ristretto si può rilevare che il mancato controllo delle malerbe da parte di un agricoltore provoca un danno ad un altro agricoltore, situato nelle vicinanze, corrispondente agli effetti che si possono determinare, nel breve o lungo termine, a seguito della diffusione delle stesse avventizie nel nuovo ambiente. Analogamente la lotta alle infestanti in una data zona comporta vantaggi anche per le zone vicine.

La diffusione ed il controllo delle infestazioni sono motivo

Figura 9 -.Relazione tra perdite di ricavo e densita' delle infestanti nel caso in cui il valore unitario della coltura subisca una brusca riduzione a determinati livelli di densita'
(da Auld et al., 1987)



di interesse pubblico ed in alcuni Paesi formano oggetto di una specifica legislazione. In Australia, ad esempio, si impone che per un certo numero di specie, considerate dannose, vengano attuati programmi di lotta sia sui terreni demaniali sia su quelli privati, secondo il concetto che "ogni occupante di un terreno deve prendere le misure ragionevolmente efficaci affinché vengano eradicate le malerbe presenti" (Auld, 1987). In caso di mancato o inadeguato intervento l'amministrazione pubblica ha il potere di provvedere all'eliminazione delle malerbe e di addebitare il costo dell'operazione all'occupante del fondo. La gestione di questa disciplina è affidata a comitati locali riuniti, in alcuni casi, in comitati regionali.

Per particolari infestanti esistono specifiche commissioni come ad esempio quella per il controllo dell'Opuntia spp. con la funzione di coordinare gli interventi di lotta. Lo Stato eroga finanziamenti unicamente ai comitati e nel caso della lotta all'Opuntia spp., anche ai privati.

Il controllo delle malerbe realizzato in modo coordinato, in ambiti territoriali allargati, consente di ottenere benefici oltre che sullo stretto piano agricolo anche su quello più generale degli interessi della collettività (che fruisce dei prodotti agricoli e che trae beneficio ad esempio da favorevoli effetti sanitari connessi con la eradicazione di particolari tipi di vegetazione).

In questo caso l'interesse e gli obiettivi della lotta alle specie avventizie assumono preminente carattere politico richiedendo un impegno di risorse finanziarie che eccedono le disponibilità del singolo individuo.

Gli interventi pubblici divengono indispensabili in tutti quei casi in cui sia necessaria una visione obiettiva degli scopi della eliminazione della vegetazione indesiderata ed inoltre nella divulgazione delle conoscenze, acquisite attraverso la ricerca, sugli aspetti biologici delle malerbe e sulle strategie di lotta alle stesse.

I vantaggi ed i possibili svantaggi derivanti agli agricoltori in conseguenza del controllo delle avventizie si riversano sulla collettività anche se molto spesso in una forma non nettamente quantificabile. Ciò avviene in primo luogo perché, in un efficiente sistema di mercato i vantaggi ottenuti dalla eliminazione delle infestanti possono, per effetto della competizione commerciale, non venire completamente valorizzati. In secondo luogo è da tenere in considerazione il fatto che il meccanismo domanda-offerta non reagisce sempre ad alcuni costi o benefici dell'attività agricola. L'uso poco appropriato di un erbicida o gli effetti della deriva, ad esempio, possono talvolta causare conseguenze negative ad agricoltori situati nelle vicinanze di chi ha effettuato il trattamento senza, peraltro, che questi abbia a pagare compensi. Si determinano in tal caso effetti a carico della società sotto forma di minor produzione, anche se il mercato non li evidenzia manifestamente (Tisdell, 1982).

Il beneficio sociale derivante dalla lotta alle malerbe può essere valutato mediante la determinazione del concetto economico della rendita del consumatore e quello del produttore (Currie, 1971). La rendita del consumatore, esprime la differenza tra il

prezzo che l'utilizzatore paga per un prodotto e quello massimo che egli sarebbe disposto a pagare per l'acquisto dello stesso prodotto (Hufschmidt et al., 1983; Auld et al., 1987). Ad esempio per un prodotto con prezzo reale di 1.500 £/kg, per il quale, pur di non rinunciarvi l'acquirente è disposto a spendere 2.000 £/kg, la rendita del consumatore è di 500 £/kg. Tale concetto è illustrato con il grafico di Figura 10, nel quale la retta DD rappresenta la domanda di mercato per un prodotto. Quando una quantità x_1 è posta sul mercato e venduta ad un prezzo p_1 la rendita del consumatore è rappresentato dall'area tratteggiata al di sotto della retta della domanda. Se la quantità disponibile di prodotto passa da x_1 a x_2 il prezzo scende da p_1 a p_2 e la rendita del consumatore aumenta di un valore equivalente all'area punteggiata.

La rendita del produttore quantifica, a certe condizioni, il guadagno che questo operatore ottiene per un prodotto, dopo aver coperto tutti i suoi costi di produzione. La retta SS indicata in Figura 11 si riferisce all'offerta di mercato che coincide nel lungo periodo all'ultimo tratto della curva dei costi marginali e rappresenta la quantità che i produttori, nel complesso, sono disposti a fornire a prezzi crescenti (costi marginali delle produzioni aggiuntive). Al prezzo p_1 è offerta la quantità x_1 con un ricavo lordo pari a p_1x_1. L'area tratteggiata corrisponde al costo globale integrato mentre quella punteggiata rappresenta la rendita del produttore. Minori sono i costi aggiuntivi per produrre quantità crescenti di prodotto, maggiore è la rendita del produttore.

In condizioni di libero mercato il prezzo di equilibrio P che

Figura 10 - Illustrazione del concetto di rendita del consumatore (da Auld et al., 1987)

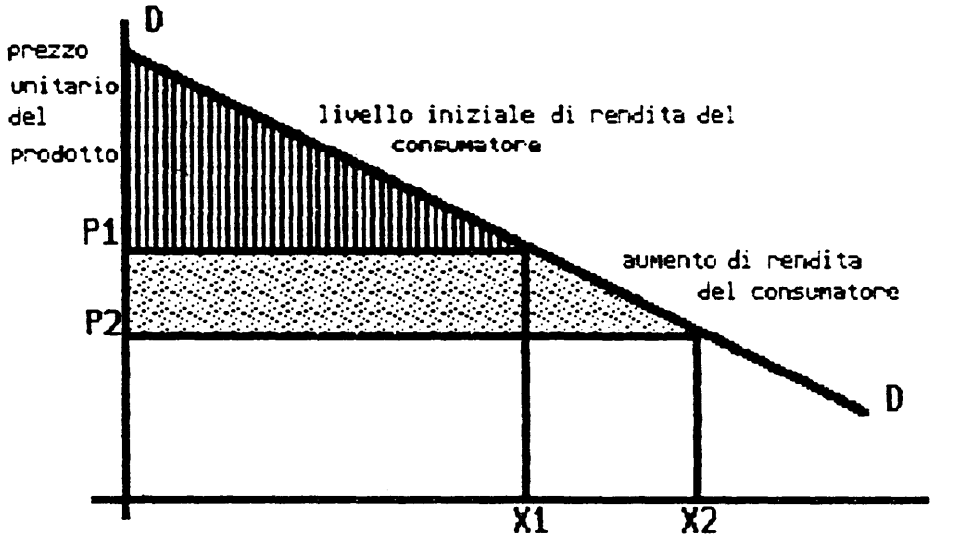


Figura 11- Illustrazione del concetto di rendita del produttore (da Auld et al., 1987)

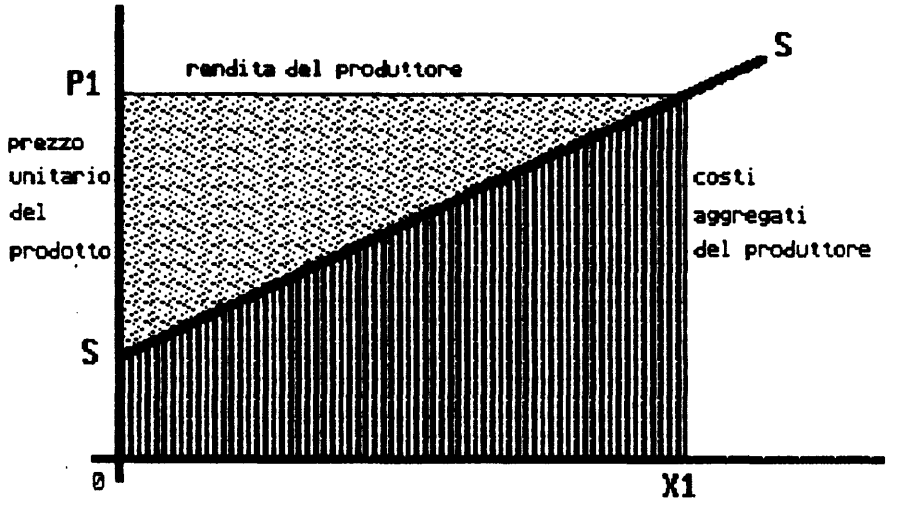
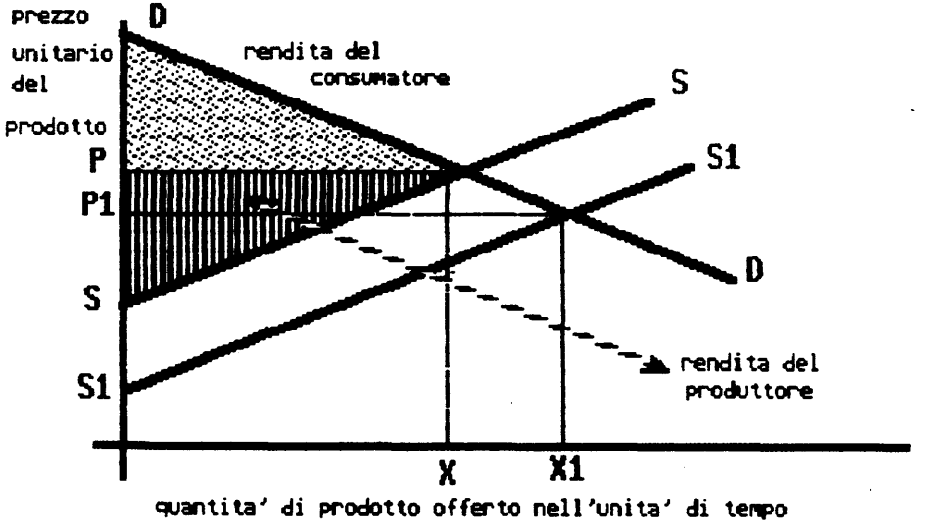


Figura 12- Situazioni di equilibrio della rendita del consumatore e della rendita del produttore (da Auld et al., 1987)



si stabilisce per un determinato quantitativo, a seguito del gioco della domanda e dell'offerta, corrisponde al punto di intersezione della retta della domanda DD con quella dell'offerta SS (Figura 12). Un aumento della quantità di prodotto offerto, per effetto ad esempio di un più efficiente controllo delle malerbe provoca uno spostamento a destra della linea dell'offerta (S_1S_1) con un nuovo prezzo di equilibrio, P_1, ridotto.

Comparando le rendite dei consumatori e dei produttori in varie situazioni di mercato (corrispondenti ad esempio all'assenza ed all'attuazione di interventi di diserbo) è possibile valutare i benefici sociali derivanti dalla eliminazione delle malerbe.

Per una visione più completa degli effetti sociali del diserbo dovrebbero, anche, venire prese in considerazione le implicazioni ambientali correlate agli strumenti utilizzati, le quali, pur influenzando solo indirettamente il sistema produttivo agricolo, stanno assumendo crescente importanza nella scala dei valori del corpo sociale. In tal senso, un criterio per la valutazione della accettabilità a livello ecologico e sanitario dei mezzi da adottare nella lotta alle malerbe può essere individuato nell'analisi globale costi-benefici con la quale è possibile stabilire un bilancio tra le esigenze produttive e gli interessi sociali.

CONCLUSIONI

Le piante infestanti, favorite anche da una straordinaria capacità di adattarsi alle variabili condizioni ecologiche ed agronomiche in cui si attuano le coltivazioni, sono in grado di

esercitare molteplici effetti negativi sulle piante coltivate: dalla competizione nei riguardi delle limitate risorse ambientali all'emissione di sostanze tossiche, alla possibilità di offrire rifugio ai parassiti ed ai patogeni delle colture stesse.

L'impegno posto nella lotta alle malerbe, se da un lato costituisce la condizione per una gestione colturale economicamente accettabile per il singolo produttore agricolo, dall'altro risulta vantaggiosa anche per la collettività. In relazione a quest'ultimo aspetto il controllo delle infestanti appare indispensabile soprattutto sul piano etico se si tiene conto della situazione di carenza alimentare di cui soffre una parte della popolazione umana, tra l'altro in continua crescita e della progressiva riduzione della superficie arabile unitaria.

Un efficiente sistema di lotta alle malerbe non può però prescindere, almeno per il momento, dal mezzo chimico. Senza di esso, infatti, le agricolture avanzate non sarebbero, in gran parte, in grado nè di disporre della manodopera necessaria per effettuare gli interventi di scerbatura manuale nè di sostenere i costi che questa tecnica imporrebbe, mentre quelle in via di sviluppo sarebbero gravemente penalizzate nel loro tanto auspicato progresso economico e sociale. Le conseguenze che ne deriverebbero sono infatti facilmente immaginabili: nella prima situazione si determinerebbe un rilevate aumento dei prezzi dei prodotti agricoli, i quali risulterebbero accessibili, in alcuni casi, solo alla fascia dei consumatori dotata di maggior potere di acquisto, nei Paesi meno sviluppati si aggraverebbe ulteriormente l'insufficienza alimentare.

L'impiego dei diserbanti chimici richiede, ovviamente, il rispetto delle esigenze sanitarie e della compatibilità con l'ambiente, aspetti che, come noto, stanno assumendo crescente importanza nella scala dei valori. Al riguardo è necessario un impegno delle forze scientifiche e di quelle tecniche affinché vengano individuate, molecole a basse dosi di impiego e a limitato impatto ambientale e rese realmente applicabili tutte le possibili soluzioni in grado di ottimizzarne l'impiego. Parimenti, si richiede un'attenzione da parte degli organi legislativi alla armonizzazione delle normative sanitarie in accordo con le disposizioni internazionali, in modo da evitare incongruenze discriminatorie nei confronti degli erbicidi atte, solo, a suscitare ingiustificate ed emotive preoccupazioni nell'opinione pubblica.

BIBLIOGRAFIA

Abdul-Wahab A.S., Rice E.L.,1967. **Plant inhibition by Johnson grass and its possible significance in old field succession.** Bull. Torrey Bot. Club, 94, 486. (Citato da Duke, 1985).

A'Brook J., 1964. **The effect of planting date and spacing on the incidence of groundnut rosette disease and of the vector Aphis craccivora Koch., at Mokwa.** Northern Nigeria. Ann. of Appl. Biol., 54, 199-208.

Altieri M.A., 1981. **Crop-weed-insect interactions and the development of pest-stable cropping systems.** In Pest Patogens and Vegetation. Ed. J.M. Thresh. Pitman Publishing Inc., 459-466.

Atkinson G.C., Hartley M.J., 1972. **Damage caused to lambs by barley grass.** Proc. 25 th New Zealand Weed and Pest Control Conf., 29-33.

Auld B.A., Tisdell C.A., 1986. **Impact assessment of biological invasions.** Ecology of Biological Invasions. (Citato da Auld et al., 1987).

Auld B.A., Mentz K.M., Tisdell C.A., 1987. **Weed Control Economics.** Academic Press, London.

Baker F.T., Ketteringham I.E., Bray S.P.V.& White J.H., 1942. **Observations on the biology of the carrots (Psila rosae F.) assembling and oviposition.** Annals of Appl. Biology., 29, 115-125. (Citato da Wainhouse D. et al., 1981)

Balschun H., Jacob F., 1972. **Über die zwischenartichle konkurrenz von Linum usitatissinum L. und Camelina Arten..** Flora, 161, 129-172.

Banes J.P., Putnam A.R., 1983. **Rye residues contribute weed suppression in no tillage cropping sistems.** J. Chem. Ecol., 9, 1045.

Barralis G., 1972. **Cours de Malherbologie: Ecologie des Mauvaises Herbes et Groupement Adventice des Cultures.**

Bartels W., Von Eicken S., 1972. **Pflanzenschutz und Schädlingsbekämpfungsmittel, gegenwärtiger stand. Tendenzen und Alternativen.** Chem. Labor. Betr., 23, 64-73, 110-117.

Bell D.T., Koeppe D.E., 1972. **Non competitive effects of giant foxtail on the growth of corn.** Agron. J., 64, 321.

Bellini P., Tano F., Sparacino A.C., 1978. **Diserbo chimico ed evoluzione floristica di un ladinaio nel piano irriguo lombardo.** L'Informatore Agrario, XXXIV, 33, 2655-2669.

Bianco V.V., 1977. **Influenza del ritardo della sarchiatura sulle caratteristiche produttive del Finocchio. Stato attuale della lotta alle malerbe nelle colture orticole.** S.I.L.M.. Bologna, 197-201.

Black C.C., Chen T.M., Brown R.H., 1969. **Biochemical basis for plant competition.** Weed Science, 17, 3, 338-344.

Bonciarelli U., 1982. **Competizione, regolarità di distribuzione delle piante e produzione individuale.** L'Informatore Agrario, XXXVIII, 3, 18963-18967.

Boncquet P.A., Stahl C.F., 1917. **Wild vegetation as a source of curly-top infection of sugar beets.** J. of Econ. Entomol., 10, 392-397.

Bos L., 1981. **Wild plants in the ecology of virus diseases.** In Plant Diseases and vectors: Ecology and Epidemiology. K. Maramorosch & K.F. Harris. Academic Press., 1-28.

Büchel K.H., 1983. **Die Zukunft der Chemie in der Landwirtschaft.** Ber. Landwirtschaft. Sonderh., 61, 382-399.

Cantele A., 1989. **Colchicum autumnale L.. Studio dell'accrescimento nell'ambiente alpino.** Agricoltura Ricerca, 94, 31-42.

Catizone P.; Toderi G., 1974. **Effetti di competizione dell'avena spontanea (Avena ludoviciana Dur.) sul frumento in funzione di livelli crescenti di infestazione e di alcuni fattori agronomici.** Rivista di Agronomia, 2/3, 116-123.

Catizone P., 1988. **La difesa delle piante infestanti.** In Fitofarmaci, Igiene e ambiente, 50-61.

Caveness F.E., 1967. **Shadehouse host ranges of some Nigerian nematodes.** Plant Disease Reporter, 51, 33-37.

Caussanel J.P., Barralis G., 1973. **Les phénomènes de concurrence entre végétaux.** C.R. 4° Coll. Intern. Ecol. Biol. Mauvaises Herbes. Columa, Marseille, 202-238.

Caussanel J.P., Kunetsch G., 1972. **Etude qualitative et quantitative des inhibiteurs de croissance présents dans les exudats de racines de chenopode blanc (Chenopodium album) au debut de sa floraison, en culture hydroponique et sous conditions contrôlees.** Z. Pfanzenphysiol, 93, 229-243.

Caussanel J.P., 1989. **Nuisibilité et seuils de nuisibilité des mauvaises herbes dans une culture annuelle: situation de concurrence bispécifique.** Agronomie, 9, 219-240.

Chancellor R., Peters C.B., 1976. **Competition between wild oats and crops.** In Wild Oats In World Agricolture (D. Price-Jones eds) ARC. London, 99-112.

Chisaka H., 1977. **Weed Damage to Crops: Yield Loss due to Weed Competition.** Integrated Control of Weeds (J.D. Fryer and Matsunaka eds). Univ. of Tokyo Press, Tokyo, 1-16.

Clare R.W., 1980. **Cost effectiveness of weed control in British cereal growing.** Proc. British Crop Protection Conf. - Weeds, 3, 777-786.

Colton C.E., Einhelling F.A., 1980. **Allelophatic mechanisms of velvet-leaf (Abutilon theophrasti Medic., Malvaceae) on soybean.** Ann. J. Bot., 67,407.

Conrad J.P., 1927. **Some causes of the injurious after effects of sorghum and suggested remedies.** J. Am. Soc. Agron., 19, 1091. (citato da Duke, 1985).

Conti M., 1981. **Wild plants in the ecology of hopper-borne viruses of grasses and cereals.** Pest Patogens and Vegetation. (ed. J.M. Thresh) Pitman Publishing Inc., 109-119.

Coppock L.J., 1974. **Notes on the biology of carrot fly in eastern England.** Plant Pathology, 23,93-100.

Cornish P.S., Beale J.A., 1974. **Vegetable fault and grass seed infestation of sheep in New South Wales.** J. Aust. Inst.

agric. Sci., 40, 261-267. (Citato da Auld et al., 1987).

Cousens R., Peters N.C.B., Marshall C.J., 1984. **Models of yield loss-weed density relationships.** Proc. 7th Int. Symp. on Weed Biology, Ecology and Systematics, Paris, 367-374.

Cousens R., 1985. **A simple model relating yield loss to weed density.** Ann. Appl. Biol., 107, 239-252.

Cousens R., Wilson B.J., Cussans G.W., 1985. **To spray or not to spray: The theory behind the pratice.** Proc. British Crop Protection Conf. - Weeds, 2, 671-678.

Cousens R., Moss S.R., Cussans G.W., Wilson B.J., 1987. **Modelling weed populations in cereals.** Reviews of Weed Science. Vol. 3. Weed Sci. Soc. Am. Champaign. Illinois.

Covarelli G., Raggi V., 1971. **L'influenza del diserbo sulla resa quantitativa e qualitativa del peperone.** Esec. Acc. Agr. di Pesaro, Serie III Vol. V. 207-242.

Covarelli G., Cantele A., Catizone P., Sparacino A., Tei F., Vazzana C., Zanin G., 1983. **Le erbe infestanti fattore limitante la produzione agraria.** ATTI S.I.L.M. Perugia 11-107.

Covarelli G., 1984. **Lotta alle malerbe.** Edizioni Rux. Perugia.

Cramer H.H., 1967. **La protection des plantes et des récoltes dans le monde.** Pflanzenschutz Nachr., Bayer, 20, 1-524.

Cromartie W.J., 1975. **The effect of stand size and vegetational background on the colonization of cruciferous plants by herbivorous insects.** J. of Appl. Ecol., 6, 339-345.

Currie J.M., Murphy J.A., Schmitz A., 1971. **The comcept of economic surplus and its use in economic analysis.** Econ. J., 81, 741-799.

Cussans G.W., Cousens R.D., Wilson B.J., 1986. **Thresholds for weed control: The concepts and their interpretation.** Proc. E.W.R.S. Sympos. Econ. Weed Control, Hohenheim, 253-260.

Dekker J., Meggitt W.P., 1983. **Interference between velvetleaf (Abutilon theophrasti Med.) and soybean (Glycine max L. Merr.).** I Growth. Weed Research, 23, 91-101.

Dew D.A., 1972. **An index of Competiton for estimating crop loss due to weeds.** Can. J. Plant Science, 52, 921-927.

Dietl W., 1982. **Weeds of pastures and meadows in European Alps.** In Biology and Ecology of weed. (W. Holzner and Numata ed.). Junk Puplishers, 375-385.

Dinoor A., 1974. **Role of wild and cultivated plants in the**

epidemiology of plant diseases in Israel. Ann. Rev. Phytopat., 12, 413-436.

Donald C.M., 1963. **Competitiom among crops and pasture plants.** Adv. in Agronomy, 15, 1-118.

Doolitte S.P., Gilbert W.W., 1919. **Seed transmission of cucurbit mosaic by the wild cucumber.** Phytopathology, 9, 326-327.

Dosland J., Arnold J., 1966. **Leaf area development and dry matter production of wheat and wild buckwheat growing in competition.** Abstracts of the Meeting of the Weed Society of America, 56.

Duffus J.E., 1971. **Role of weeds in the incidence of virus diseases.** Ann. Rev. of Phitopat., 9, 319-340.

Duffus J.E., 1980. **Curly top virus control.** Proceeding of the XI th International Congress on Plant Protection. Minneapolis. Burgess Publishing Company.

Duke S.O., 1985. **Weed Physiology.** Vol. I. Reproduction and Ecophysiology CRC Press, 133.

Duke S.O., 1986. **Naturally occurring chemical compounds as herbicides.** Reviews of Weed Science, vol. 2. Weed Sci. Soc. Am. Champaign Illinois, 15-44.

Dutt T.E., Harvey R.G., Fawcett R.S., Jorgensen N.A., Larsen H.J., Schlough D.A., 1979. **Forage quality and animal performance as influenced by quackgrass control in alfalfa with pronamide.** Weed Sci., 27, 127-132.

Dutt T.E., Harvey R.G., Fawcett R.S., 1982. **Feed quality of hay containing perennial broad leaf weeds.** Agron. J., 74, 673-676.

Eastop V.F., 1981. **The wild hosts of aphid pestes.** In Pest Pathogens and Vegetation. J.M. ed. Pitman Publishing Inc., 285-298

Ellern S.J., Harper J.L., Sagar G.R., 1970. **A comparative study of the distribution of the roots of Avena fatua and Avena strigosa in mixed stands using 14C labelling technique.** J. Ecol., 58, 865-868.

Elliot J.G., 1980. **The economic significance of weeds in the harvesting of grain.** Proc. British Crop Protection Conf. - Weeds, 3, 787-797.

Eue, L., 1985. **World challenges in weed science.** Weed Science, 34,155-160.

Everist S.L., 1981. **Poisonous plants of Austalia.** Revised Ed., Angus and Robertson, Sydney.

F.A.O., 1985. **Production Yearbook.**

Fawcett R.S., Harvey R.G., Schlough D.A., Black I.R., 1978. **Quackgrass control in established alfalfa with pronamide.** Weed Sci., 26, 193-198.

Ferrari C., Baldoni G., Tei F., 1987. **Lo studio della vegetazione infestante le colture agrarie.** Atti Convegno S.I.L.M. Milano.

Ferrero A., 1989. **Il controllo delle specie spontanee in foraggicoltura.** Informatore Fitopatologico, 3, 17-28.

Ferrero A., Federici D., Kondo G., 1989. **Caratteristiche chimico-bromatologiche di alcune essenze spontanee.** Atti del XLIII Convegno Nazionale della Società Italiana delle Scienze Veterinarie. Pisa.

Flunker L.K., Damron B.L., Sundlof S.F., 1987. **Jimson weed seed contamination of broiler chick white leghorn hen diets.** Nutrition Rep. Int., 36, 551-556.

Foti S., 1975. **Aspetti agronomici della competizione tra le piante erbacee.** Riv. Agronomia, 2-3, 81-93.

Frier J.D., 1981. **Weed control pratices and chancing weed problems.** In Pests, Pathogens and Vegetation (J.M. Thresh ed.) Pitman Advanced Publishing Program, 403-414.

Friesen G., Shebeski L.H., Robinson A.D., 1960. **Economic losses caused by weed competition in Manitoba grain fields. II. Effect of weed competition on the protein content of cereal crops.** Can. Journal Plant Sci., 40, 652-658.

Fuerst E.P., Putnam A.R., 1983. **Separating the competitive and allelopathic componentes of interference: theoretical principles.** J. Chem. Ecol., 9, 937-944.

Gaeumann E., 1951. **Pflanzliche Infektionlehre.** Verlag Burkhaeuser Basel. (Citato da Palti, 1981).

Gaeumann L., 1951. **Weeds and crops disease.** (Citato da Palti, 1981).

Garburg W., Heitefuss R., 1965. **Untersuchungen zur Ermittlung von ökonomischer Schadnesschwellen und Bekampfungsschwellen von Unkräuten in Getreide. Z. Pfanzenkr.** Pflanzenschutg, 7, 71-77.

Gerechter-Amitai Z.K., 1973. **Stern rust, Puccinia graminis Pers. on coltivated and wild grasses in Israel.** PhD Thesis Hebrew University, Jerusalem. (Citato da Palti, 1981).

Gill L.S., Hawkesworth F.E., 1961. **Misletoes, a Literature Rewiew**

USDA Tech. Bull., 1242.

Glauninger J., Holzner W., 1982. **Interference between weeds and crops: a review of litterature.** In Biology and Ecology of weeds (W. Holzner, M. Numata, eds) W. Junk, La Hay, 149-159.

Gwynne C.D., Murray R.B., 1985. **The biology of weeds.** In Weed Biology and Control in Agriculture and Horticulture, 27, 39.

Grummer G., Beyer H., 1960. **The influence exerted by species of Camelina on flax by means of toxic substances.** In Biology of Weeds. Academic Press, London, 153-157.

Guenzi W.D., Mc Calla T.M., Norstadt F.A., 1967. **Presence and persistence of phytotoxic substances in wheat, oats, corn and sorghum residues.** Agronomy J., 59, 163-165.

Haizel K.A., 1972. **The canopy-relationship of pure and mixed populations of barley (Hordeum vulgare L.) white mustard (Sinapis alba L.) and wild oats (Avena fatua L.).** J. of Appl. Ecol., 9, 589-600.

Hartley M.J., James T.K., 1979. **Cost benefit of selective control of Californian thistle in pasture.** Proc. 32nd New Zealand Weed & Pest Control Conf., 245-249.

Hatch M.D., Slak C.R., 1966. **Photosynthesis by sugarcane leaves. A new carboxylation reaction and the pathway of sugar formation.** Biochem. J., 101-103.

Heitefuss R., Gerowitt B., Wahamoff W., 1987. **Developement and implementation of weed economic thresholds in the F.R. Germany.** Proc. British Crop Protect. Conf. - Weeds, 4, 1025-1034.

Hidiroglou M., Knutti H.J., 1963. **Effects of green tall buttercup in roughage growth and health of beef cattle and sheep.** Anim. Science, 49, 68-71.

Hirata K., 1966. **Host range and geographical distribution of the powdery mildews.** Nigata Univ., (Citato da Palti, 1981).

Hogger C.H., Bird G.W., 1976. **Weed and indicator hosts of plant parasitic namatodes in Georgia cotton and soybean fields.** Plant Desease Reporter, 60, 223-226.

Holm R.G., Pluchnett D.L., Pancho J.V., Herberger J.P., 1977. **The World's Worst Weeds. Distribution and Biology.** University Press. Honolulu, Hawaii.

Holm L.G., 1978. **Some characteristics of weed problems in two worlds.** Proc. West. Soc. Weed. Sci., 3-12. (Citato da Radosevich et al., 1984).

Hooper D.J., Stone A.R., 1981. **Role of wild plants and weeds in**

the ecology of plant parasitic nematode. In Pest, Pathogens and Vegetation (J.M. Thresh ed.). Pitman Advanced Publishing Program, 199-215.

Hufschmidt M., James D., Meister A., Bower B.T., Dixon J.A., 1983. **Environment, natural system and development: an economic valuation guide.** Johns Hopkins University Press, Baltimore.

Jarvis R.H., Clapp J.T., 1981. **Effect of different herbicide and cropping sequences on the population dynamics of wild oats (Avena spp.) and on yield of wheat and barley.** Expl. Husb., 37, 133-143. (Citato da Gwynne et al., 1985. 98-112).

Jones R.A.C., 1981. **The ecology of viruses infecting wild and cultivated potatoes in the Andean region of South America.** In Pests, Pathogens and Vegetation. J.M. Thresh. Pitman Advanced Publishing Program, 89-107.

Kemmer A., Hurle K., 1984. **Überprüfung wirtschafttlicher Schadenssch wellen am Beispiel Ackerfuchsschwanz in Winterweizen.** Z. Pflkrankh. Pflschutz, 10, 175-180. (Citato da Caussanel, 1989).

King L.J., 1966. **Harmful aspects of weeds. Weeds of the World** Interscience Publishers Inc., New York, 91-107.

Kingsbury J.M., 1964. **Poison Plants of the United States and Canada.** Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J..

Koch W., 1967. **Untersuchungen zur konkurrenzwirkung von kulturpflanzen und unkaütern aufeinander. II Schadwirkung von Samenunkraütern auf Getreide.** Weed Research, 7, 1, 22-28.

Kraus P., 1988. **Global pest management in the future. In Pesticides: Food and environmental implications.** Proceedings International Symposium held in Neuherberg. November 1987. International Atomic Energy Agency. Vienna.

Kremer F.W., 1983. **Moderner Pflanzenschutz.** Sicherung der Ernährung der Weltbevölkerung, Forum-Fond der Chemischen.

Kuijt J., 1969. **The Biology of Parasitic Flowering Plants.** University of California Press. Berkeley C.A..

Lamberti F., Taylor C.E., Seinhorst J.W., 1979. **Nematode Vectors of Plant Viruses.** London, Plenum.

Liebl R.A., Worsham D., 1983. **Inhibition of pitted morning glory (Ipomoea lacunosa L.) and certain other weed species by phytotoxic components of wheat (Triticum aestivum L.) straw.** J. Chem. Ecol., 9, 1027-1043.

Loomis L.C., Wilson W.E., 1953."**Botany" Holt, Rinehart and**

Winston. New York. (Citato da Muzik, 1970).

Lovett J.V., Jakson H.F., 1980. **Allelopatic activity of Camelina sativa (L.) Crantz in relation to the phyllosphere bacteria.** New Phytol., 86, 273-277.

Mc Calla T.M., Haskins F.A., 1964. **Phytotoxic substances from soil microrganisms and crop residues.** Bacterial Rev., 28, 181.

Mac Williams J.R., Kramer P.J., 1968. **The nature of the perennial response in Mediterranean grasses.** I-Water relations and survival in Phalaris. Aust. J. Agric. Res., 19, 381-395.

Madeira J., Dordio M.F., Mira R.S., Lopes S., 1984. **Population level and concurrence of wild oats (Avena sterilis ssp. sterilis) in weath fields in Portugal.** 461-468. 3° Symp. sur les mauvaises herbes et le désherbage dans le Bassin Méditerranéen, E.W.R.S., Oeiras, Portugal.

Malcom C., Shurtleff, 1983. **Compendio sulle malattie del mais.** Edagricole, 68-69.

Mantle P.G., Shaw S., Doling D.A., 1977. **Role of weed grasses in the aetiology of ergot disease in wheat.** Annals of Applied Biology, 86, 339-351.

Mantle P.G., 1987. **Effects of weed grasses on the ecology and distribution of ergot (Claviceps purpurea).**

Marra M.C., Carlson G.A., 1983. **An economic threshold model for weeds in soybeans (Glycine max).** Weed Science, 31, 604-639.

Marshall E.J.P., 1987. **Using decision thresholds for the control of grass and broad-leaved weeds at the Boxworth E.H.F..** Proc. British Crop Protect. Conf.-Weeds, 4, 1059-1066.

Marten G.C., Andersen R.N., 1975. **Forage nutritive value and palatability of 12 common annual weeds.** Crop Sci., 15, 821-827.

Martin R.J., 1975. **A review of carpet grass (Axonopus affinis) in relation to the improvement of carpet grass based pasture.** Tropical Grassland, 9, 9-19. (Citato da Auld et al., 1987)

Medd R.W., Auld B.A., Kemp D.R., 1985. **The influence of wheat density and spatial arrangement on annual rye grass, Lolium rigidum Gaud. competition.** Aust. J. Agric. Res., 36, 361-371. (Citato da Auld et al., 1987).

Mendel W.E., Witt M.R., Gitchell B.S., Gribble D.N., Rogers Q.R., Segall H.E., Knight H.D., 1988. **Pyrrolizidine alkaloid-induced liver disease in horses: an early diagnosis.** Ann. J. of Vet. Res., 49, 572-578.

Molisch H., 1937. **Der einfluss einer pflanze auf die andere. Allelopatie.** G. Fischer, Jena, 1937. (Citato da Duke, 1985).

Muenscher W.C., 1955. **Dissemination and importance of weeds.** In Weeds. The Mac Millan Company, 3, 35.

Muller C.H., Muller W.H., Haines B.L., 1964. **Volatile growth inibitors produced by shrubs.** Science, 143-471.

Muller C.H., 1965. **Inhibitory terpenes volatilized from Salvia shrubs.** Bull. Torrey Bot. Club, 92, 38. (Citato da Duke, 1985).

Murphy T.R., Gosset B.J., 1981. **Influence of shading by soybeans (Glycine max) on weed soppression.** Weed Science, 29, 5, 610-615.

Musselman L.J., 1982. **Parasitic weeds of arable land.** In Biology and Ecology of weeds (Holzner & M. Numata eds). W. Junk, La Haye, 175-185.

Muzik T., 1970. **Weeds in relation to man.** In Weed Biology and Control. Mc Graw-Hill Inc..

Oliver L.R., 1979. **Influence of soybean (Glycine max) planting date on velvet leaf (Abutilon theophrasti) competition.** Weed Science, 27, 183-188.

O'Sullivan P.A., Kossatz V.C., Weiss G.M., Dew D.A., 1982. **An approach to estimating yield loss of barley due to Canada thistle.** Can. Plant Science, 62, 725-731.

Palti J., 1981. **Cultural practises and infectious crop diseases.** Springler Verlag, 66, 72.

Parker C., Fryer J.D., 1975. **Weed control problems causing major reductions in world food suplies.** FAO Plant Prot. Bull., 23, 83-95.

Parma A., Ferrero A., 1976. **Kerb, per il diserbo dei trifogli.** L'Informatore Agrario, 38.

Pavlycenko T.K., Harrington G.B., 1934. **Competitive efficiency of weeds and cereal crops.** Can. J. Res., 10, 77-94.

Peters N.C.B., 1985. **Competitive effects of Avena fatua L. plants derived from seeds of different weights.** Weed Research, 25, 67-77.

Pollard E., 1971. **Hedges VI. Habitat diversity and crop pests: a study of Brevicoryne brassicae and its syrfid predators.** J. of Appl. Ecol., 8, 751-780.

Potts G.R., 1970. **The effects of use of herbicides in cereals on the feeding ecology of the partridge.** Proceeding of the 10

th British Weed Control Conference, 299-302.

Predicast Inc., 1980. **World Food 1995.** Cleveland OH.

Putnam A.R., 1983. **Weed allelopaty.** (Citato da Duke, 1985).

Radosevich S.R., Holt J.S., 1984. **Weed ecology. Implications for Vegetation Management.** John Wiley and Sons.

Reeves T.G., 1976. **Effect of annual ryegrass (Lolium rigidum) on wheat yield.** Weed Research, 16, 57-63.

Rice E.L., 1974. **Allelopaty.** Academic Press, New York.

Salisbury E.J., 1961. **Weeds and aliens.** Collins, London.

Schreiber M.M., Williams J.L., 1967. **Toxicity of root residues, of weed grass species.** Weed Res., 3, 205.

Schreiber I.M. 1973. **Weed control in forages.** Forages, 3rd edition. The Iowa State University Press.

Scragg E.B., 1980. **Cost-effective weed control in spring barley in the north of Scotland.** Proc. 1980 British Crop Protection Conf.-Weeds, 69-76.

Sewell G.W.F., 1981. **Effects of Pythium species on the growth of apple and their possible casual role in apple replant disease.** An. of Appl. Biol., 97, 31-42.

Shetty S.V.R., Sivakumar M.V.K., Ram S.A., 1982. **Effect of shading on the growth of some common weeds of semi-arid tropics.** Agronomy J., 6, 1023-1029.

Smith J.G., 1976. **Influence of crop background on aphids and other phytophagous insects on brussel sprouts.** Annals of Appl. Biol., 83, 1-13.

Snaydon R.W., 1982. **Weeds and crop yield.** Proc. British Crop Protection Conf.-Weeds, 729-739.

Stahler L., 1948. **Shade and soil moisture as factors in competition between selected crops field bindweed (Convolvulus arvensis).** J. Amer. Soc. Agron., 40, 490-502.

Southwood T.R.E., Cross D.J., 1969. **The ecology of the partridge III. Breeding success and the abundance of insects in natural habitats.** J. of An. Ecol., 38 497-509.

Stählin A., 1969. **Gütezahlen von Pflanzenarten in frieschen Grundfutter.** Dlg. Verlag Frankfurt, 152-155

Temme D.G., Harvey R.G., Fawcett R.S., Young A.V., 1979. **Effect of annual weed control on alfalfa forage quality.** Agron. J., 71, 51-54.

Tisdell C.A., 1982. **Microeconomics of Markets.** John Wiley, Brisbane.

Thresh J.M., 1981. **The role of weeds and wild plants in the epidemiology of plant virus diseases.** In Pest, Pathogens and Vegetation. J.M. Thresh. Pitman Advanced Publishing Program, 53-70.

Thurston J.M., 1982. **Wild oats as succesful weeds.** In Biology and Ecology of Weeds (W. Holzner and Numata ed.). W. Junk. La Haye, 191-199.

Trenbath B.R., Harper J.L., 1973. **Neighbour effects in the genus Avena. I. Comparison of crop species.** J. of Appl. Ecol., 10, 379-400.

Tukey H.B. Jr., 1966. **Leaching of metabolites from above ground plant parts and its implications.** Torrey Bot. Club, 93, 385. (Citato da Duke, 1985).

Van Emdem H.F., 1970. **Insects, weeds and plant health.** Proceedings of the 10th British Weed Control Conference, 3, 953-957.

Vanderplank J.E., 1963. **Plant Diseases: Epidemics and Control.** New York. Academic Press.

Verona P.L., 1974. **Piante tossiche o dannose agli animali.** Edagricole.

Vickerman G.P., 1974. **Some examples of grass weed control on the arthropod fauna of cereals.** Proceedings of the 12 th British Weed Control Conference, 3, 929-939.

Viggiani P., 1988. **Malerbe in foraggicoltura: piante dannose o tossiche per il bestiame.** Informatore Fitopatologico, 11, 30-39.

Viggiani P., 1988. **Malerbe in foraggicoltura: piante coriacee, spinose e non appetite.** Informatore Fitopatologico, 12, 25-34.

Vinduska L., 1972. **Number of generations of Heterodera schachtii Schmidt on winter rape and on weeds.** Ochrana Rostlin, 8, 207-210. (Citato da Hooper et al., 1981).

Wahl I., Eshed, Nava, Segal A., Sobel Z., 1978. **Significance of wild relatives of small grains and other wild grasses in cereal powdery mildews.** In the Powdery Mildews. D.M. Spencer. Academic Press, 84-100.

Wainhouse D., Coaker T.H., 1981. **The distribution of carrot fly (Psila rosae) in relation to the flora of field boundaries.** Pest, Patogens and Vegetation. Ed. J.M. Thresh. Pitman

Plubishing Inc., 263-272.

Watkinson A.R., 1981. **Interference in pure and mixed populations of Agrostemma githago.** J. Appl. Ecol., 18, 967-976.

Way M.J., Cammell M.E., 1973. **The problem of pest and diseases forecasting-possibilities and limitation as esemplified by work on the bean aphid, Aphis fabae.** Proceedings of the 7th British Insecticide and Fungicide Conference, 3, 933-954.

Way M.J., Cammell M.E., 1981. **Effects of weeds and weed control on invertebrate pest ecology.** In Pests, Pathogens and Vegetation (J.M. Thresh ed.). Pitman Advanced Publishing Program, 443-458.

Weed control handbook: principles: 1982. Issued by the British Crop Protection council. (Roberts Blackwell Scientific Publications).

Wheeler B.E.J., 1981. **The ecology of plant parasitic fungi.** In Pests, Pathogens and Vegetation (J.M. Thresh ed.). Pitman Advanced Publishing Program, 131-142.

Wimschneider W., Bachthaler G., 1979. **Untersuchungen über die Lichtkonkurrenz zwischen Avena fatua L. und verschiedenen Sommerweizensorten.** Proc. E.W.R.S. Sympos. Influence of different factors on the development and control of weeds. Mayence, 249-256.

Zem A.C., 1977. **Informacoes preliminares sobre os nematoides que se hospedam em plantas invasoras.** II Reuniao de Nematologia, Sociedade Brasileira de Nematologia. Publicacao n° 2. 45-48. (Citato da Hooper et al., 1981).

Zimdahl R.L., 1980. **Weed Crop Competition: a Review.** Int. Plant. Protection-Centre (IPPC), Corvallis, Oregon State Univ..

POSSIBILITA' E LIMITI DEL CONTROLLO AGRONOMICO DELLE ERBE INFESTANTI

Gino Covarelli*

Introduzione

I diversi interventi agronomici hanno sempre contribuito, direttamente o indirettamente, e ciascuno con diversa entità, ad eliminare o contenere la nascita e lo sviluppo delle erbe infestanti.

Il reperimento e l'uso dei diserbanti chimici, relativamente recenti, hanno fatto perdere un pò d'importanza alla lotta agronomica che invece dobbiamo riconsiderare, evidenziandone tutti gli aspetti, per cercare di ridurre l'apporto chimico nell'agroecosistema a causa degli inconvenienti veri o, più spesso, presunti tali dovuti al loro impiego.

Anche se i diserbanti costituiscono circa un terzo dei fitofarmaci usati in Italia pari al 7‰ dei prodotti chimici usati nelle diverse attività dell'uomo, non si deve lasciare nulla di intentato per ridurre questo quantitativo.

Avvicendamento delle colture

L'avvicendamento colturale, cioè l'alternanza nel tempo di colture agrarie diverse nello stesso appezzamento, è indubbiamente la pratica agronomica che più di ogni altra può consentire di ridurre la presenza delle erbe infestanti nel terreno e di conseguenza l'impiego del diserbo chimico.

La sua importanza si può così sintetizzare:

1) Il più importante effetto esercitato dalla rotazione sulla flora infestante è il mantenimento di una composizione floristica equilibrata costituita cioè da numerose specie, singolarmente con basse frequenze e nel complesso poco competitive. Inoltre una flora equilibrata è più stabile in quanto si oppone all'inserimento delle specie ruderali, esotiche e all'insediamento di una flora di compensazione o sostituzione.

* Professore Ordinario di Lotta alle Malerbe presso l'Istituto di Agronomia Generale e Coltivazioni Erbacee, Università degli Studi di Perugia.

La monosuccessione colturale, invece, porta ad una semplificazione della composizione floristica cioè ad infestazioni costituite da una predominanza di poche specie ma molto abbondanti, sviluppate e competitive. Una monocoltura di cereali invernali, per esempio, favorisce un forte aumento del contenuto di semi di graminacee infestanti (Fernandez-Quintanilla, Navarrete e Torner, 1984; Roebuch e Field 1978).

Le infestazioni oligospecifiche si vengono a formare poichè eseguendo sempre nello stesso appezzamento la stessa coltura si riportano in superficie alla stessa epoca e nelle stesse condizioni pedoclimatiche gli stessi semi di erbe infestanti; solo queste sono messe in condizioni di germinare per cui si seleziona nel tempo una flora infestante costituita da specie molto competitive, poichè generalmente nascono con la coltura (Grafico 1).

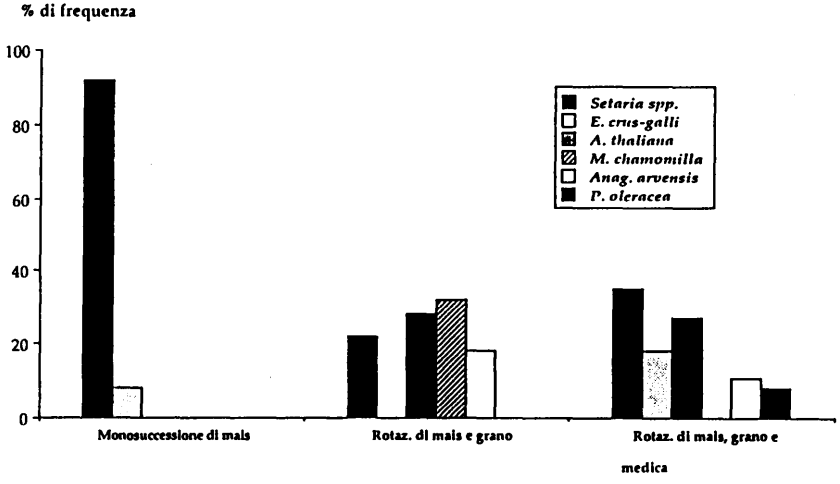


Grafico 1 - Composizione del contenuto di semi nel terreno a 0-15 cm di profondità (da Catizone, 1979)

L'eliminazione di queste specie è sempre più difficile e problematica in quanto sempre più spesso è necessario un doppio intervento.

Il ritorno, quindi, ad un appropriato avvicendamento delle colture ha lo scopo di ridurre l'infestazione attuale e quella potenziale e di rendere più semplice l'eliminazione delle malerbe con un solo trattamento diserbante soprattutto se costituito dalla miscela di più principi attivi (Barralis e Chadoeuf, 1976).

E' chiaro che se ad un trattamento dovesse sfuggire una specie poco rappresentativa o poco competitiva, di un'infestazione mista, sarebbe senz'altro meno dannoso e preoccupante che se dovesse sfuggire una specie molto abbondante e dominante.

Molte di queste malerbe disseminano prima del raccolto delle colture: giova ricordare, ad esempio, le infestazioni di codetta e di avena nel frumento, quando non esistevano gli specifici diserbanti graminicidi, e di sorgo d'Aleppo nel mais.

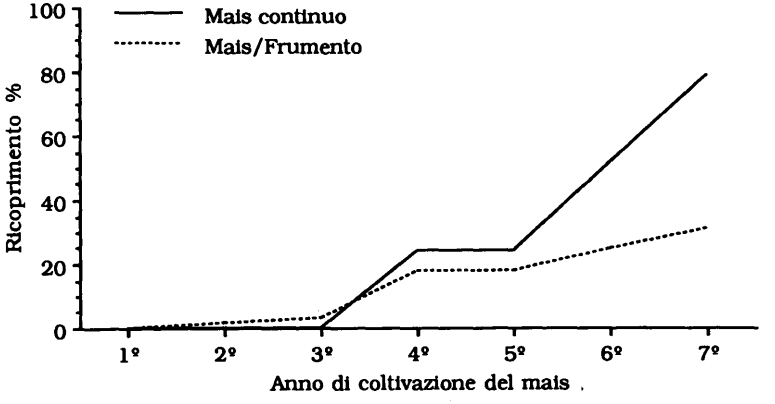
Questo problema può aggravarsi se all'interno della popolazione di malerbe sorgono problemi di resistenza: ricordiamo la selezione che si è costituita di alcuni ecotipi di amaranto, farinello ed erba morella nelle monosuccessioni di mais diserbato per lungo tempo con atrazina.

In particolare a livello genetico una flora si può definire equilibrata quando non si sono selezionate malerbe con gradi differenziali di resistenza e tolleranza agli erbicidi più comuni.

La rotazione colturale rende obbligatoria una rotazione dei prodotti erbicidi impiegati e di conseguenza rallenta l'insorgere di fenomeni di resistenza.

Va infine ricordato che su terreno seminato dopo una ridotta o mancata lavorazione, le colture in monosuccessione a semina primaverile, come il mais, subiscono un'infestazione di malerbe perennanti che possono essere la gramigna nell'Italia centrale ed il sorgo d'Aleppo nell'Italia settentrionale (Grafico 2).

GRAFICO 2. DIFFUSIONE DI GRAMIGNA IN UNA COLTURA DI MAIS SEMINATO SU TERRENO NON LAVORATO.



2) Con l'avvicendamento colturale, inoltre, si può non solo mantenere più equilibrata la flora infestante, ma anche evitare un incremento del contenuto di semi di malerbe nel terreno e, di conseguenza, dell'infestazione reale. In una prova sperimentale alternando per sei anni mais e frumento su terreno diserbato si è avuto al sesto anno un quantitativo di semi nei primi 30 cm di 19.300 a m^2 mentre con la monosuccessione di 24.500; la differenza, ovviamente, aumenta vistosamente nel terreno non diserbato dove nella coltura avvicendata si hanno 18.920 semi a m^2 contro i 55.800 della monosuccessione (Tabella 1).

Tab. 1 - Quantitativo di semi nei primi 15 cm di un terreno sottoposto a diverse rotazioni

Rotazione	Numero di semi a m^2	
	diserbato	non diserbato
m-m-m-m-m-m	24.500	55.800
f-m-f-m-f-m	19.300	18.920

Nella stessa prova al sesto anno sono emerse 422 piante a m^2 nel mais in monosuccessione e 161 in quello avvicendato con frumento (tabella 2) (Covarelli e Tei, 1988).

Tab. 2 - Numero totale di erbe infestanti a m su mais non diserbato al 6° anno della rotazione

Rotazione	n° piante a m^2
m-m-m-m-m-m	422
f-m-f-m-f-m	161

m= mais; f=frumento

3) L'avvicendamento colturale consente di programmare il controllo delle specie più difficili nelle colture in cui la lotta è più facile ed economica.

Così Sorghum halepense, difficile da eliminare nel mais, si elimina con relativa facilità nella soia con uno specifico graminicida privo di attività residuale; Cirsium arvense ed Equisetum arvense difficilmente eliminabili nella barbabietola da zucchero, si eliminano facilmente nel

frumento. Nelle prime colture l'impiego di diserbanti è senz'altro superiore che nelle seconde (Tabella 3).

Tabella 3. Diverse possibilità di eliminazione delle stesse erbe infestanti.

Erba infestante	Colture nelle quali è eliminabile	
	Difficilmente	Facilmente
Abutilon theophrasti	barbabietola, mais	mais, soia
Ammi majus	barbabietola, girasole	frumento, soia
Calystegia sepium	barbabietola, girasole	mais, frumento
Cirsium arvense	soia, barbabietola	frumento
Convolvulus spp.	soia, barbabietola	frumento, mais
Echinochloa crus-galli	riso	mais, soia
Sorghum halepense	mais	soia, barbabietola

4) L'avvicendamento colturale ostacolando inoltre l'insorgere di alcune fitopatie delle piante coltivate (mal del piede del frumento, rizomania della barbabietola, marciume radicale del tabacco, peronospora del girasole, ecc.), rende la coltura maggiormente competitiva nei confronti delle erbe infestanti e quindi, per la eliminazione di queste ultime sarà richiesto un minor quantitativo di erbicidi.

In particolare nella monosuccessione di frumento, al secondo anno di coltivazione, prima che s'instauri il parassita del mal del piede si ha una particolare suscettibilità delle colture ad essere sopraffate dalle erbe infestanti (Grafico 3).

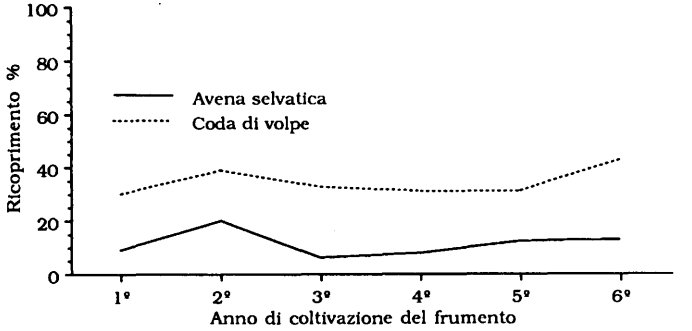


GRAFICO 3. INFLUENZA DEL MAL DEL PIEDE DEL FRUMENTO SULLO SVILUPPO DI ALCUNE ERBE INFESTANTI

5) Con l'avvicendamento colturale si può sfruttare l'allelopatia che

consiste nell'emissione da parte delle radici delle piante coltivate di essudati che deprimono la crescita di altre piante appartenenti a specie diverse: l'inserimento nella rotazione di piante (es. senape) dotate di queste caratteristiche riduce la successiva infestazione delle malerbe.

Lavorazioni

Le lavorazioni sono da sempre considerate uno dei più efficaci mezzi di controllo delle erbe infestanti, sulla cui crescita e sviluppo possono esercitare un'azione diretta e/o indiretta: la prima si esplica con l'eliminazione meccanica delle piante già nate, mentre la seconda dipende dal fatto che le lavorazioni, interrando più o meno in profondità i semi caduti sul terreno e riportando in superficie quelli precedentemente interrati, interagiscono sulla dormienza e la germinazione dei semi e perciò influenzano i ritmi e l'ammontare dell'emergenza delle plantule di malerbe.

Le relazioni tra lavorazioni e piante infestanti sono comunque tutt'altro che semplici potendo essere condizionate da numerosi fattori che riguardano le modalità di esecuzione delle lavorazioni (epoca, tipo di attrezzo, profondità ...), la biologia e l'ecologia delle malerbe interessate, la tecnica colturale adottata (interramento dei residui colturali, irrigazione, ...) e le condizioni pedo-climatiche in cui si opera.

1. Lavori preparatori

Sono quelli che vengono eseguiti nell'intervallo di tempo che passa tra la raccolta di una coltura e la semina della successiva. Il loro scopo principale è di "preparare" un buon letto di semina e creare condizioni adatte alla crescita della coltura successiva.

1.1. Aratura

L'aratura è il più tradizionale dei lavori preparatori. La sua azione diretta di controllo delle malerbe è legata all'eliminazione di quelle piante che nascono durante la fase finale del ciclo colturale o dopo la

raccolta, sui residui colturali: l'interramento delle malerbe, prima che queste terminino lo sviluppo, impedisce la loro disseminazione e quindi l'aumento della flora potenziale. Se le infestanti sono già abbastanza cresciute e l'aratura non può essere eseguita tempestivamente, è necessario eseguire un lavoro preliminare di trinciatura della vegetazione. Comunque, l'aratura evidenzia la sua massima utilità soprattutto quando i terreni sono infestati da malerbe perenni, con organi di propagazione sotterranea (rizomi, tuberi ...): il loro riporto in superficie con conseguente esposizione alla calura estiva ne favorisce il disseccamento e la devitalizzazione. Generalmente tali organi di moltiplicazione presentano dei rivestimenti squamosi suberificati che limitano le perdite di acqua, per cui un loro frazionamento li espone maggiormente alla disidratazione ed al disseccamento: è quello che è stato notato per esempio su Sorghum halepense (Mc Whorter e Hartwig, 1965). Non è comunque corretto pensare che sia solo il periodo estivo quello più idoneo a devitalizzare i rizomi in quanto questi, fuori dal terreno, hanno anche una scarsa resistenza al freddo come trovato in Sorghum halepense (Hull, 1970; Stoller, 1977), in Equisetum spp (Marshall, 1979; Williams, 1979) e in Agropyron repens (Stoller, 1977). Questo suggerisce l'utilità di portare in superficie i rizomi con lavorazioni autunnali e di lasciarli esposti ai rigori invernali (Zanin et al., 1985).

L'efficacia dell'aratura verso le malerbe perenni sembra condizionata oltre che dall'epoca anche dalla frequenza e dalla profondità a cui viene eseguita: in linea generale interventi frequenti (Hakansson, 1969; Mukula, 1963) e profondi (Kiselev e Sinyukov, 1972; Hakansson, 1967, 1968) riducono la propagazione e la vitalità degli organi di moltiplicazione e riescono ad interessare anche i tuberi o i frammenti di rizoma posti in profondità i quali hanno un ruolo importante per la rigenerazione di nuove piante su terreni disturbati superficialmente (Chwastek, 1966; Williams, 1974; Hakansson, l.c.; Baldoni, 1986).

L'aratura svolge sì un ruolo importante nel controllo delle malerbe perenni ma va altresì specificato che è da considerare per lo più un mezzo preventivo di lotta quando l'infestazione è ancora a bassi livelli e/o confinata ai bordi dei campi, mentre per poter avere risultati soddisfacenti su infestazioni elevate e ben insediate dovrebbe essere eseguita così frequentemente, anche in combinazione con altri tipi di lavorazione, da risultare spesso antieconomica.

L'interesse dell'aratura come fattore di influenza sulla popolazione infestante è però soprattutto legato alla sua azione sui rapporti tra flora potenziale (quantitativo di semi nel terreno) e flora reale. Tale azione, come già detto, è dovuta ai processi di interramento dei semi caduti sulla superficie del terreno e di riporto in superficie di quelli precedentemente interrati che, in funzione delle specifiche esigenze biologiche ed ecologiche, delle condizioni pedo-climatiche e del decorso stagionale, regolano, in modo alquanto variabile, la dormienza, la germinazione e l'emergenza delle diverse malerbe.

Questo è sufficiente per capire come le relazioni "aratura-semi-plantule" siano complesse e di non sempre facile comprensione e previsione.

Negli ultimi anni, sotto la spinta di esigenze energetiche, agronomiche e ambientali, sono state introdotte nuove tecniche di lavorazione in alternativa all'aratura tradizionale: queste tecniche hanno permesso una consistente riduzione dei consumi, un incremento delle capacità lavorative con trascurabili riduzioni della produzione delle colture (Bonciarelli, 1985).

Uno degli aspetti che sembra invece condizionare l'applicazione generalizzata di queste tecniche è la nascita elevata e talvolta imprevedibile delle malerbe (Toderi e Bonari, 1986): la comprensione dei meccanismi che regolano la distribuzione nel terreno dei semi e l'emergenza delle plantule è perciò fondamentale affinchè i lavori preparatori, qualunque essi siano, possano essere eseguiti razionalmente anche con l'obbiettivo di controllare lo sviluppo delle erbe infestanti.

1.2. Minimum tillage e aratura: azioni differenziali sulla flora infestante.

I diversi tipi di lavorazioni preparatorie sembrano influenzare la flora infestante soprattutto poichè determina una diversa distribuzione verticale dei semi nel terreno. La distribuzione e concentrazione lungo il profilo dipende essenzialmente dalla profondità della lavorazione e dal modo di funzionamento degli organi lavoranti (rovesciatori, discissori, rimescolatori . . .).

Generalmente le plantule si originano da semi posizionati negli strati superficiali: Froud-Williams et al. (1984) in uno studio condotto su 16 specie infestanti hanno trovato che la maggior parte dei germinelli

emergevano da profondità inferiori ai 5 cm, mentre a profondità superiori o i semi non germinavano oppure emergevano solo poche specie con capacità elevate di allungamento della plantula (Avena spp., per esempio).

I semi posti sulla superficie del terreno subito prima delle lavorazioni possono comportarsi differentemente da quelli lasciati in posto per lungo tempo (Moss, 1988): per esempio i semi di A. myosuroides possono essere infossati nel terreno anche dalle piogge (Moss, 1987) e questo può condizionare i successivi movimenti ad opera della lavorazione. E' anche possibile che semi che abbiano meccanismi di "auto-interramento" (es. Avena spp.) possano reagire diversamente.

In linea generale comunque più profonda è la lavorazione, maggiore è l'interramento dei semi e quindi la loro diluizione su uno strato più grande di suolo.

A parità di profondità di lavorazione l'aratura presenta una superiore capacità di interramento dei semi, rispetto alla discissura che invece tende a concentrarli maggiormente negli strati superficiali (Tab. 4).

Tab. 4 - Effetto del tipo di lavorazione sull'interramento dei semi di malerbe caduti in superficie (da Moss, 1988; modificato).

Profondità cm	% sul totale	
	aratura * a 20 cm	discissura* a 20 cm
0 - 5	1	70
5 - 10	4	23
10 - 15	45	5
15 - 20	50	2

* seguite da erpicatura con erpice a denti rigidi a 5-10 cm

L'aratura riesce perciò ad interrare al di sotto dei primi 5 cm più del 90% dei semi caduti in superficie: tali dati sono confermati anche da altri lavori (Rottele e Koch, 1981; Knab e Hurle, 1986). Generalmente l'interramento è risultato più profondo in terreni sabbioso-limosi che in quelli argillosi. Si stima inoltre che l'esecuzione successiva di un'altra aratura riporti nei primi 5 cm di terreno una quota di semi variabile dal 29 al 42% (Moss, 1988; Rottele e Koch, 1981; Knab e Hurle, 1981) di

quelli inizialmente caduti sulla superficie e poi interrati. L'effetto delle arature è perciò quello di concentrare inizialmente i semi in profondità, ma successivamente di distribuirli, grazie all'opera continua di rovesciamento del terreno, abbastanza uniformemente lungo il profilo interessato dalla lavorazione.

La discissura del terreno a 20 cm e successiva erpicatura leggera (10 cm) con strumenti a denti risultano, dalle ricerche prima riportate, essere molto meno efficienti nell'incorporamento dei semi. Dalla tab. 4 abbiamo visto come meno del 10% dei semi viene interrato oltre la metà della profondità di lavorazione: anche successivi e ripetuti interventi non riescono a produrre maggiori interramenti. A differenza dell'aratura le discissure sembrano avere una capacità di interramento dei semi superiore nei terreni argillosi che in quelli sabbioso-limosi: secondo Moss (1988) questo può essere dovuto alla formazione di una zollosità più grossolana nei terreni più pesanti che favorirebbe la caduta dei semi in profondità.

Ovviamente la preparazione del terreno con attrezzi discissori presenta un limitato riporto in superficie dei semi già interrati con progressiva concentrazione di questi negli strati superficiali.

Sulla distribuzione verticale dei semi in seguito a preparazione del terreno con erpici a dischi sembra che, avendo questo tipo di attrezzo un'azione rimescolatrice del terreno, l'effetto sia intermedio fra quello dell'aratura e quello della discissura.

In sostanza le nuove tecniche di lavorazione comportano la formazione di uno stock di semi più superficiale che ha come conseguenza una percentuale di emergenza superiore rispetto al terreno arato; le emergenze inoltre sono anche mediamente più precoci.

Non è perciò raro trovare nelle colture seminate su terreni preparati con minima lavorazione, infestazioni superiori a quelle seminate su terreni azotati (Tab. 5).

Tab. 5 - Influenza delle lavorazioni sullo sviluppo delle malerbe del frumento. Perugia 1983-84.

Tipo di lavorazione	Ricoprimento % delle malerbe			
	Alopecurus myosuroides	Phalaris brachystachys	Avena ludoviciana	TOTALE
Aratura a 45 cm	5	26	24	55
Aratura a 25 cm	6	36	23	65
Erpice a dischi a 25 cm	60	54	29	143

Questo indica che con le nuove tecniche di lavorazione il diserbo chimico, soprattutto con specie infestanti ad emergenza pressochè contemporanea a quella della coltura, deve essere particolarmente accurato: errori o mancati controlli permettono spesso, in tali circostanze, lo sviluppo delle malerbe e successiva elevata disseminazione con evidenti ripercussioni sulle infestazioni future.

E' però anche vero che, su terreni preparati superficialmente, si hanno emergenze più precoci in quanto i semi "reagiscono" meglio alle variazioni climatiche (innalzamenti di temperatura dell'aria, piogge anche ridotte . . .): questo comporta perciò uno "sfogo" delle infestazioni in epoca precedente la semina della coltura per cui le infestanti possono essere eliminate più efficacemente con lavorazioni complementari (estirpature, erpicature).

Per esempio, su terreno lavorato in autunno per colture da rinnovo, la lavorazione a due strati ha determinato durante l'inverno e la primavera una superiore emergenza di plantule (Tab. 6) che però sono state facilmente controllate con le ultime operazioni di affinamento del letto di semina.

Tab. 6 - Influenza del tipo e della profondità delle lavorazioni sulla flora infestante: n° totale di plantule a m^2 su terreno lavorato per la semina del girasole. Perugia 1988-89.

Tipo di lavorazione	Conteggio del		Totale prima della semina
	9 nov. 88	3 apr. 89	
Aratura a 55 cm	418	365	783
Aratura a 30 cm	522	499	1021
Rippatura + erpicatura	898	614	1521

Tutto questo indica perciò che con le lavorazioni minime si hanno, nei primi anni, problemi crescenti con le malerbe, ma anche che, se si attuano lavorazioni complementari tempestive ed accurate e un diserbo efficace, c'è la possibilità di abbassare drasticamente la consistenza del quantitativo di semi in superficie (0-6 cm) in un periodo di 4-6 anni (Forcella e Lindstrom, 1988).

Il tipo di lavorazioni preparatorie, comunque, sembra non solo influenzare la distribuzione verticale dei semi nel terreno, ma in funzione delle caratteristiche biologiche ed ecologiche delle erbe infestanti

presenti, può essere un fattore di selezione di alcune specie.

Moss (1988) suddivide schematicamente le infestanti annuali in quelle a "ciclo lungo" e quelle a "ciclo corto" evidenziando come abbiano una risposta diversa alla "riduzione" delle lavorazioni nei cereali autunno-vernini. Le prime sono quelle con semi di elevata longevità e marcata dormienza (ad es. Papaver rhoeas). In una stagione le piante possono essere prodotte soltanto da una parte (generalmente piccola) dei semi che hanno perso la dormienza e che sono in posizione favorevole, negli strati superficiali del terreno, per germinare ed emergere. Queste infestanti sembrano essere ben adattate all'esecuzione dell'aratura. L'inversione annuale del terreno interra i semi nuovi caduti in superficie e così li protegge dalle condizioni sfavorevoli che troverebbero durante la stagione avversa. Le successive arature riportano questi semi vicino alla superficie del terreno e li mettono in condizioni di germinare ed emergere con facilità.

Al secondo gruppo appartengono invece numerose graminacee (Alopecurus myosuroides, Phalaris spp., Poa spp., Bromus sterilis) e alcune dicotiledoni (es. Galium aparine). Queste specie sono caratterizzate dall'avere semi con limitata dormienza e longevità. Ad esempio Bromus sterilis generalmente persiste meno di un anno (Froud-Williams, 1983) mentre i semi di Alopecurus myosuroides subiscono una mortalità in situ di circa il 70% all'anno (Moss, 1985). L'interramento dei semi con le arature previene le infestazioni di queste specie a "ciclo corto" in quanto poche plantule hanno la possibilità e la capacità di emergere da semi posti in profondità. Quando il terreno viene arato di nuovo queste specie sono svantaggiate se in superficie viene riportato un numero insufficiente di semi vitali che è generalmente ben più basso di quelli interrati in profondità. Al contrario le discissure o le lavorazioni più superficiali (ad es. con erpici o estirpatori) concentrano la maggior parte dei semi negli strati superficiali del terreno da dove le plantule possono prontamente e facilmente emergere. La conferma di questo è la sempre più frequente osservazione (tab. 5) di infestazioni elevate di A. myosuroides, Phalaris spp., B. sterilis in cereali seminati su terreni preparati con la tecnica del minimum tillage (Zanin et al., 1987).

Le nuove tecniche di lavorazione, infine, determinando una superiore concentrazione di residui colturali e di sostanza organica nei primi strati di terreno possono rendere tendenzialmente meno efficaci i trattamenti

di pre-emergenza: in tali circostanze gli interventi di post-emergenza spesso risultano più razionali ed attivi oltre ad avere un minor impatto ambientale grazie alle loro caratteristiche chimico-fisiche (ridotta persistenza) e alle modalità di distribuzione (solamente 1/3 circa del prodotto distribuito raggiunge il terreno).

Le relazioni "nuove tecniche di lavorazioni-infestanti" indicano perciò la necessità di avere un controllo chimico ad alta intensità per i primi anni ed in seguito di gestire con interventi più blandi, anche localizzati, le infestazioni che si sviluppano (Bassi et al., 1988).

1.3. Non lavorazione

Se le lavorazioni minime accentuano in certe circostanze i problemi legati alle malerbe annuali, la non lavorazione del terreno ha, con modalità precise e puntuali, un effetto favorevole allo sviluppo e alla diffusione delle malerbe perenni (Sorghum halepense, Cynodon dactylon, Agropyron repens, Convolvulus arvensis, Equisetum spp.).

L'eliminazione dei "disturbi" operati dalle lavorazioni crea condizioni ottimali affinchè gli organi sotterranei di propagazione si sviluppino facilmente.

La tecnica della non-lavorazione sembra perciò applicabile razionalmente solo se "sporadica" cioè se alternata, in funzione degli avvicendamenti colturali, con lavorazioni accurate (possibilmente arature) del terreno e abbinate a interventi mirati sulle specie vivaci più irriducibili: in sostanza si impone una rigorosa alternanza di colture e di erbicidi (Cantele et al., 1986).

2. Lavorazioni complementari

Queste lavorazioni (estirpature, erpicature) hanno il compito di "completare", prima della semina, le azioni sul terreno della lavorazione principale.

Nei confronti delle malerbe è evidente, come già ampiamente messo in evidenza nei paragrafi precedenti, che possono riuscire ad eliminare le specie a germinazione più precoce ma non certamente quelle specie che nascono dopo la semina il cui controllo è rimandato al diserbo e/o

alle lavorazioni consecutive.

Per sfruttare al meglio l'azione rinettante delle lavorazioni complementari può essere impiegata la tecnica della "falsa semina" di cui si parlerà successivamente.

La tempestività, comunque, rimane la regola fondamentale da rispettare affinchè le lavorazioni complementari abbiano la massima efficacia: così le estirpature e le erpicature non dovrebbero essere eseguite su infestanti troppo sviluppate o con terreni in condizioni di umidità non favorevoli (troppo secchi o troppo bagnati). Altra importante accortezza da seguire è di evitare sempre in prossimità della semina interventi che rompano lo stato strutturale degli strati superficiali, riportando in superficie terreno zolloso e umido: in tali condizioni si distruggono le infestanti già nate ma milioni di semi di malerbe sono messi nuovamente in condizione di germinare ed emergere.

3. Lavorazioni consecutive

Le lavorazioni consecutive sono quelle eseguite dopo che la coltura è già stata seminata o trapiantata ed il loro interesse per il controllo delle malerbe sembra essere principalmente rappresentato dall'esecuzione delle sarchiature nelle colture a file ben spaziate, anche se qualche tentativo viene condotto con erpicature e/o rullature su colture a file strette come i cereali autunno-vernini.

3.1. Sarchiatura

La sarchiatura oltre che come efficace mezzo di controllo delle malerbe che nascono nell'interfila di colture a file ben spaziate (mais, soia, barbabietola, peperone . . .) ha come obbiettivo anche quello di ridurre l'evaporazione degli strati più superficiali del terreno, di arieggiare terreni compatti, di eliminare la crosta superficiale . . .

L'avvento del diserbo ha reso meno necessaria l'esecuzione delle sarchiature per il controllo delle malerbe e ha messo in discussione, in alcuni tipi di terreni, soprattutto in quelli meno soggetti a crosta superficiale, la loro azione in abbinamento al diserbo chimico: su diverse colture (tabacco, barbabietola, girasole . . .) quando il diserbo chimico era efficace e quando le condizioni pedo-climatiche lo permettevano, le

sarchiature potevano essere tralasciate senza problemi di ordine produttivo (Covarelli,1973, 1974, 1982; Covarelli e Tei, 1984).

Ultimamente comunque si nota un rinnovato interesse verso l'impiego delle sarchiature soprattutto in relazione alla possibilità di ridurre l'impiego degli erbicidi.

Una tecnica praticabile a tal fine è infatti quella di eseguire il diserbo solo su una ristretta fascia in corrispondenza della fila (dove le sarchiature non possono arrivare) e di controllare le malerbe sviluppatesi nell'interfila con sarchiature meccaniche.

Questo tipo di tecnica che limita a circa 1/3 della superficie totale la superficie interessata dal diserbo chimico è possibile con diserbatrici opportunamente adattate oppure con attrezzi combinati (seminatrici o trapiantatrici diserbatrici).

Una certa azione di controllo sulle infestanti nate sulla fila soprattutto quando sono ancora ai primi stadi di sviluppo, può, comunque, essere svolta dalla rincalzatura abbinata alla sarchiatura.

A dimostrazione dell'interesse di queste tecniche "integrate" di controllo delle malerbe, si riportano alcuni risultati (Tab. 7) ottenuti su mais (Balsari et al., 1989).

Tab. 7 - Lotta integrata alle malerbe del mais: controllo % delle infestanti e produzione della coltura (da Balsari et al., 1989; modificato).

Metodi di controllo	VIGONE		CALEPPIO		BERGAMO	
	Controllo % delle malerbe	Produzione relativa %	Controllo % delle malerbe	Produzione relativa %	Controllo % delle malerbe	Produzione relativa %
TESTIMONE INFESTATO	-	38	-	81	-	79
DISERBO PIENO CAMPO	97	95	99	100	98	90
SARCHIATURA+RINCALZATURA	55	84	52	93	59	89
DISERBO FILA+SARCHIATURA INTERFILA	91	100	87	98	85	94
DISERBO FILA+SARCH.+RINCALZATURA	94	99	97	99	98	100

Le sarchiature in abbinamento al diserbo localizzato sulla fila perciò possono permettere il contenimento dell'impiego dei prodotti chimici ed il mantenimento dei livelli produttivi delle colture uniti anche ad una riduzione dei costi.

Qualche perplessità rimane solamente sulla tempestività delle sarchiature: infatti, affinchè queste abbiano la massima efficacia, devono essere eseguite con la maggior parte delle infestanti emerse, ancora ai primi stadi di sviluppo e durante il periodo critico (Covarelli et al., 1983; Zanin, 1987) dell' competizione: andamenti stagionali piovosi rendono

spesso i terreni non praticabili per effettuare tempestivamente e razionalmente la sarchiatura.

Quando le sarchiature vengono effettuate dopo l'esecuzione del diserbo chimico il movimento del terreno può provocare una minore efficacia degli erbicidi distribuiti in pre-emergenza o mettere in condizioni favorevoli i semi delle malerbe per germinare ed emergere: questo effetto generalmente varia in funzione dei principi attivi impiegati e delle infestanti presenti (Tab. 8).

Tab. 8 - Influenza della sarchiatura sull'efficacia di alcuni prodotti diserbanti: ricoprimento % delle malerbe. Papiano (PG) 1986

Principio attivo	Intervento sul terreno 1 mese dopo il trattam.	Ricoprimento % delle malerbe			
		Amaranthus retroflexus	Chenopodium album	Solanum nigrum	Polygonum aviculare
ATRAZINA	NON SARCHIATO	-	-	+	-
	SARCHIATO	-	-	+	-
METOLACHLOR	NON SARCHIATO	6	14	4	4
	SARCHIATO	7	31	3	1
NAPROPAMIDE	NON SARCHIATO	33	3	13	3
	SARCHIATO	10	1	18	+
PENDIMETHALIN	NON SARCHIATO	1	+	-	-
	SARCHIATO	1	+	+	-
CONTROLLO NON TRATTATO	NON SARCHIATO	33	18	14	15
	SARCHIATO	4	18	10	+

+= presente in tracce; -= assente

3.2. Erpicatura e rullatura

Se nelle colture a file ben spaziate le sarchiature rappresentano un'alternativa all'impiego del diserbo chimico, nelle colture a file ravvicinate il controllo meccanico delle infestanti pone problemi applicativi di più difficile risoluzione.

L'Istituto di Agronomia generale e Coltivazioni erbacee di Perugia ha messo in atto delle prove sperimentali per valutare la possibilità di interventi meccanici per il controllo delle malerbe nei cereali autunno-vernini. A tal fine sono stati posti a confronto, accanto al diserbo chimico e al controllo lasciato indisturbato, tre tipi d'intervento meccanico: con erpice strigliatore, con erpice tipo Howard e con rullo Cultipacker.

I risultati, limitati ad un solo anno di sperimentazione e perciò ancora orientativi, indicano (Tab. 9) che:

a - gli interventi meccanici con elevate infestazioni sono insufficienti a controllare efficacemente le malerbe determinando mediamente una produzione inferiore del 10% al diserbo chimico, ma superiore del 12% circa al controllo inerbito (Tab. 9b); con basse infestazioni sia il diserbo chimico che quello meccanico sembrano poter essere omessi senza danni produttivi evidenti (Tab. 9a e 9c);

Tab. 9 - Influenza di alcuni interventi meccanici sull'infestazione e sulla produzione del frumento. Papiano (PG) 1988-89 (dati non pubblicati dell'Istituto di Agronomia di Perugia).

9a

Tipo di controllo	Ricoprimento % delle malerbe					Produzione q/ha	Spighe a m^2
	Avena spp.	Papaver rhoeas	Lolium multiflorum	Altre	TOTALE		
ERPICE STRIGLIATORE	3	10	2	+	15	62,5	481
ERPICE HOWARD	10	10	3	+	23	61,0	469
RULLO CULTIPACKER	7	16	3	2	28	62,9	459
DISERBO CHIMICO	+	-	-	+	+	64,9	469
TESTIMONE	14	39	3	1	57	62,2	523

9b

Tipo di controllo	Ricoprimento % delle malerbe					Produzione q/ha	Spighe a m^2
	Avena spp.	Papaver rhoeas	Lolium multiflorum	Altre	TOTALE		
ERPICE STRIGLIATORE	43	8	1	1	53	43,5	395
ERPICE HOWARD	40	4	1	-	45	44,0	403
RULLO CULTIPACKER	15	20	3	-	38	43,1	401
DISERBO CHIMICO	3	+	+	+	3	47,8	414
TESTIMONE	36	36	4	-	76	38,8	415

9c

Tipo di controllo	Ricoprimento % delle malerbe				Produzione q/ha	Spighe a m^2
	Papaver rhoeas	Lolium multiflorum	Altre	TOTALE		
ERPICE STRIGLIATORE	4	+	6	10	69,9	669
ERPICE HOWARD	7	+	8	15	64,6	667
RULLO CULTIPACKER	4	1	5	10	72,2	649
DISERBO CHIMICO	+	-	1	1	73,6	642
TESTIMONE	16	1	14	31	73,6	627

+ = presente in tracce ; - = assente.

b - Gli interventi meccanici sembrano efficaci verso malerbe a nascita piuttosto superficiale e con plantule facilmente estirpabili come Papaver rhoeas, ma risultano controproducenti verso malerbe capaci di emergere da semi posti in profondità come l'avena selvatica: il rullo Cultipacker

per la minore azione "erpicatrice" è perciò risultato meno efficace sul papavero ma ha favorito anche meno l'emergenza di avena selvatica.

c - L'erpice strigliatore è risultato quello ad azione più violenta non solo sulle malerbe ma anche sulla coltura, anche se il numero di spighe a m^2 non ha subito variazioni significative.

d - In linea generale sembra che tali mezzi possano essere impiegati soprattutto con infestazioni limitate, costituite da specie a germinazione piuttosto concentrata e superficiale, con malerbe ai primi stadi di sviluppo e su terreno ben secco. Per ovviare al danno sulla coltura si potrebbe pensare ad un incremento della quantità di seme impiegato.

Aree incolte

E' noto ed accertato che dalle aree incolte sono venute e tuttora pervengono le più difficili infestazioni: da fossi e scoline Sorghum halepense, dalle discariche di terreno vegetale Erigeron canadensis, dagli argini perimetrali delle risaie Leersia oryzoides e così via. Queste infestanti hanno progressivamente invaso i campi coltivati e per la loro eliminazione richiedono un diserbo chimico alle dosi più alte indicate e consentite e, talvolta, un doppio trattamento.

Ciò non avveniva quando si eseguiva un'accurata ripulitura dei bordi dei campi mediante sfalci sistematici della vegetazione, utilizzata come foraggio, che non permettevano alle piante di maturare il seme, principale responsabile della capacità di diffusione delle specie.

La ripulitura di queste aree incolte ai bordi dei campi è indispensabile e potrebbe anche essere resa obbligatoria per evitare in futuro un maggior impiego di prodotti chimici; in queste aree, onde evitare l'elevata possibilità che i principi attivi utilizzati per il diserbo chimico possano raggiungere le acque di falda, è senz'altro consigliabile il pirodiserbo che lascia in posto il cotico erboso ed evita i piccoli smottamenti delle pareti degli argini oppure un intervento meccanico per lo sfalcio della parte aerea della vegetazione delle malerbe.

Da evitare per quanto possibile l'impiego degli scavafossi che causano la frammentazione degli organi di propagazione delle malerbe rizomatose

e la loro proiezione all'interno dell'appezzamento.

La gestione delle aree incolte assume particolare importanza negli spazi antistanti gli insediamenti industriali ed artigianali ed in genere in tutti quei siti (banchine stradali, linee ferroviarie, ecc..) dove si deve evitare lo sviluppo di qualsiasi vegetazione infestante. In queste aree non essendo richiesta agli erbicidi una selettività per le piante coltivate può essere erroneamente applicato il principio "est melius abundare quam deficere".

Vi sono anche aree incolte temporaneamente quali le stoppie dei cereali sulle quali si possono sviluppare malerbe che, se non sono opportunamente eliminate, disseminano favorendo un'elevata infestazione potenziale. E' indispensabile prima che queste completino il ciclo vegetativo un leggero lavoro meccanico di erpicatura o di trinciatura.

Sistemazioni idraulico-agrarie

Una razionale sistemazione idraulico-agraria dei terreni è una condizione indispensabile per ottimizzare qualsiasi intervento agronomico ed in particolare la "gestione" delle erbe infestanti.

Ciò in quanto i ristagni d'acqua possono causare:

1) sviluppo di particolari erbe infestanti, soprattutto perennanti, per la cui eliminazione è richiesto un impiego elevato di diserbanti anche per la frequente esigenza di un doppio intervento. Ricordiamo tra le specie a ciclo vernino primaverile: Alopecurus myosuroides, Matricaria chamomilla ed Equisetum arvense nei terreni tendenzialmente sabbiosi e tra le specie a ciclo primaverile estivo Echinochloa crus-galli e Sorghum halepense.

2) Lento insediamento della coltura che ha una minor capacità competitiva nei confronti delle malerbe.

3) Maggiore suscettibilità della coltura all'attacco di malattie fungine che ne riducono resa finale e competitività verso le malerbe.

4) Impedimento o mancanza di tempestività e rallentamento del lavoro delle macchine diserbatrici che di conseguenza erogano la soluzione diserbante irregolarmente.

5) Esaltazione dell'azione erbicida, particolarmente se residuale, di alcuni gruppi di diserbanti (es. triazine, uree-sostituite) che così hanno una

ridotta selettività nei confronti della coltura.

Scelta della varietà da coltivare

All'interno della stessa specie agraria vi sono varietà con caratteristiche morfologiche e fisiologiche che condizionano un diverso sviluppo delle erbe infestanti.

Nel frumento molto importante è l'altezza, la precocità, lo sviluppo e l'indice di accestimento. L'altezza, come si può notare nella tabella 10, condiziona un diverso sviluppo delle malerbe per cui a parità di resa o anche con una leggera perdita di granella, la scelta deve essere eseguita a favore delle cultivar più alte.

Sia un precoce sviluppo della coltura sia un elevato indice di accestimento, favorendo una più elevata copertura del terreno nei mesi di febbraio e marzo, riducono parzialmente la nascita e soprattutto lo sviluppo delle erbe infestanti che nascono in questo periodo.

Tab. 10 - Importanza dell'altezza della coltura per limitare lo sviluppo delle malerbe

Cv. di frumento	Altezza cm	Spighe a m^2	Malerbe* q/ha
Marzotto	80	610	11,2
Argelato	86	612	8,4
Mara	94	623	1,4

* Costituite da: papavero, camomilla ed avena selvatica

E' inutile la scelta di erbicidi con lunga azione residua per colture che hanno un limitato periodo critico di sensibilità nei confronti del danno causato dalle malerbe.

Nella tabella 11 sono riportate alcune caratteristiche morfologiche delle più coltivate varietà di frumento tenero in Italia.

L'importanza delle caratteristiche morfologiche e fisiologiche nella scelta delle varietà è confermata nel mais dove gli ibridi a foglie erette, lasciando passare più luce verso il terreno, favoriscono la nascita e lo sviluppo delle erbe infestanti a nascita estiva.

Tab. 11 - Caratteristiche morfologiche di varietà di frumento tenero più coltivate in Italia (Da l'ENSE, 1988).

Frumento tenero	Altezza cm	Indice di accestim. (rapp. spighe-piante)
AQUILEIA	105	-
AURELIO	95	1,5
CENTAURO	80	1,9
CHIARANO	90	1,6
GEMINI	75	1,6
LIBELLULA	95	-
LONTRA	85	-
MANITAL	75	1,9
MEC	80	1,6
PANDAS	90	1,4

Concimazione

La concimazione aumenta il potere competitivo delle erbe infestanti tanto che a determinati livelli d'infestazione sono queste più che la coltura a risentire dei benefici effetti degli apporti degli elementi nutritivi, particolarmente dell'azoto. Ciò in quanto le malerbe hanno radici più sviluppate e superficiali che assorbono prima di quelle delle piante coltivate gli elementi nutritivi ed in via subordinata perchè nascendo spontaneamente sono in grado di meglio utilizzare gli elementi nutritivi con i quali vengono a contatto eccezionalmente e non normalmente come la pianta coltivata.

In ogni caso modificando dose di concime, epoca di concimazione e formula chimica del concime si può ridurre, anche se non di molto, il livello d'infestazione e di conseguenza l'apporto dei diserbanti chimici.

1. Dose

Nel frumento molto significativi sono i risultati di una ricerca di Catizone e Toderi che, a parità d'investimento iniziale di avena nel frumento, con 0-70-140 e 210 kg/ha di azoto apportato alle colture hanno avuto perdite di granella rispettivamente di 2,3-6,2-9,9 e 16,8 q/ha.

Taluni potrebbero essere portati a concludere che poichè aumentando la concimazione aumentano le erbe infestanti che devono essere eliminate con il diserbo, sarebbe opportuno non usare nè concimi nè diserbanti. E' una soluzione suggestiva ma troppo semplicistica poichè la produzione di frumento in questo caso potrebbe scendere nei terreni più fertili dai 65-75 q/ha ai 25-30 rendendo inattuabile, dal lato economico, questa coltura.

La dose di concimazione azotata condiziona la flora infestante particolarmente nelle colture a ciclo autunno-vernino: su frumento non diserbato ma concimato con 0, 50, 100, 150, 200 e 300 kg/ha di azoto si è avuto lo stesso ricoprimento totale di malerbe ma con una diversa composizione poichè con le dosi più elevate c'era una maggiore abbondanza-dominanza di Alopecurus myosuroides, Papaver rhoeas e con le dosi più basse di Anagallis arvensis, Stachys annua, Vicia spp. e Polygonum aviculare. Ciò è dovuto al fatto che le basse concimazioni, determinando uno sviluppo ridotto della coltura, permettono alla luce di raggiungere facilmente il terreno (Grafico 4).

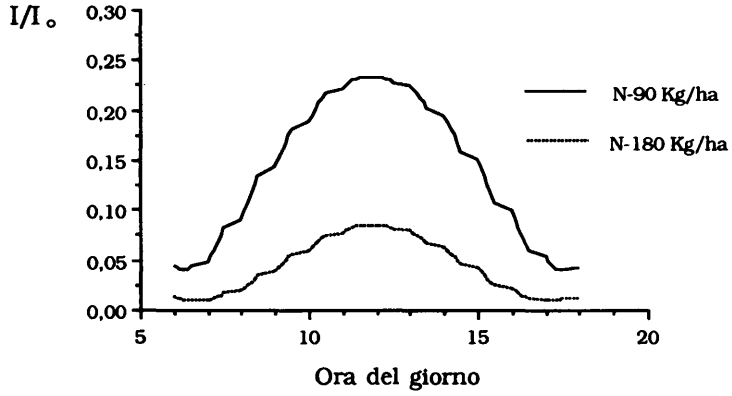


Grafico 4. Effetto della concimazione azotata al frumento sulla quota di luce incidente non intercettata dalla coltura (I/I_0), allo stadio di botticella, nel corso della giornata.

Con elevate concimazioni azotate invece si favorisce lo sviluppo della coltura e delle erbe infestanti a nascita autunno-invernale, ma si ostacola la nascita e soprattutto lo sviluppo di quelle a emergenza primaverile a causa della forte azione ombreggiante della coltura ben sviluppata.

Da ciò ne consegue che in funzione della tecnica colturale usata si

potrà eseguire un solo intervento erbicida (pre-emergenza con alte dosi di azoto e post-emergenza con basse dosi) con la probabilità di non eseguire due interventi come spesso si è costretti a fare.

2. Epoca

L'epoca di concimazione azotata più appropriata per le diverse colture (febbraio-marzo per le colture a ciclo vernino-primaverile ed aprile-maggio per quelle a ciclo primaverile-estivo) induce ad eliminare nello stesso periodo le malerbe in quanto più queste sono in attiva fase di crescita, più sono sensibili agli erbicidi dei quali, di conseguenza, se ne potrebbe usare una dose ridotta.

In ogni caso, anche per raggiungere quest'ultimo obiettivo occorre evitare di concimare molto prima dell'esecuzione del diserbo altrimenti le malerbe, oltre a sottrarre il concime apportato, competono maggiormente con la coltura e sono più difficilmente eliminabili.

3. Forma chimica

Le diverse forme di azoto disponibili nei concimi sono: ureica, nitrica, ammoniacale (alla quale perviene nel terreno quella ureica) e cianamidica. Le prime due non sembra che influenzino la qualità e la quantità delle malerbe presenti nè la sensibilità della coltura al diserbo chimico.

La calciocianamide è dotata di un certo effetto erbicida soprattutto nei confronti delle crucifere, ma il costo, le difficoltà di spargimento e talvolta di reperimento la pongono al di fuori di una pratica ed economica utilizzazione che potrebbe anche essere ripresa in considerazione.

Sempre maggiore importanza, invece, assume la forma ammoniacale ed in particolare quella contenuta nel solfato di ammonio per ridurre la dose di diserbanti in diverse colture. Ciò in quanto lo jone ammoniacale già di per se stesso causa una leggera fitotossicità nella parte aerea della vegetazione delle piante sia coltivate che spontanee tanto da permettere una maggior penetrazione del diserbante nelle foglie. Pertanto l'aggiunta di una dose non elevata (5-10 kg/ha) di solfato di ammonio aumenta l'efficienza di molti diserbanti, consentendo di ridurre la dose di erbicidi da impiegare (tabella 12).

Tab. 12 - Riduzione della dose di un erbicida mediante l'aggiunta di solfato ammonico (media di due prove in due località).

TESI	Dose/ha l o kg	Ricoprimento erbe infest.%
GLYPHOSATE	0,300	42
GLYPHOSATE	0,600	16
GLYPHOSATE+SOLF. AMM.	0,300+10	16

4. Modalità di distribuzione

Per favorire una maggiore e più rapida crescita delle piante coltivate rispetto alle piante infestanti è consigliabile localizzare il concime lungo la fila della coltura e non distribuirlo su tutta la superficie del terreno. Ciò con sempre maggior frequenza avviene per i concimi fosfatici e dovrebbe essere attuato anche per quelli azotati. Si contribuirà così ad una minore dispersione dell'azoto in profondità dove può raggiungere le falde freatiche.

La localizzazione dell'azoto lungo la fila delle piante coltivate soprattutto al momento della semina, potrebbe stimolare ad attuare anche il diserbo localizzato realizzando una forte economia nell'apporto di elementi chimici nel terreno.

Abbinamento della concimazione fluida al diserbo chimico

L'abbinamento della concimazione liquida al diserbo chimico presenta un enorme vantaggio sia dal lato economico che da quello tecnico e ciò perchè si riducono i danni subiti dalle colture a causa del passaggio dei mezzi meccanici sopra di esse, soprattutto in quei periodi dell'anno in cui la praticabilità del terreno è spesso molto ridotta. C'è anche la possibilità di aumentare l'efficacia del diserbo poichè, se da un lato l'azoto stimola la vegetazione di molte erbe infestanti, è pur vero che la maggior parte degli erbicidi estrinsecano meglio il loro effetto negli organismi vegetali in accrescimento. Per questo si possono ridurre le dosi d'impiego degli erbicidi o almeno usare le dosi più basse consigliate.

Impianto della coltura

Molto importante per la nascita e lo sviluppo delle erbe infestanti sono le modalità d'impianto della coltura.

Per quanto riguarda l'epoca occorre ricordare che le erbe infestanti che nascono nel terreno sono in funzione dei lavori preparatori necessari per la semina o il trapianto indipendentemente dalla coltura che si attuerà. Questa potrà modificare lo sviluppo delle specie nate ed i loro rapporti di competizione. In genere più in ritardo si semina e minore è il numero delle erbe infestanti che nasceranno, sia perchè le infestanti a emergenza precoce nascono prima della semina e vengono eliminate con le erpicature, sia perchè con i ritardi autunnali o primaverili si va verso la presenza di temperature molto basse o molto alte meno favorevoli di quelle intermedie alla nascita delle malerbe.

Nel frumento un ritardo seppur indesiderato della semina che generalmente richiede anche un aumento della semente impiegata, può però ridurre il doppio trattamento diserbante diffuso attualmente nel 20% della superficie seminata.

Nel mais l'anticipo della semina non è verosimilmente possibile, ma la dinamica di emergenza delle malerbe facilmente eliminabili con una leggera erpicatura conferisce anche in questa coltura molta importanza alla preparazione anticipata del letto di semina.

Per rendere più competitiva la coltura nei confronti delle erbe infestanti, quando è possibile, occorre preferire il trapianto alla semina diretta in quanto nel primo caso è più rapido lo sviluppo iniziale della specie coltivata. Ciò in particolare se per il trapianto si utilizzano piante con pane di terra, allevate su cubetti o alveoli di polistirolo, cosicchè non subiscono in campo la crisi di trapianto.

Anche una "falsa semina" può aiutare a ridurre l'infestazione di una coltura: consiste nel preparare in anticipo il terreno atto a ricevere la semente, in modo da favorire la nascita delle malerbe che possono essere eliminate con una leggera erpicatura. La successiva vera semina favorirà la nascita di altre erbe infestanti ma in maniera più ridotta da non richiedere talvolta il diserbo chimico.

Nell'impianto di prati, monofiti e polifiti, il diserbo al momento dell'impianto può essere sostituito con un "taglio di ripulitura" della

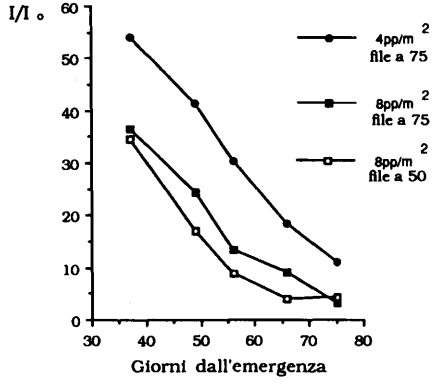
vegetazione: questo permette di eliminare le erbe infestanti annuali prima della disseminazione e di lasciar crescere indisturbati i ricacci delle foraggere.

Per quanto riguarda l'investimento unitario della coltura, in linea generale, quanto più rapida e completa è la formazione della copertura vegetale da parte della pianta coltivata tanto più elevata è la sua capacità di competere verso le infestanti.

Nelle colture sarchiate tale fine può essere raggiunto agendo sull'investimento e sul sesto d'impianto della coltura.

L'investimento non può essere in pratica spinto al massimo in quanto per ogni specie vi sono limiti al di sopra dei quali insorgono fenomeni di competizione intraspecifica che riducono le rese.

Una volta individuata la densità ottimale occorre adottare la giusta spaziatura. File troppo distanti infatti non consentono una efficiente struttura della copertura vegetale in quanto lungo la fila si avrebbe un addensamento e sovrapposizione delle foglie mentre nell'interfila la copertura e l'intercettazione della luce risulterebbero insufficienti cosicchè la luce che penetra fino al terreno potrebbe favorire il maggior sviluppo delle erbe infestanti. Questo inconveniente può essere ottenuto con il progressivo restringimento delle file (grafico 5):



Graf.5 Effetto dell'investimento e della distanza tra le file nella quota di luce incidente non intercettata dalla coltura (I/I_0) a diverse fasi del ciclo.

nel grafico si può notare come da un investimento di 8 piante a m^2 arrivi nel terreno molta meno luce che con un investimento di 4 piante a

m^2; stesso effetto si ottiene con il restringimento dell'interfila a parità di investimento. Nel primo caso vi sarà una germinazione e soprattutto un minor sviluppo delle malerbe che nel secondo.

Nel riso e nel frumento l'aumento del quantitativo di semi potrebbe in alcuni casi contribuire ad eliminare il diserbo chimico quando per altri motivi già è ridotta la nascita delle malerbe.

Pacciamatura

La pacciamatura, con materiale che non lascia passare la luce e che quindi impedisce la fotosintesi delle erbe infestanti e di conseguenza la loro sopravvivenza, consente di evitare il diserbo chimico (Tabella 13).

Tab. 13 - Effetto delle pacciamature sulla nascita delle erbe infestanti

Films plastici	Piante a m^2 (n°)
PE trasp. 0,20 mm	1009
PE nero 0,05 mm	9
PVC 0,05 trasp. mm	999
PVC 0,05 nero mm	42
Terreno nudo	63

La eliminazione delle erbe infestanti potrebbe essere effettuata localizzando lungo la fila delle colture un materiale con le caratteristiche suddette e completata con la sarchiatura dell'interfila soprattutto quando questa è seminata o trapiantata molto spaziata. La pacciamatura oltre al controllo delle erbe infestanti offre altri importanti vantaggi agronomici.

Nelle colture protette cioè sotto terra o sotto tunnel la pacciamatura si può eseguire sia sulla fila che sull'interfila delle colture così da evitare del tutto il diserbo chimico che suscita sempre più perplessità quando interessa colture già nate e sviluppate da consumarsi entro un breve periodo senza alcuna trasformazione.

In ogni caso la pacciamatura delle colture a pieno campo è in funzione dell'economicità dell'intervento.

Il film plastico bianco favorisce una nascita anticipata delle malerbe rispetto ad un terreno nudo così che potrebbe essere utilizzato, almeno

per le piccole superfici, per diminuire il quantitativo di semi germinabili di un terreno.

Pirodiserbo

Il pirodiserbo è una tecnica agronomica di lotta alle malerbe intermedia tra il diserbo chimico e quello meccanico di cui già Virgilio, nel primo libro delle Georgiche, aveva definito le finalità. Sviluppato a partire dagli anni '50, ha trovato pratica applicazione soprattutto negli USA, dove inizialmente venivano utilizzate apparecchiature funzionanti a benzina e petrolio. L'impiego di questi combustibili presentava, però, inconvenienti: difficoltà ad avere una fiamma uniforme, difficoltà di regolazione e di combustione con perdita di combustibile e di conseguenti effetti sulle colture.

Negli anni '60 la tecnica ha subito dei perfezionamenti legati soprattutto all'impiego del gas di petrolio liquefatto (GPL). Questo combustibile, utilizzato con bruciatori specifici, consente l'emissione di una fiamma costante e perfettamente controllabile con grandi vantaggi per la sicurezza del trattamento.

In Italia, l'applicazione del pirodiserbo non è finora mai uscita dalle prove sperimentali.

L'azione della fiamma, nelle condizioni operative con cui si attua il pirodiserbo, non consiste nel bruciare le parti vegetali delle infestanti ma nell'ottenere un surriscaldamento, allo scopo di danneggiare le cellule vegetali delle erbe trattate.

L'ebollizione dei liquidi cellulari, infatti, provoca la rottura della membrana cellulare e la coagulazione delle proteine. In questo modo viene a mancare per la pianta la possibilità di nutrimento a causa dell'interruzione del flusso intercellulare ed inoltre, per la continua evaporazione dovuta alla rottura della cuticola, si ha la morte della pianta entro 2 o 3 giorni (Vester, 1986).

In Italia, l'applicazione del pirodiserbo non è finora mai uscita dalle prove sperimentali anche a causa della crisi petrolifera degli anni '70.

Tutte le attrezzature oggi conosciute funzionano mediante generazione di fiamma od emissione di raggi infrarossi.

Le poche macchine utilizzate in Italia sono in gran parte importate

dalla Germania e dall'Olanda. C'è un solo costruttore nazionale.

Le prime prove effettuate nel nostro Paese con apparecchiature approntate specificatamente sono state quelle di Fogliani che hanno riguardato l'applicazione sul mais nel 1967 e l'erba medica e i canali di irrigazione nel 1972.

L'impiego sull'erba medica ha avuto i seguenti obiettivi:

a) lotta alle malerbe. Con trattamenti effettuati in primavera, alla ripresa vegetativa, si è osservato un aumento di produzione del 9%.

b) lotta alla cuscuta. Gli interventi effettuati sui primi due tagli hanno distrutto tutti i filamenti del parassita ed hanno permesso di bloccare l'infestazione; non è stato però possibile devitalizzare totalmente gli austori situati nelle zone più nascoste del colletto;

c) lotta agli insetti. Le applicazioni effettuate sul ricaccio del secondo taglio infestato da Apion, Phytonomus e Agromyza hanno permesso alla medica di vegetare normalmente e con elevate produzioni fino all'ultimo sfalcio.

I trattamenti sui canali d'irrigazione hanno messo in evidenza la validità della tecnica con interventi ripetuti a distanza di 40-60 giorni, iniziando dalla primavera.

A partire dal 1988, in Piemonte, Toscana e Lombardia sono state avviate alcune prove su mais e vigna con un'apparecchiatura portata dalla trattrice, di costruzione tedesca.

Sulla base dei primi risultati sono possibili già alcune indicazioni: l'applicazione più interessante consiste nel trattamento con il pirodiserbo della fila del mais integrato da una sarchiatura nell'interfila.

La fiamma può essere diretta sulla coltura senza danno già a partire dalla seconda foglia.

Con infestazioni medie sono necessari almeno due interventi: il primo con mais a 2-3 foglie ed il secondo tra la 5ª-6ª foglia e la pre-chiusura.

Riguardo alle infestanti sembra che le dicotiledoni siano più sensibili al calore rispetto alle monocotiledoni.

La maggior parte delle avventizie sono sensibili al calore quando si trovano nella fase iniziale di sviluppo e cioè allo stadio di una o due foglie vere.

Il pirodiserbo, quindi, offre una valida alternativa pratica, economica ed ambientalistica per la lotta contro le erbe infestanti evitando così l'impiego di prodotti chimici.

Considerazioni conclusive

Nella gestione degli agroecosistemi devono essere rispettati i principi classici dell'agronomia per limitare lo sviluppo delle erbe infestanti e di conseguenza l'impiego del mezzo chimico. Una razionale tecnica colturale non solo può limitare l'impiego dei diserbanti ma di tutti i fitofarmaci per una lotta indiretta anche alle altre avversità delle piante coltivate. Pochi interventi colturali (rotazioni e lavorazioni) possono apportare un notevole contributo nel controllo agronomico delle erbe infestanti, altri (concimazioni, epoca d'impianto della coltura, scelta varietale, irrigazione ecc. ...) agiscono in maniera molto ridotta, ma tutti con opportune integrazioni sono in grado di aiutare a ridurre significativamente l'impiego del diserbo chimico. Quest'ultimo intervento colturale non è eliminabile né per il momento né per il futuro considerando il quantitativo di semi presenti nel terreno, a meno che non si pensi ad arcaici ed anacronistici ritorni al passato. Non quindi un salto all'indietro ma la persuasione che se i problemi derivanti dall'impiego dei diserbanti sono dovuti alla moderna tecnologia, dovrà essere sempre questa a dover risolvere il problema.

Ricordare che tra meno di venti anni l'agricoltura dovrà sfamare sette miliardi di individui non significa fare l'apologia dell'impiego del mezzo chimico in agricoltura, significa invece cercare un realistico punto d'incontro tra l'ideale ambientalista e la necessità di assicurare a tutti una ottimale alimentazione.

I ricercatori, oggi come in passato, sono impegnati in questo sforzo; é indispensabile che questo sia noto non solo agli addetti ai lavori ma a tutta l'opinione pubblica; così anche l'attività agricola sarà maggiormente compresa e stimata in quanto é in atto, non certo per motivi tecnici e scientifici, un'azione tendente a sottovalutare l'importanza primaria che ha sempre avuto tra le diverse attività dell'uomo.

Bibliografia

Baldoni G., (1986) - Aspetti biologici del controllo di Equisetum telmateia Ehrh e di E. arvense L. - Tesi di Dottorato di Ricerca, Univ. degli Studi di Bologna, 115 pagg.

Balsari P., Airoldi G., Ferrero A., Maggiore T. (1989) - Lotta integrata alle malerbe del mais. L'Inf. Agr., 6, 61-73.

Barralis G. e Chadoeuf R. (1976) - Evolution qualitative et quantitative d'un peuplement adventice sous l'effet de dix années de traitement. 5 ème Colloque Intern. sur l'Ecologie et la Biologie des Mauvaises Herbes, COLUMA, Dijon, 179-186.

Bassi A., Catizone P. e Zanin G. (1988) - Evoluzione del diserbo chimico in agricoltura. - La difesa delle piante, 11 (2), 95-122.

Bonciarelli F., (1985) - Vecchi e nuovi sistemi di lavorazione del terreno. Considerazioni agronomiche. Relazione presentata all'Accademia dei Georgofili, Firenze.

Cantele A., Zanin G. e Zuin M.C. (1986) - Semplificazioni delle lavorazioni e flora reale e potenziale. Rivista di Agronomia, 2/3, 288-300.

Chwastek M., (1966) - Methods of controlling marsh horestail (Equisetum palustre) and its regenerative abilities. Wiad Inst. Melior., Uzytriel, 6, 157-159 (citato da Baldoni, 1986).

Covarelli G. (1973) - Ricerche sperimentali sulla sarchiatura della barbabietola da zucchero. Riv. d'Agronomia, 4, 189-196.

Covarelli G. (1974) - Ricerche sperimentali sulla sarchiatura, rincalzatura e diserbo del mais. Rivista d'Agronomia, 2/3, 139-142.

Covarelli G. (1982) - L'influenza della sarchiatura e della rincalzatura in aggiunta al diserbo sulla produzione del tabacco Bright. Atti Giorn. Fitop., 435-441.

Covarelli G., Cantele A., Catizone P., Sparacino A., Tei F., Vazzana C., Zanin G. (1983) - Le erbe infestanti fattore limitante la produzione agraria. - Atti IV Conv. S.I.L.M., Perugia.

Covarelli G. e Tei F. (1984) - Influenza della sarchiatura e della rincalzatura in aggiunta al diserbo chimico sulla produzione del girasole. L'Inf. Agr., 21, 83-85.

Covarelli G., Tei, F. (1988) - Effet de la rotation culturale sur la flore adventice du mais. VIII ème Colloque International sur la Biologie, l'Ecologie et la Systematique des Mauvaises Herbes, 477-484.

Fernandez-Quintanilla C., Navarrete L., Torner C. (1984) - The influence of crop rotation on the population dynamics of Avena sterilis (L.) ssp. Ludoviciana Dur., in Central Spain. Proc. EWRS 3rd Symp. on Weed Problems in the Mediterranean Area. 9-16.

Forcella F. e Lindstrom M.J., (1988) - Movement and germination of weed seeds in ridge-till crop production systems - Weed Sci., 36, 56-59.

Froud-Williams R.J. (1983) - The influence of straw disposal and cultivation regime on the population dynamics of Bromus sterilis. Annals of Applied Biology, 103: 139-148.

Froud-Williams R.J., Chancellor R.J. e Drennan D.S.H. (1984). The effects of seed burial and soil disturbance on emergence and survival of arable weeds in relation to minimal cultivation. Journal of Applied Ecology, 21: 629-641.

Hakansson S., (1967). - Experiments with Agropyron repens (L.) Beauv. 1. Development and growth and the response to burial at different development stages. Lantbrukshogskolans Annaler, 33, 827-873 .

Hakansson S., (1968a) - Experiments with Agropyron repens (L.) Beauv. 2. Production from rhizome pieces of different sizes and from seeds. Various environmental conditions comparated.- Lantbrukshogskolans Annaler, 34, 3-29.

Hakansson S., (1968b) - Experiments with Agropyron repens (L.) Beauv. 3. Production of aerial and underground shoots after planting rhizome pieces of different lenghts at varying depths.- Lantbrukshogskolans Annaler, 34, 31-51.

Hakansson S., (1969a) - Experiments with Agropyron repens (L.) Beauv. Rhizome orientation and life lenght of broken rhizomes in the soil and reproductive capacity of different underground shoot parts. Lantbrukshogskolans Annaler, 35, 869-894.

Hakansson S., (1969b) - Experiments with Agropyron repens (L.) Beauv. 7. Temperature and light effects on development and growth. Lantbrukshogskolans Annaler, 35, 953-987.

Hull R.J., (1970) - Germination control of Johnsongrass rhizome buds. Weed Sci., 18, 118-121.

Marshall G., (1979) - The biology and control of field horsetail (Equisetum arvense L.) - West of Scotland Agric. Coll., Techn. Note 68.

Mc Whorter C.G. e Hartwig EE., (1965) - Effectiveness of preplanting tillage in relation to herbicides in controlling Johnsongrass for soybean production. - Agron. J., 57, 385-389.

Moss S.R. (1985) - The survival of Alopecurus myosuroides Huds. seed in soil. Weed Res., 25, 201-211.

Moss S.R., (1987) - Influence of tillage, straw disposal system and seed return on the population dynamics of Alopecurus myosuroides Huds. in winter wheat. - Weed Research, 27, 313-320.

Moss S., (1988) - Influence of cultivations on the vertical distribution of weed seeds in the soil. VIII ème Coll. Int. Biol., Ecol., Syst. des Mauv. Herbes, 71-80.

Knab W. & Hurle K, (1986) - Einfluss der grundbodenbearbeitung auf die verunkrautung-ein beitrag zur prognose der verunkrautung. Proceedings EWRS Symposium 1986: Economic Weed Control: 309-316.

Roebuch J.F. and Field G.R. (1978) - The effect of rotation and herbicides on populations of Avena fatua and Avena ludoviciana. Proc. British Crop Protection Conference. Weeds. 31-39.

Rottele M. & Koch W., (1981) - Verteilung von Unkrautsamen in Boden und Konsequenzen fur die Bestimmung der Samendichte. Zeitschrift fur Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderheft IX: 383-391.

Stoller E.W., (1977) - Differential cold tolerance of quackgrass and Johnsongrass rhizome. - Weed Sci., 25, 348-351.

Toderi G. e Bonari E., (1986) - Lavorazioni del terreno: aspetti agronomici. II. Lavorazioni e piante coltivate. Riv. di Agronomia, 2/3, 106-133.

Vester J. (1986) - Flame cultivation for weed control - 2 years' results. Proceedings of a Meeting of the EC Experts' Group/Stuttgart. Weed Control in Vegetable Production. 153-167.

Williams E.D., (1974) - Equisetum arvense. Rothamstead Exp. Stn. rep., 1, 40-41.

Williams E.D., (1979) - Studies on the depth distribution and on germination and growth of Equisetum arvense L. (field horsetail) from tubers. - Weed Res., 19, 25-32.

Zanin G. (1987) - L'atrazina nel diserbo del mais (Zea mays L.) e del sorgo (Sorghum vulgare Pers.): possibilità di sostituzione e di riduzione delle dosi d'impiego. Atti "Diserbo, Ecologia, Sanità", Alessandria, 21 gennaio, 27-52.

PER UNA SEMPRE MIGLIORE RAZIONALIZZAZIONE DEGLI INTERVENTI CHIMICI

Giuseppe Zanin e Antonio Berti *

INTRODUZIONE

L'esigenza di razionalizzare l'uso degli erbicidi è sempre più impellente sia sotto il punto di vista agronomico, per evitare i continui cambiamenti della flora infestante, sia sotto quello economico, per ridurre il costo della lotta alle malerbe che rappresenta una delle voci più importanti in certe colture, sia infine sotto quello ambientale. In questo contesto la presenza di alcuni erbicidi nelle acque profonde è uno degli aspetti più preoccupanti. Nonostante le concentrazioni ritrovate non abbiano un valore strettamente tossicologico (i valori OMS sono infatti ben superiori), stanno ad indicare con chiarezza l'esistenza di una commistione tra attività agricola ed acque sotterranee che non deve esserci e che bisogna superare quanto prima per evitare nel futuro compromissioni ancora più serie.

Il presente lavoro si propone l'obiettivo di analizzare le possibilità esistenti per migliorare la compatibilità ambientale della tecnologia diserbo mantenendo ad un livello soddisfacente il controllo delle malerbe e la redditività della produzione agricola. Per raggiungere questo obiettivo si deve agire essenzialmente a due livelli: ridurre le quantità utilizzate e scegliere adeguatamente gli erbicidi in funzione delle loro proprietà chimico-fisiche e delle caratteristiche idropedologiche dell'ambiente.

1. RIDURRE LE QUANTITA' IMPIEGATE

Per ridurre le quantità si deve agire a livello floristico, gestionale e tecnologico (fig. 1).

1.1. LIVELLO FLORISTICO

Agire a livello floristico significa migliorare l'assetto strutturale delle comunità di malerbe (C.M.). Attualmente la gran parte delle C.M. sono estremamente degradate e semplificate: sono caratterizzate da: 1) poche specie con tanti individui per unità di superficie; 2) rapporti alterati tra gruppi biologici ed ecofisiologici; 3) sviluppo di resistenza o tolleranza agli erbicidi più comuni.

Questo insieme di cambiamenti ha portato ad una complicazione della lotta, concretizzatasi nella necessità di eseguire, in media, più di un trattamento erbicida per coltura e nel ricorso via via crescente a miscele sempre più articolate (Bassi et al., 1988).

L'analisi critica del passato recente mette chiaramente in evidenza come il diserbo sia un intervento di breve termine: risolve dei problemi ma pone le premesse per produrne altri che verranno verosimilmente risolti con nuovi prodotti e così via all'interno di una logica che non ha via di uscita. Da questa constatazione emerge chiaramente come uno degli obiettivi prioritari nella lotta

* Rispettivamente Professore associato di Tecnica del Diserbo e Borsista presso l'Istituto di Agronomia generale e Coltivazioni erbacee, Università degli Studi di Padova.

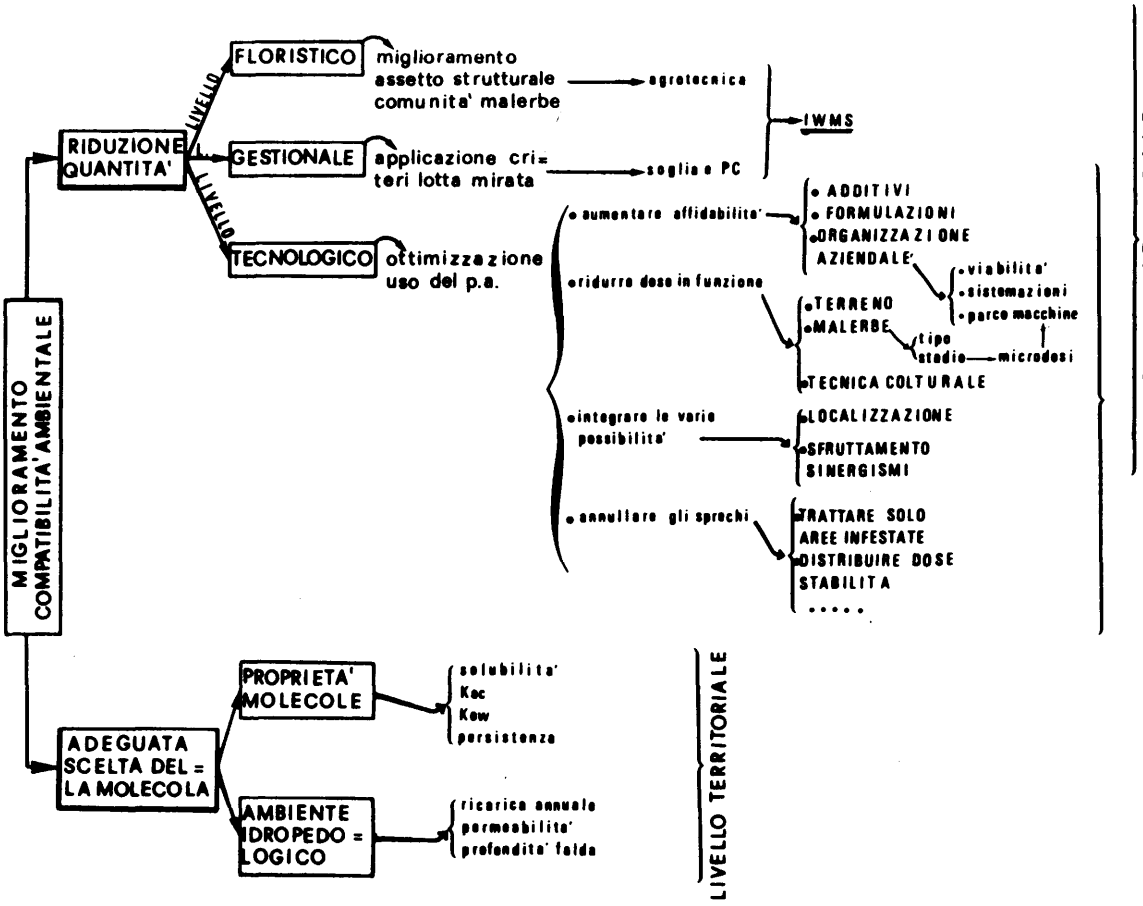


Figura 1: Possibili accorgimenti per migliorare la compatibilità ambientale del diserbo. Per spiegazioni vedere il testo.

alle malerbe debba essere quello di mantenere il più stabili ed equilibrate possibili le C.M..

Appare opportuno chiarire pertanto, in via preliminare, cosa si intende per "flora equilibrata" (F.E.) per poter poi discuterne i vantaggi ed illustrare i mezzi necessari al raggiungimento di una tale realtà floristica.

1.1.1. DEFINIZIONE DI FLORA EQUILIBRATA (F.E.)

Dal punto di vista malerbologico l'equilibrio di una C.M. si valuta a diversi livelli: biologico, ecofisiologico e genetico (fig. 2).

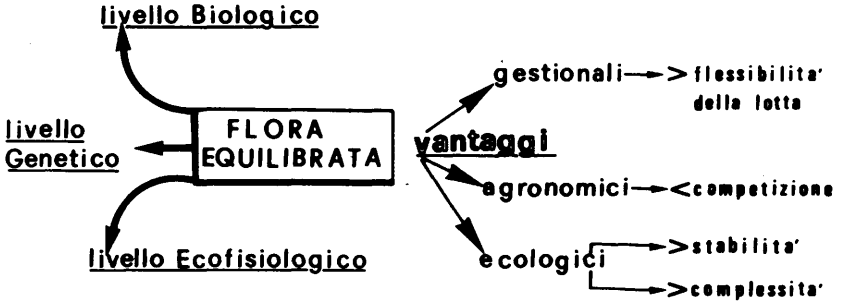


Figura 2: Caratterizzazione e vantaggi di una flora equilibrata.

Una F.E. a livello biologico ed ecofisiologico è caratterizzata da valori più o meno equivalenti tra la percentuale di specie e la percentuale di individui afferenti ad un dato gruppo biologico od ecofisiologico. In effetti un rapporto attorno all'unità tra i due parametri (percentuale di specie e percentuale di individui) indica che le proporzioni quanti-qualitative tra le diverse categorie non sono alterate. Una rappresentazione grafica di questi concetti si può osservare nella fig. 3 dove C.M., differenziate per avvicendamento e tecnica di conduzione del terreno, sono ordinate nello spazio in funzione dei due predetti parametri. La percentuale di specie geofite non varia molto nelle diverse situazioni (8-13%), però a livello di percentuale di individui le tesi a mais continuo (MC) evidenziano valori nettamente più elevati (38-54%). Il rapporto tra la percentuale di specie e quella di individui indifferenti risulta prossimo all'unità nel frumento (F) e nel mais che segue il frumento, ad eccezione della tesi non lavorata (n. 9). Nel mais continuo (MC) questa categoria è penalizzata come individui (< 20%), mentre la percentuale di specie è analoga a

quelle riscontrate negli altri due avvicendamenti. In questo caso un'altra categoria di specie (le estive) compenserà, la minore presenza numerica degli individui afferenti al gruppo delle indifferenti. In entrambi gli esempi si notano alcuni fenomeni di compensazione (Sorghum halepense nel MC e le specie indifferenti a diffusione anemofila - Sonchus oleraceus , Conyza canadensis , etc... nel MF non lavorato); sono questi i primi passi verso ulteriori ed ancora più macroscopici cambiamenti floristici. E' opportuno inoltre che tutte le categorie biologiche ed ecofisiologiche siano sempre rappresentate, per evitare eccessive semplificazioni floristiche.

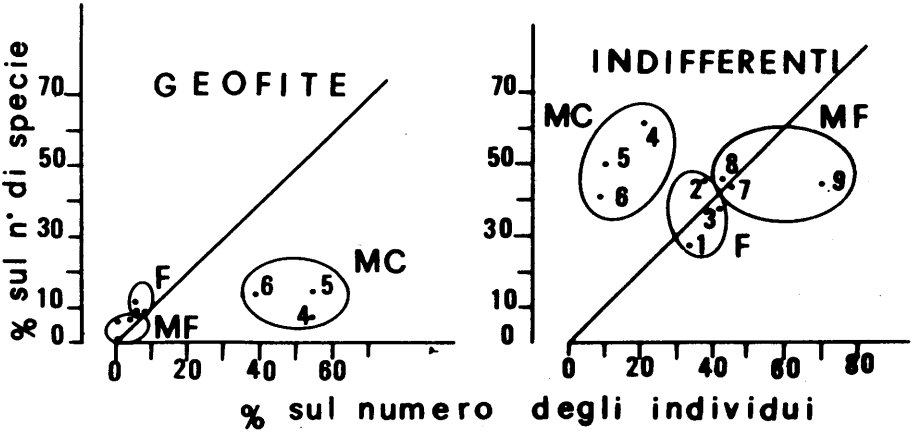


Figura 3: Ordinamento spaziale di 9 C.M. differenti per avvicendamento e conduzione del terreno, in funzione della % di specie e della % di individui afferenti al gruppo biologico delle geofite e a quello ecofisiologico delle indifferenti. MF = avvicendamento mais-frumento. Rilievi effettuati sul mais. F = avvicendamento mais-frumento. Rilievi effettuati sul frumento. MC = mais continuo. 1-4-7 = aratura a 50 cm di profondità; 2-5-8 = aratura a 25 cm di profondità; 3-6-9 = nessuna lavorazione, semina su sodo (Da Ziliotto et al. 1989).

A livello genetico una flora si può dire equilibrata quando non si sono selezionate malerbe con gradi differenziali di resistenza e tolleranza agli erbicidi più comuni e quando le specie infestanti non sono strettamente correlate con la coltura dal punto di vista sistematico. La presenza di specifici binomi coltura-malerba caratterizza infatti l'attuale agricoltura (es. radicchio - Galinsoga parviflora , pomodoro - Solanum nigrum) e rende spesso praticamente impossibile il diserbo chimico selettivo. Una via di uscita può essere in simili casi lo sviluppo di cultivar resistenti: la costituzione di varietà di colza resistenti all'atrazina ha risolto, infatti, in Canada il problema delle cru-

cifere spontanee (Brassica kaber, Thlaspi arvense , ...) (Grant e Beversdorf, 1985; Marshall, 1987).

Se a parole è facile descrivere le caratteristiche di una F.E. altrettanto non si può dire per l'individuazione degli indici idonei a caratterizzarla in maniera sintetica. Da quanto detto circa l' "ideotipo" di una F.E. risalta come essa debba essere costituita da tante specie con pochi individui per unità di superficie. Gli ecologi utilizzano per caratterizzare la struttura di una comunità il concetto di "diversità" che integra in sé informazioni sia sul numero di specie (ricchezza specifica) sia sulla loro abbondanza relativa (omogeneità) (Odum, 1988). Numerosi sono gli indici di diversità: i due più utilizzati sono quello di Simpson (S) e quello di Shannon-Wiener (H'). L'indice S evidenzia la concentrazione della dominanza dato che maggiore è la dominanza di una o poche specie più alto è il valore che assume; dà cioè maggiore peso alle specie più rappresentate. L'indice H' dà invece maggiore peso alle specie rare; deriva dalla teoria dell'informazione ed è usato per stabilire complessità e contenuto di informazione in ogni tipo di sistema. E' utile quando non si è interessati alla separazione delle due componenti della diversità.

L'impiego di questi due indici permette di caratterizzare situazioni floristiche diversificate e valutare l'azione selettiva della tecnica agronomica ad esse applicata: è evidente infatti che una flora semplificata (H' basso ed S alto) è il risultato di una più intensa pressione di selezione ad essa imposta dal complesso delle tecniche colturali. La fig. 4 illustra chiaramente questo concetto nell'ambito di una serie di rilievi sulla flora infestante del mais nella pianura padanoveneta (Zanin et al., 1989). I gruppi 5 e 7 rappresentano le situazioni più degradate, formate rispettivamente da popolazioni di Amaranthus cruentus resistente all'atrazina e da una classica flora di compensazione dominata dal Panicum dichotomiflorum . I restanti gruppi rappresentano C.M. strutturalmente più equilibrate. Altri esempi sono riportati da Ferrari et al. (1984) e da Covarelli e Tei (1988) e da Baldoni et al. (1989) relativamente alla flora potenziale.

Si può quindi affermare sulla base dei dati disponibili che, per lo meno nelle colture estive, una flora per dirsi equilibrata dovrebbe avere un H' superiore a 2,2-2,5 ed un S inferiore a 0,3. Sono valori largamente indicativi che comunque consentono un primo giudizio, ulteriormente migliorabile, dal punto di vista agronomico, se a tali indici si affianca la valutazione della densità della popolazione di malerbe. E' fuori di dubbio, infatti, che una F.E. deve essere caratterizzata anche da una densità di individui non eccessiva, sostenuta cioè da una flora potenziale inferiore possibilmente ai 50 milioni di semi per ettaro, valore non lontano dal limite fisiologico di 20-25 milioni al di sotto del quale difficilmente si riesce ad andare (Tissut e Severin, 1984).

Le affermazioni di alcuni vegetazionisti sul tipo: "si tratta di studiare i presupposti agronomici che possano assicurare una sufficiente diversità delle infestanti segetali, limitando al massimo la tendenza al predominio di una o poche specie" oppure "... anche nella gestione agronomica la conservazione della diversità è un obiettivo ecologicamente corretto e possibile" (Ferrari

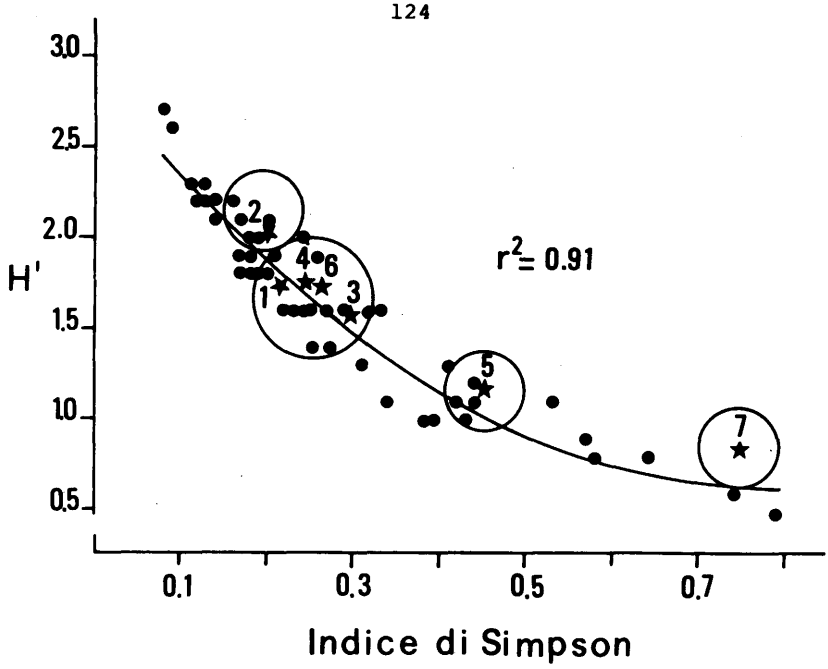


Figura 4: Ordinamento spaziale di una serie di C.M., rilevate nel mais nella pianura padano-veneta, in funzione degli indici di dominanza di Simpson e di diversità di Shannon-Wiener (H'). Gli asterischi indicano il valore medio dei rilievi afferenti ad ognuno dei 7 gruppi isolati dalla cluster analisi.

et al., 1987) sono perfettamente condivisibili. Rimane in ogni caso l'incertezza sui mezzi da mettere in cantiere dovuta alla scarsa conoscenza del sistema "tecnica agronomica - malerbe - ambiente". La continua evoluzione dei sistemi colturali entra infatti in conflitto con la necessità di produrre esperienze di lunga durata, indispensabili per avere risposte adeguate; ciò ovviamente ostacola la conoscenza del sistema e quindi la messa a punto di accorgimenti opportuni. All'agronomo rimane dunque il non facile compito di gestire equilibri molto delicati: mantenere cioè la diversità delle C.M. in un ambiente dove si usano, con frequenza, disturbi dal marcato potere selettivo (lavorazioni, diserbo, ...).

1.1.2. VANTAGGI DI UNA F.E.

I vantaggi di una F.E. sono di natura gestionale, agronomica ed economica.

I vantaggi gestionali si traducono nella possibilità di impostare una lotta più flessibile ed affidabile (più soluzioni a disposizione, tempi meno stretti per intervenire, ...): la rigidità, a livello di prodotti disponibili e di epoca di impiego, è spesso, in una flora non equilibrata, il fattore limitante le possibilità di ottenere controlli soddisfacenti in concomitanza con particolari congiunture climatiche o floristiche.

I vantaggi agronomici sono legati ad una minore competizione, affermazione non sempre dimostrata sperimentalmente, ma ritenuta verosimile sulla base di una serie di considerazioni: 1) lo sfasamento dell'emergenza e la diversità ecologica e fisiologica delle specie presenti fa sì che la richiesta per le risorse non sia contemporanea; 2) le C.M. semplificate sono costituite da malerbe che hanno sviluppato col tempo una spiccata capacità di vivere in popolàmenti molto densi (Young e Evans, 1976): compensano quindi una minore capacità competitiva individuale con una maggiore capacità competitiva di gruppo. Ciò risulta particolarmente evidente nelle popolazioni atrazina-resistenti (Cantele et al., 1985). Nelle C.M. equilibrate le malerbe in sostanza competono maggiormente tra di loro producendo una reciproca limitazione (Ferrari et al., 1987).

I vantaggi ecologici derivano da considerazioni generali e si basano sull'assunzione che più la diversità di una comunità è elevata più grande è anche la sua stabilità. Una F.E. dovrebbe essere quindi più resistente ai cambiamenti evolutivi, sia cioè all'inserimento di nuove entità botaniche (esotiche, ruderali, ...) sia allo sviluppo di fenomeni degenerativi quali compensazione e resistenze (Tomkins e Grant, 1977). Infine una F.E. costituisce anche un sistema più complesso dove è favorito il mantenimento e lo sviluppo dei predatori e dei parassitoidi, dove cioè si instaura un migliore controllo biologico (Murdoch, 1975).

1.1.3. INTERVENTI PER OTTENERE UNA F.E.

Le possibilità di riequilibrare le C.M. sono legate all'applicazione dell'IWMS (Integrated Weed Management System), approccio integrato e di lunga durata il cui obiettivo è di gestire le C.M. in modo da mantenere l'aggressività della flora al di sotto di un certo livello. La schematizzazione dell'IWMS si può osservare nella fig. 5 mentre si rimanda al lavoro originale per la sua descrizione particolareggiata (Zanin, 1989). In questa sede si ritiene, tuttavia, utile ricordare i due suoi momenti costitutivi: il diserbo chimico (Weed Control-WC) e la gestione delle popolazioni di malerbe (Weed Population Management WPM).

Il diserbo chimico (WC) rimane il mezzo principale per eliminare le malerbe ma deve possedere una bassa pressione di selezione per rallentare i cambiamenti evolutivi della flora e prevenire l'insorgenza di resistenze. Per pressione di selezione si intende il rapporto tra la percentuale di individui di una specie e quelli di un'altra che sopravvivono all'azione del diserbante e che, disseminando, andranno ad arricchire lo stock di semi del terreno. L'azione del mezzo chimico deve quindi interessare in modo omogeneo, nello spazio e nel tempo, le diverse specie ed i diversi

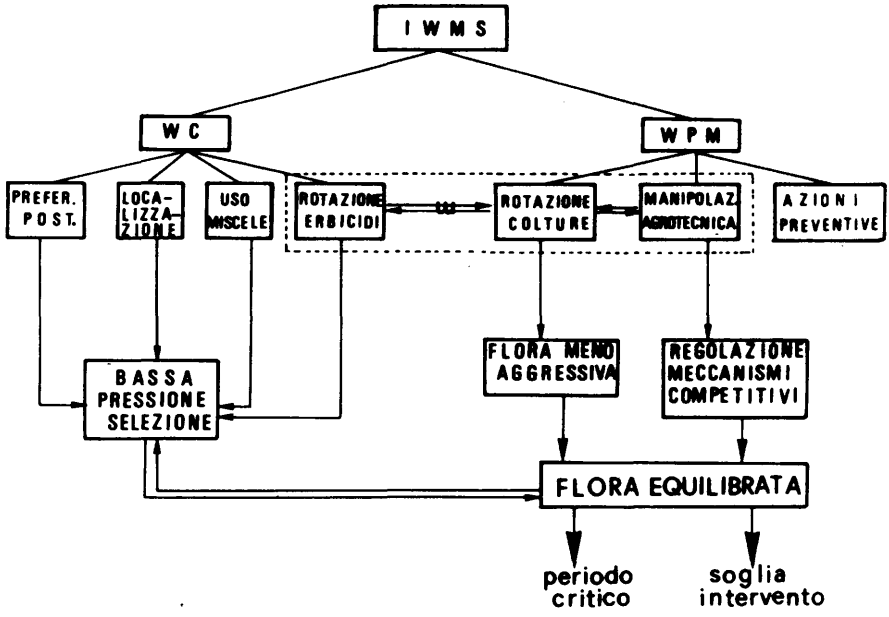


Figura 5: Schematizzazione dell'Integrated Weed Management System (IWMS). Per spiegazioni vedere il testo.

gruppi biologici, ma soprattutto deve coinvolgere solo una quota parte della popolazione di infestanti, quella effettivamente dannosa per la produzione.

In generale, si attua un diserbo a bassa pressione di selezione miscelando i p.a., localizzandoli lungo la fila, ruotandoli nello spazio e nel tempo e dando la preferenza ai trattamenti di postemergenza.

Il diserbo localizzato abbinato alla sarchiatura è un mezzo efficace per praticare una lotta alle malerbe a bassa pressione di selezione: l'azione dell'erbicida coinvolge, infatti, solo le malerbe presenti lungo la fila mentre l'intervento meccanico esercita un controllo omogeneo sui restanti individui. Analogamente, con il post-emergenza si eliminano solo le malerbe dannose in quel particolare momento: tali erbicidi, di norma poco persistenti, esercitano poi, non ostacolando le emergenze tardive, un'azione blanda e mirata sulla flora nel suo complesso.

La gestione delle popolazioni di malerbe (WPM) si attua attraverso la manipolazione dell'agrotecnica e la rotazione delle colture.

La disposizione spaziale delle piante (distanza tra le file, densità di semina, ...), la scelta della varietà, sono importanti accorgimenti che permettono di aumentare la capacità competitiva

della coltura favorendo in particolar modo lo sviluppo dell'apparato fogliare, parametro che più di altri regola gli esiti competitivi all'interno dell'agrocenosi. Anche la concimazione, l'epoca e la profondità di semina sono avvertenze che consentono di spostare a favore della coltura i rapporti competitivi che si instaurano tra malerbe e pianta coltivata. Ciò si traduce oltre che in una più ridotta perdita di produzione anche in una minore disseminazione. Altro segmento base del WPM è l'avvicendamento colturale: l'alternanza di disturbi chimici, meccanici, agronomici che si realizza, anche involontariamente, in un contesto colturale articolato, mantiene più equilibrate e meno aggressive le comunità di malerbe, non favorendo singole specie o singoli gruppi biologici.

Molti sono in definitiva gli interventi agronomici che possono contribuire a ridurre la nascita e lo sviluppo delle malerbe e quindi consentire un minor impiego del diserbo chimico. Nonostante il contributo di ciascuna tecnica agronomica sia relativamente modesto, nell'insieme può diventare significativo.

1.2. LIVELLO GESTIONALE

Intervenire a livello gestionale significa applicare i due criteri che qualificano la lotta mirata: la soglia di infestazione ed il periodo critico (PC); significa cioè gestire le due prime decisioni "tattiche": se e quando intervenire con il mezzo chimico (Zanin e Berti, 1988). Merita sottolineare in ogni caso che la lotta mirata è di più difficile applicazione nel settore malerbologico rispetto a quello entomologico dove viene già impiegata nella pratica con esiti promettenti. I motivi sono essenzialmente due: 1) le malerbe non sono, come gran parte degli insetti, sotto controllo biologico e quindi tendono a diffondersi fino ad occupare tutto lo spazio a disposizione; 2) le malerbe producono semi, molto spesso persistenti, che si accumulano nel terreno; ogni errore o deficienza nella gestione del diserbo si somma quindi, anno dopo anno, creando situazioni in poco tempo difficilmente gestibili. Questa interferenza tra la gestione dei diversi anni non esiste o è molto più limitata nel settore entomologico.

I danni delle malerbe sono infatti di due tipi: diretto ed indiretto. Il primo si traduce in una riduzione della produzione, mentre quello indiretto è dovuto alla disseminazione che determina un aumento dello stock di semi nel terreno.

1.2.1 SOGLIA DI INFESTAZIONE

Sulla base delle precedenti considerazioni si possono perciò definire due tipi di soglia: la soglia economica di intervento (SEI) e la soglia economica ottimale (SEO).

La SEI può essere definita come la densità in corrispondenza della quale il costo dell'intervento di controllo eguaglia il beneficio economico che risulterà dall'eliminazione delle malerbe. Le valutazioni non si estendono, in questo caso, oltre il ciclo

colturale della pianta coltivata. La SEI non è un valore assoluto ma relativo, cambia cioè in funzione di numerose variabili (es: costo ed efficacia del trattamento, prezzo del prodotto, livello produttivo dell'ambiente, capacità competitiva delle malerbe, ...). Cousens (1987) ha ideato un modello per definire tale soglia: nella fig. 6 si può osservare un'applicazione alla realtà italiana nel caso della competizione mais - Abutilon theophrasti Medicus (Zanin e Sattin, 1988). Nell'ambito del costo e dell'efficacia degli erbicidi di postemergenza più comuni, la SEI si aggira attorno ad 1 pianta per m^2. Gran parte delle malerbe che infestano le colture estive hanno capacità competitive paragonabili, ciò significa che le SEI sono molto basse, probabilmente inferiori a 4-5 piante a m^2. Con gli attuali livelli e tipi di inerbimento difficilmente in tali colture si riuscirà a non trattare: tuttavia, in attesa che migliori l'organizzazione struttura-

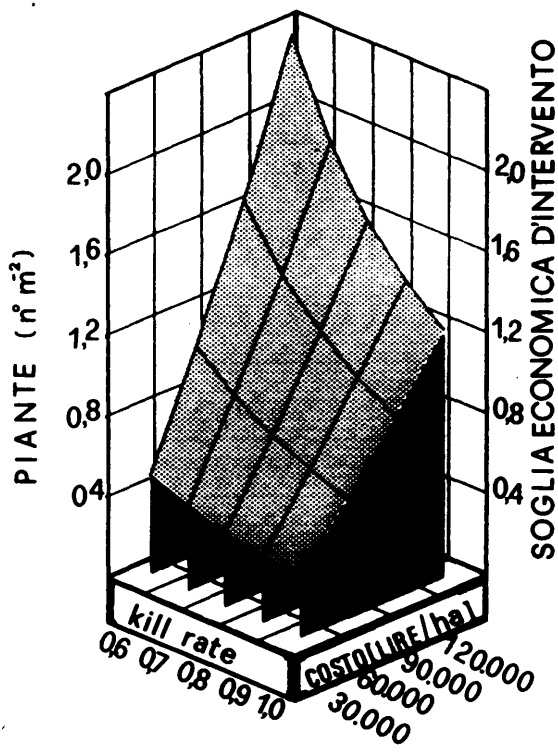


Figura 6: Esemplificazione della soglia economica di intervento nel mais infestato da Abutilon theophrasti , in funzione della % di controllo dell'erbicida (kill rate) e del costo dell'intervento (erbicida + trattamento).

le delle comunità di malerbe, si può usare fruttuosamente tale criterio per valutare l'opportunità del trattamento di postemergenza dopo una preventiva irrorazione al terreno. L'individuazione della SEI è poi complicata dalla nascita scalare delle malerbe: ogni coorte di plantule (= flusso di emergenze) è caratterizzata da una specifica capacità competitiva. Nella fig. 7 è esemplificata questa situazione nel caso di soia infestata da Amaranthus cruentus : 20 piante di amaranto emerse con 10 giorni di ritardo sviluppano una competizione analoga a quella di 1 pianta emersa assieme alla coltura e la SEI varia così di 6-8 volte in relazione alla differente capacità competitiva delle due coorti di malerbe. La soglia economica ottimale (SEO) può essere definita come la densità al di sopra della quale le malerbe devono essere controllate per ottimizzare il beneficio economico nell'arco di un certo numero di anni. Questa soglia tiene conto e del danno diretto (riduzione della resa) e del danno indiretto (produzione di semi). La SEO combina in sostanza il modello economico usato per il calcolo della SEI con la dinamica di popolazione della malerba stessa.

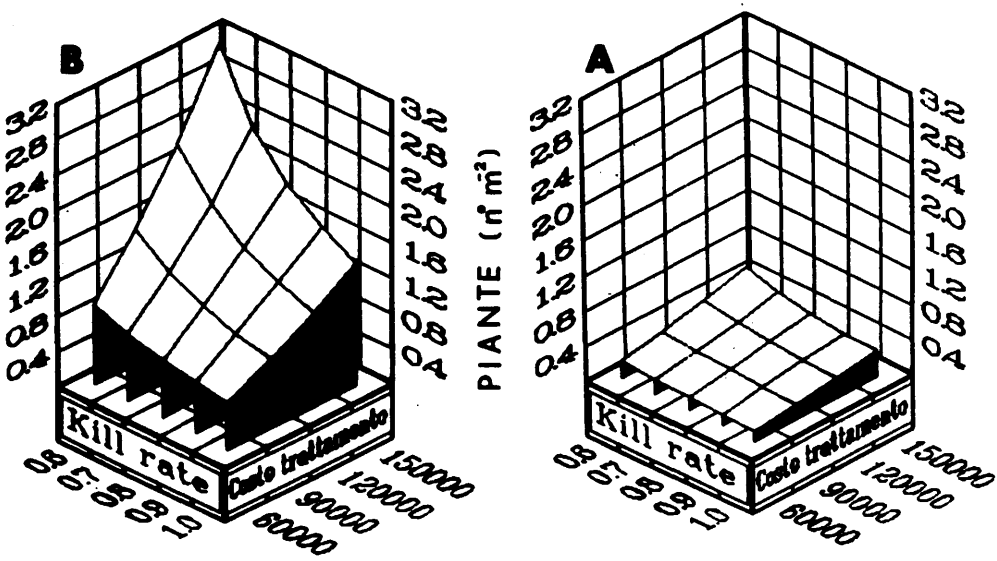


Figura 7: Esemplificazione della soglia economica di intervento nella soia infestata da Amaranthus cruentus emerso contemporaneamente ad essa (A) o con 10 giorni di ritardo (B), in funzione della % di controllo (kill rate) e del costo dell'intervento. Dati originali del Centro per lo Studio dei diserbanti.

Bisogna arrivare a stabilire quel numero di piante a m^2 la cui

disseminazione mantiene con il tasso di decremento naturale dello stock di semi un equilibrio tale da minimizzare il costo della lotta nell'intervallo di tempo voluto.

Dal punto di vista sperimentale risulta piuttosto difficile definire la SEO in quanto bisogna avere una serie cospicua di conoscenze sulla dinamica dei semi nel terreno. La possibilità più immediata per comprendere i fattori naturali ed agronomici che regolano il comportamento dei semi nel terreno è legata alla modellizzazione di questi fenomeni. Un tentativo in questo senso è lo sviluppo del modello WEPOM (Weed Population Model) ideato da Danuso e Zanin (1988), per poter simulare in modo continuo, dinamico e deterministico la consistenza dei più importanti indici demografici di una comunità di malerbe annuali, in funzione dei diversi disturbi che si possono attuare in un ecosistema agrario (lavorazioni, rotazione, diserbo, ...).

In ogni caso, in attesa che queste lacune possano essere colmate, si possono sviluppare le seguenti considerazioni: con malerbe dotate di semi molto persistenti nel terreno e capaci di elevate disseminazioni (Abutilon theophrasti, Chenopodium spp., ...) bisogna ricorrere alla SEO, avendo ben presente tuttavia che la soglia risulterà molto bassa (in certi casi prossima allo zero), mentre per specie con semi poco persistenti (1-3 anni) è pensabile poter ricorrere con successo alla SEI, nell'ambito però di un opportuno avvicendamento colturale. E' da sottolineare che buona parte delle graminacee festucoidee (Alopecurus myosuroides, Lolium multiflorum, ...) e panicoidee (Sorghum halepense, Digitaria sanguinalis, ...) non costituisce uno stock eccessivamente persistente nel terreno e quindi può essere gestita con successo con il criterio della SEI.

Per usare proficuamente la soglia di infestazione bisogna conoscere in ogni caso le malerbe allo stadio di plantula e adottare uno "scouting" accurato degli appezzamenti.

Per "scouting" si intende il "monitoraggio" degli appezzamenti al fine di inventariare le malerbe presenti e definirne la densità (numero piante per m^2). Uno scouting corretto si compone di 3 fasi: nella prima, con un sopralluogo veloce, si prende atto delle malerbe presenti, del loro stadio di sviluppo e dell'omogeneità dell'infestazione; nella seconda fase, che si può fare a tavolino, si individuano le malerbe chiave (le più competitive o le più difficili da eliminare) e si formano 2-3 o più gruppi in relazione alle possibilità di lotta; nella terza fase, la più importante, si deve decidere se trattare, cioè si deve valutare se la densità delle malerbe presenti in campo supera la SEI.

L'attuazione di questa decisione è legata alla determinazione della densità delle malerbe, valutazione non facile, dovendo conciliare la precisione nella stima della media con la rapidità di esecuzione. L'ottenimento di un'elevata precisione richiede infatti un alto numero di rilievi e sembra questo in effetti l'aspetto più critico nell'utilizzazione pratica della SEI nella lotta alle malerbe. Piuttosto però che cercare una stima precisa della densità delle infestanti, può essere più conveniente classificare la consistenza della popolazione in una delle due categorie interessanti dal punto di vista malerbologico: densità superiore e

inferiore alla SEI. Una possibilità consiste nell'utilizzare un metodo di campionamento sequenziale (C.S.). Rimandando ad un lavoro specifico (Zanin e Berti, 1988) per la descrizione del metodo si ritiene sufficiente in questa sede sottolineare come il vantaggio principale della C.S. consista nella rapidità con cui si può giungere ad una decisione operativa. Quando però la consistenza numerica delle infestanti si avvicina alla soglia, i vantaggi del campionamento sequenziale risultano più ridotti.

Lo "scouting" è lo strumento base per la gestione delle malerbe anche al di fuori del campionamento sequenziale: permette infatti di ricavare una serie preziosa di informazioni da utilizzare sia nell'annata in corso che nelle successive. E' l'unico mezzo per seguire l'efficacia e la persistenza dei trattamenti al terreno, per individuare le soluzioni chimiche più idonee negli interventi di postemergenza, per mappare le infestazioni nei diversi appezzamenti. Il momento più opportuno per eseguire tale mappatura sembra essere la raccolta (Baldwin e Santelmann, 1980).

L'applicazione del criterio gestionale della soglia è in definitiva nel suo complesso piuttosto impegnativa e le possibilità pratiche di ridurre gli interventi chimici non devono essere enfatizzate: in ogni caso è da sottolineare il valore "maieutico" di questo criterio: costringe l'agricoltore o il tecnico ad una partecipazione attiva, meditata, motivata, critica, alle scelte operative.

1.2.2. PERIODO CRITICO

Per decidere quando intervenire si deve ricorrere al secondo criterio gestionale tipico di una lotta mirata: il criterio del periodo critico (PC), che si basa sulla conoscenza delle relazioni competitive che si instaurano tra coltura ed infestanti e che sono definite dai seguenti parametri: durata della competizione tollerata (DCT) e periodo richiesto di assenza dalle malerbe (PRAM) (fig. 8).

Le malerbe lasciate liberamente sviluppare all'inizio del ciclo colturale non sono competitive per un certo periodo; in seguito ogni ulteriore permanenza dell'infestazione produce un danno via via crescente. La DCT rappresenta, pertanto, il periodo massimo di permanenza delle malerbe che può essere sopportato dalla coltura senza che questa subisca cali produttivi. Se le malerbe emergono in concomitanza con la coltura e permangono per tutto il ciclo, si ha la massima riduzione di resa: se invece emergono via via con un ritardo crescente rimanendo poi fino alla raccolta, l'effetto competitivo si riduce fino ad annullarsi. L'intervallo di tempo durante il quale la coltura deve rimanere priva di malerbe per evitare che la resa finale venga compromessa si definisce PRAM. Il periodo compreso tra la fine della DCT e quella del PRAM si definisce periodo critico (PC): se in questo lasso di tempo la coltura viene mantenuta libera dalle malerbe e si impediscono nuove emergenze, la resa non ne risente.

Non sono molti i dati italiani disponibili sul PC: si ricordano

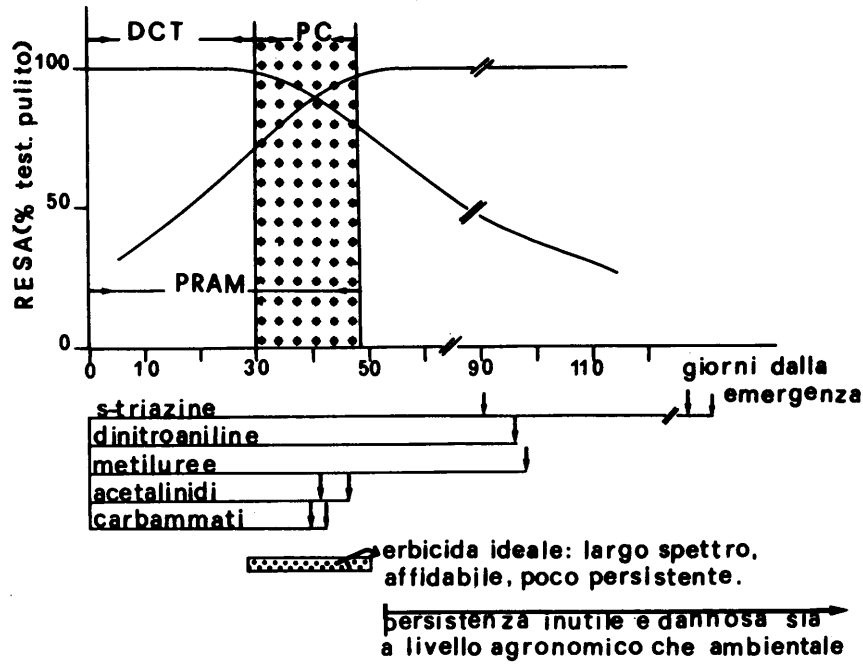


Figura 8: Esemplificazione teorica del periodo critico (PC) nel caso del mais. Le frecce in corrispondenza delle diverse famiglie di erbicidi indicano la persistenza media di alcuni loro membri (Da Zanin, 1987).

i lavori di Zanin et al. (1989) sulla competizione mais - A. theophrasti (fig. 9) e di Tei (1987 e 1988) sulla competizione tabacco - Echinochloa crus-galli e peperone- E. crus-galli (figg. 10a e b). Sia nel tabacco che nel mais il PC si attesta al di sotto dei 30 giorni mentre nel peperone trapiantato supera abbondantemente i 45-50 giorni, chiaro indice della scarsa capacità competitiva dell'orticola.

Il PC è in definitiva compreso nelle principali colture erbacee estive (mais, soia, ...), tra 20 e 40-45 giorni dall'emergenza; il periodo durante il quale le malerbe sono effettivamente dannose è in sostanza relativamente breve. Ciò fa risaltare l'enorme sproporzione tra le reali esigenze di controllo e l'impatto dell'intervento attuato: a fronte di una necessità piuttosto ridotta (inferiore al mese) si interviene spesso con prodotti che persistono molti mesi, (es. atrazina). Nell'ambito dell'IWMS gli erbicidi più persistenti, quando possibile, sono pertanto da evitare; la persistenza è infatti caratteristica dannosa sia a livello agronomico (aumenta la pressione di selezione sulla flora) sia a livello ambientale (aumentano le probabilità di inquinamento delle falde).

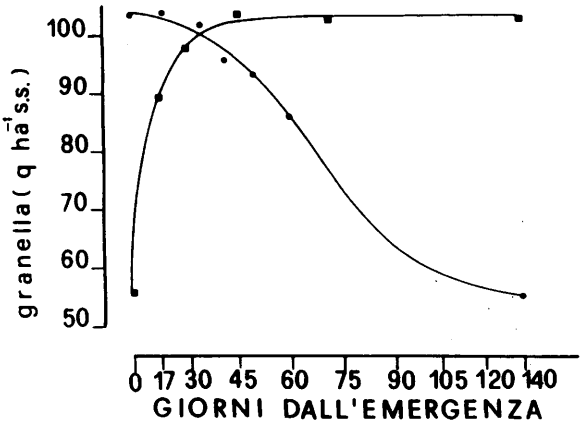


Figura 9: Andamento della produzione di granella nel mais in funzione dell'epoca di emergenza dell'Abutilon theophrasti (■) e della durata iniziale della competizione (●).

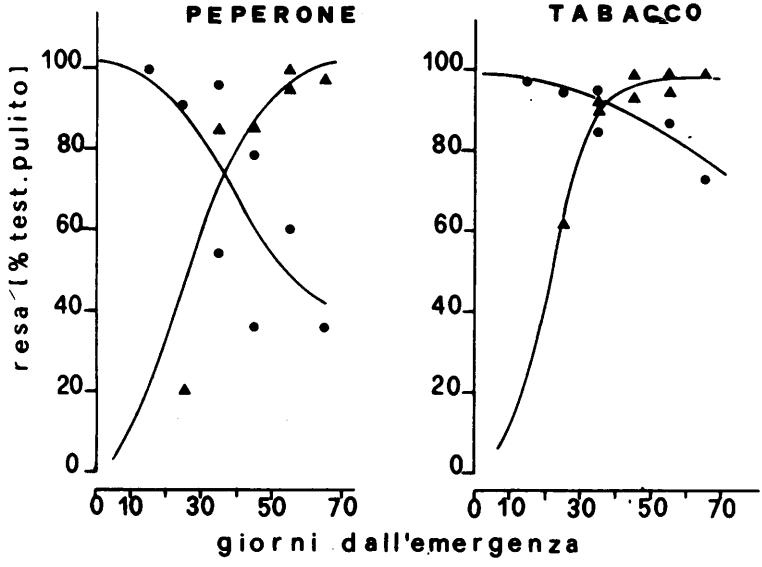


Figura 10: Andamento della produzione nel peperone e nel tabacco in funzione dell'epoca di emergenza di Echinochloa crus-galli (▲) e della durata iniziale della competizione (●). Curve interpolate sulla base dei dati di Tei 1987 e 1988.

1.3. LIVELLO TECNOLOGICO

Intervenire a livello tecnologico significa ottimizzare, nello spazio e nel tempo, l'uso degli erbicidi in modo da raggiungere il migliore risultato economico con la dose più bassa di prodotto. Già l'applicazione dell'IWMS concorre con la sua valenza strategica ad ottimizzare il diserbo abbassando, le probabilità che il danno superi la SEI e quindi riducendo la necessità di intervenire. Molti altri accorgimenti si possono, però, attuare anche prescindendo dagli aspetti più strettamente gestionali e floristici.

Dall'ormai famosa esemplificazione di Shaw et al. (1960) (fig. 11) si evince, infatti, come la quantità di p.a. che raggiunge il sito di azione sia una quota estremamente piccola: una serie di ostacoli e di eventi, differenti per i trattamenti al terreno ed alla vegetazione, si interpongono riducendo via via la quantità di p.a. che arriva inalterata al bersaglio. Non tutti gli ostacoli possono essere superati e non tutti gli eventi dominati tecnologicamente, ma alcune possibilità esistono in particolar modo per i trattamenti alla vegetazione.

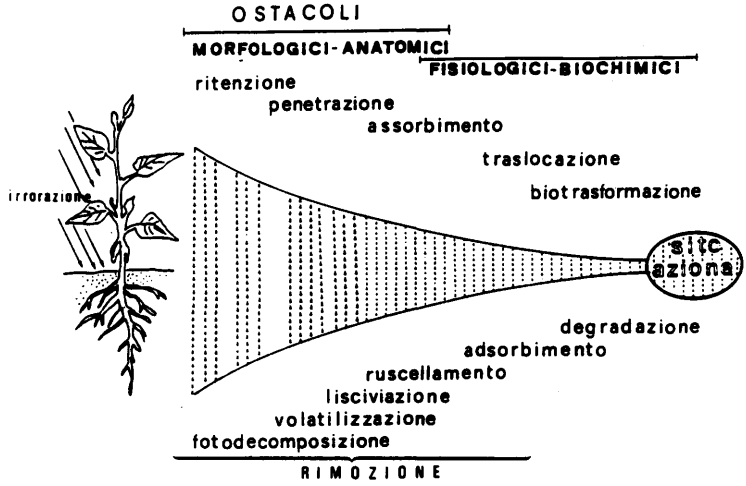


Figura 11: Ostacoli che l'erbicida incontra prima di raggiungere il sito d'azione (ridisegnato da Shaw et al., 1960).

1.3.1. AUMENTARE L'AFFIDABILITA'

Essenziale è innanzitutto aumentare l'affidabilità del trattamento erbicida, cioè far sì che l'effetto sia accettabile anche quando le situazioni floristiche ed ambientali non sono ottimali: con ciò si riduce in sostanza la necessità di eseguire trattamenti aggiuntivi. L'insufficiente efficacia del diserbo è in effetti un continuo problema contro cui l'agricoltore spesso si cautela au-

mentando le dosi, manovra comunque che non sempre dà gli esiti voluti (Devine, 1988).

Le possibilità per aumentare l'affidabilità del preemergenza non sono numerose: l'incorporamento dei prodotti in certi casi si rivela utile, soprattutto sotto regimi pluviometrici irregolari, così come l'irrigazione di soccorso ed una buona preparazione del letto di semina (livellamento, amminutamento, ...).

Si rende affidabile e dunque indipendente dalle condizioni ambientali e vegetative l'azione del postemergenza migliorando la ritenzione, la penetrazione e la traslocazione del p.a. Si ottengono questi esiti scegliendo opportunamente la tecnica di irrorazione, la formulazione e gli additivi. Questo insieme di accorgimenti opportunamente integrati tra loro consente di superare gli ostacoli indotti da piogge persistenti o da stress ambientali che ritardando l'esecuzione del trattamento e, favorendo una più abbondante produzione di cere epicuticolari, riducono la penetrazione degli erbicidi. Indispensabile diventa anche l'organizzazione aziendale (terreni ben sistemati, viabilità efficiente, macchine capaci ed adeguate, ...) per garantire la massima tempestività nell'esecuzione dei trattamenti.

1.3.2. RIDURRE LE DOSI

Si ottimizza l'uso degli erbicidi inoltre riducendo, dove possibile, le dosi di impiego. Quella consigliata è di norma una quantità media che garantisce un controllo soddisfacente nella maggior parte delle situazioni pedoclimatiche e floristiche. Non tutti i terreni però hanno le caratteristiche più sfavorevoli per l'estrinsecazione dell'efficacia erbicida (alta percentuale di argilla o di sostanza organica ...) e non tutte le popolazioni di malerbe sono costituite dalle specie più difficili da combattere: modulando la dose in funzione del terreno e delle malerbe (tipo, stadio vegetativo, epoca di emergenza, ...) si possono ridurre le quantità garantendo ugualmente un controllo soddisfacente. I presupposti biologici e agronomici su cui si basano queste assunzioni sono i seguenti: 1) più le malerbe sono piccole più sono sensibili agli erbicidi; 2) le malerbe tardive (emerse alla fine del PRAM) e quelle la cui densità è inferiore alla SEI si possono lasciare perché non danneggiano la resa e con la loro disseminazione, di solito limitata, riducono la pressione di selezione. E' inutile e dannoso quindi alzare le dosi per ricercare una persistenza più prolungata o una percentuale di controllo pressoché assoluta. Da ciò si evince anche che ogni agricoltore dovrebbe, nella propria azienda tarare la dose di impiego impostando delle elementari prove comparative tra diversi dosaggi.

Lo sviluppo della tecnica delle "microdosi" sposa in pieno questi presupposti mettendo a frutto il seguente assioma: "intervenendo su piante nei primissimi stadi vegetativi si possono abbassare moltissimo le dosi, in particolar modo se si usano attivatori ed additivi e si sfruttano i sinergismi biologici che si sviluppano tra i "partners" della miscela irrorata". Alla riduzione delle dosi deve corrispondere però anche la riduzione dei volumi,

il che sottintende l'adeguamento tecnico delle apparecchiature di distribuzione.

Su soia e bietola questa giovane tecnica sta dando i primi interessanti risultati (Meriggi e Rosso, 1988 a e b; Rosso e Meriggi, 1989); non bisogna però dimenticare che è una tecnica complessa che richiede un numero superiore di trattamenti ed un bagaglio di conoscenze molto elevato. Bisogna poi sottolineare che la tecnica delle microdosi non è valida per tutte le situazioni: l'opportunità di un suo utilizzo deve essere valutata coltura per coltura, appezzamento per appezzamento (Oliver, 1989). Le perplessità di alcuni Autori sono quindi doverose (Montuschi, 1989) ma non tali da inficiare la bontà della proposta.

Anche la tecnica colturale può contribuire a ridurre le dosi. Come è evidente in fig. 12 l'interramento aumenta l'azione dell'atrazina verso l'Abutilon theophrasti Medicus a tal punto che, dimezzando le dosi, si mantiene inalterato il controllo, rispetto all'atrazina distribuita in superficie. Il maggior assorbimento di erbicida dovuto ad un più prolungato contatto fra atrazina ed ipocotile, sito preferenziale di assorbimento, spiega il diverso esito biologico che si osserva con le due modalità di distribuzione.

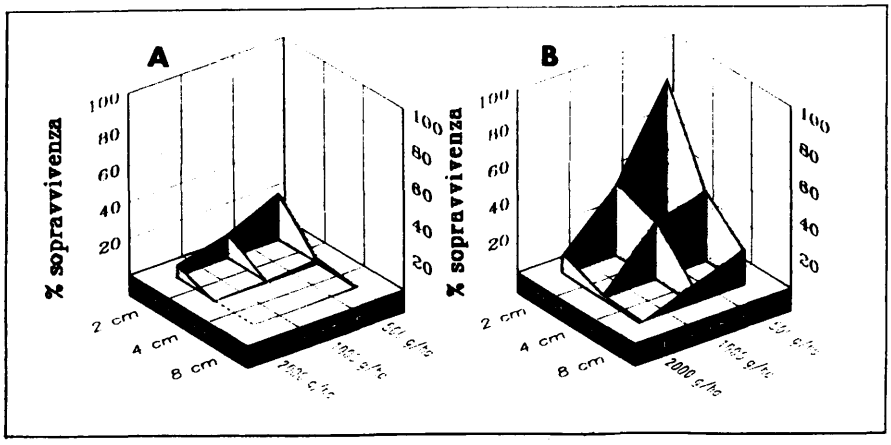


Figura 12: Effetto dell'atrazina interrata (A) o distribuita in superficie (B) su Abutilon theophrasti al variare della dose di impiego e della profondità di localizzazione del seme della malerba. Dati originali del Centro per lo Studio dei Diserbanti.

1.3.3. INTEGRARE LE DIVERSE POSSIBILITA'

L'integrazione tra le diverse possibilità di lotta è un ulteriore mezzo per ottimizzare l'uso del diserbo: con la localizzazione si integra l'intervento chimico con quello meccanico ottenendo risparmi molto consistenti. In un prossimo futuro l'integrazione tra erbicidi di sintesi e micoerbicidi consentirà nuove alternative contro malerbe specifiche ma particolarmente competitive come l'A. theophrasti (Hodgson et al., 1988; Wymore et al., 1989).

Anche lo sfruttamento dei sinergismi tra erbicidi o tra erbicidi ed altre sostanze può migliorare l'integrazione tra le diverse soluzioni di lotta. La tecnica delle microdosi, come già visto, si basa su tali effetti. L'inibizione poi della sintesi degli acidi grassi a lunga catena operata da alcune famiglie di erbicidi (acetanilidi, carbammati, ...) fa sì che le malerbe sopravvissute abbiano una cuticola meno ricca di cere epicuticolari (Gaillardon e Gauvrit, 1984). Queste malerbe così precondizionate sono più suscettibili ad eventuali erbicidi di postemergenza essendo facilitata la loro penetrazione: una riduzione delle dosi di questi ultimi appare quindi possibile ed opportuna.

Gli individui di Conyza bonariensis resistenti al paraquat hanno, rispetto ai sensibili, più alti livelli dei tre seguenti enzimi: superossido dismutasi, ascorbato perossidasi e glutatione riduttasi. Questi enzimi detossificano i superossidi prodotti dal paraquat a livello fotosintetico. La superossido dismutasi contiene sia rame che zinco: l'uso di chelanti che complessano questi metalli inattivano l'enzima sinergizzando l'azione non solo di paraquat, ma anche di acifluorfen e atrazina, le cui dosi possono essere quindi ridotte (Shaaltiel e Gressel, 1986).

1.3.4. EVITARE GLI SPRECHI

Infine è importante evitare gli sprechi; si raggiunge tale obiettivo trattando solo le aree infestate, scegliendo i p.a. in funzione delle malerbe presenti, distribuendo la dose stabilita e non miscelando prodotti superflui. E' questo il caso della miscela cloridazon+TCA nella bietola. La persistenza limitata del TCA fa sì che quando emergono le graminacee estive la sua concentrazione nel terreno sia insufficiente per controllarle. Se viene miscelato al cloridazon o ad altri prodotti similari per contenere tali specie è chiaramente sprecato; ovviamente non è così se viene usato per eliminare l'Alopecurus myosuroides ad emergenza più precoce.

L'ottimizzazione comporta, in definitiva, la gestione della terza decisione tattica, cioè come diserbare. Questa fase è piuttosto delicata e lo sarà ancora di più in futuro. L'utilizzo delle miscele è infatti crescente sia per ridurre i costi sia per completare lo spettro di efficacia. Attualmente con lo sviluppo dei nuovi erbicidi a stretta gamma d'azione, questa via sembra obbligata. Si pone però il problema di evitare gli antagonismi (biochimici, fisiologici, chimici e competitivi) che si possono creare tra i diversi p.a. ed altri componenti della miscela. Nelle com-

plete rassegne di Hatzios e Penner (1985) e Green (1989) si può osservare quanto questi fenomeni siano diffusi e quanto articolata la problematica. Le variabili da considerare sono numerose in quanto il formulato che si irrora è un prodotto tecnologicamente complesso costituito spesso da molti elementi: due o più erbicidi, additivi, coformulanti, sinergizzanti, antidoti. E' facile che si sviluppino delle interazioni che devono essere conosciute e gestite: si parla infatti sempre più spesso di "antagonism management". A questo proposito si auspica lo sviluppo di "sistemi esperti" in grado di individuare le soluzioni migliori: la grande quantità di miscele ipotizzabili rende, infatti, impossibile una completa sperimentazione di campo. Per dare un ordine di grandezza al fenomeno si ricorda che negli USA erano disponibili nel 1988 ben 156 diverse miscele per il diserbo della soia. L'Italia è lontanissima da questa situazione: come dimostrato da Bassi et al. (1988) è il paese che in Europa sfrutta di meno le miscele.

Può lasciare, in ogni caso, perplessi questo esasperato input tecnologico che si sta riversando sul diserbo, soprattutto se si pensa al livello manageriale di molte aree agricole del nostro Paese; ci sembra comunque una via obbligata consapevoli che un sistema tecnologico per funzionare deve far progredire contemporaneamente tutti i suoi segmenti. Non è quindi pensabile ricavare da tale tecnologia il massimo di convenienza economica e compatibilità ambientale se esiste un divario eccessivo tra il contenuto tecnologico dell'erbicida e la capacità manageriale di gestirlo.

Ridurre le quantità è quindi possibile, lo sforzo però è notevole. Merita sottolineare l'assoluta necessità di integrare e coordinare i tre momenti di intervento: una lotta mirata senza un sufficiente livello tecnologico è votata alla sconfitta, così come è impensabile equilibrare la flora infestante al di fuori di una gestione integrata delle malerbe.

2. SCEGLIERE LE MOLECOLE ADEGUATAMENTE

L'impatto ambientale che gli erbicidi possono produrre è legato essenzialmente alla loro tendenza, più o meno spiccata nelle diverse famiglie, ad interessare il comparto "acqua". Se si riesce a mantenere confinato l'erbicida nello strato lavorato del terreno si migliora quindi la compatibilità ambientale della tecnologia diserbo.

Sotto questo punto di vista si deve innanzitutto osservare che un erbicida non ne vale assolutamente un altro, così come ben diverso è l'effetto della tecnica di applicazione e della stagione di impiego. Si può ritenere, infatti, che scegliendo opportunamente le molecole in funzione delle loro proprietà chimico-fisiche e delle caratteristiche idropedologiche dell'ambiente sia possibile rendere compatibile il diserbo nella maggior parte delle situazioni a patto che le scelte vengano programmate a livello territoriale. Un ruolo notevole in questo senso può essere svolto dalle pratiche agronomiche che devono essere adeguate alle varie condizioni.

2.1. PROPRIETA' CHIMICO-FISICHE DELLE MOLECOLE

Le proprietà principali che influenzano il destino ambientale di un erbicida ed in particolare la sua tendenza a contaminare le acque profonde, sono le tre seguenti: solubilità in acqua, lipofilia e persistenza.

Solubilità: un prodotto insolubile non dissolve e non si sposta con l'acqua di percolazione; anche se alcuni Autori (Nicholls, 1988) tendono a ridurre l'importanza di questa variabile o meglio a limitarne la generalizzazione, si può ritenere che più un erbicida è solubile maggiori sono le probabilità che possa raggiungere le acque di falda.

Nella tab. 1 si può osservare la solubilità di una serie di erbicidi: è da notare la grande variabilità esistente a carico di questo parametro.

Lipofilia: più una molecola è adsorbita dai colloidi del terreno, meno è disponibile per essere trasportata dall'acqua di percolazione. Il parametro utile a caratterizzare questa tendenza è il coefficiente di ripartizione tra il terreno e l'acqua (Kd) dato dal rapporto tra la concentrazione dell'erbicida adsorbito al terreno e quella dell'erbicida nell'acqua. Più è alto questo valore più il prodotto viene trattenuto dal complesso assorbente del suolo. Terreni diversi hanno quindi valori diversi di Kd; si è visto però che le differenze sono ascrivibili soprattutto al contenuto in sostanza organica (s.o.). Sulla base di ciò si può calcolare il coefficiente di ripartizione carbonio organico/acqua (Koc) che rimane relativamente stabile su una larga gamma di terreni. Il Koc si ricava in definitiva dividendo il Kd per la percentuale di carbonio organico del terreno.

In assenza di dati sperimentali specifici, il valore del Koc può essere stimato sulla base della lipofilia del prodotto, espressa dal coefficiente di ripartizione n-ottanolo/acqua (Kow). La relazione tra Koc e Kow è infatti sufficientemente stretta, in particolare per i composti non ionici, e numerose sono le formule che ne permettono il calcolo (McCall et al., 1983).

Si utilizza il Kow in quanto è di calcolo relativamente facile e perché rappresenta un valore standardizzato molto utile per impostare confronti tra erbicidi.

In definitiva, più un erbicida ha un Kow elevato più viene adsorbito dal terreno. E' da notare, inoltre, che tale parametro è correlato inversamente alla solubilità: prodotti fortemente adsorbiti (Kow alto) sono anche poco solubili.

L'utilità di tale parametro è duplice: definisce 1) la ripartizione dell'erbicida e 2) la velocità con cui si muove attraverso il terreno in condizioni di flusso idrico. Poiché l'erbicida si muove più lentamente dell'acqua di percolazione è possibile calcolare un "fattore di ritardo" a partire dal valore della lipofilia e dalle caratteristiche del terreno (s.o., densità, ...). I prodotti solubili con basso Kow vengono solo debolmente ritardati e quindi sono i candidati più pericolosi per la contaminazione delle falde. Nella tab. 1 è riportato il Kow di una serie di prodotti: anche in questo caso è da notare l'estrema diversificazione dei valori.

Tabella 1: Solubilità, tempo di dimezzamento e logaritmo del coefficiente di ripartizione tra n-ottanolo e acqua in alcuni erbicidi.

ERBICIDI	Solubilità (ppm)	$t_{\frac{1}{2}}$ (giorni)	Log Kow
ATRAZINA	30,0 (20°C)	64 (1)	2,80 (5)
SIMAZINA	3,5 (20°C)	75 (2)	2,51 (3)
TERBUTILAZINA	5,0 (20°C)	---	3,20 (4)
ALACLORO	240,0 (23°C)	18 (1)	2,16 (6)
METOLACLORO	530,0 (20°C)	42 (1)	2,99 (9)
LINURON	75,0 (25°C)	75 (1)	3,10 (4)
PENDIMETALIN	0,3 (20°C)	45 (8)	6,10 (4)
TRIFLURALIN	0,3 (25°C)	132 (1)	5,70 (4)
PARAQUAT	*	3600 (5)	7,50 (5)
FLUAZIFOP-BUTIL	2,0 (20°C)	---	5,70 (4)
DICAMBA	4500,0 (25°C)	14 (1)	2,46 (3)

* = completamente solubile a 25 °C.

(1) Jury et al., 1987; (2) Rao et al., 1985; (3) Reinert e Rodgers 1987; (4) Vighi et al., 1987; (5) Bishop, 1985; (6) Suntio et al., 1988; (7) Neely, 1986; (8) Zimdahl et al., 1984; (9) calcolato secondo Mc Call et al., 1983 sulla base del Koc riportato da Jury et al., 1987.

Persistenza: anche la velocità con cui una molecola viene rimossa dal terreno influenza la sua attitudine a raggiungere la falda. Il movimento dell'acqua sposta l'erbicida disciolto mentre l'adsorbimento ne rallenta la discesa; in ogni caso la massa dell'erbicida rimane inalterata. La degradazione biologica, ed in minor misura quella chimica, sono i principali processi che portano ad una riduzione della massa dell'erbicida. Questi processi però non sono istantanei per cui risulta importante quantificare il tempo richiesto perché essi si compiano. I riscontri sperimentali hanno dimostrato che la degradazione segue spesso un andamento simile al decadimento radioattivo. Matematicamente tale processo viene quantificato con il tempo di dimezzamento ($t_{\frac{1}{2}}$): il tempo cioè richiesto perché la quantità presente sia ridotta alla metà. Il $t_{\frac{1}{2}}$ viene determinato di solito in laboratorio sotto condizioni controllate. La degradazione però è un processo biologico e come tale influenzato dalle condizioni ambientali: nonostante ciò si è visto che il valore ricavato dagli esperimenti di laboratorio è più che sufficiente, almeno in prima approssimazione, per modellizzare il fenomeno ed operare dei confronti.

Ovviamente più il $t_{\frac{1}{2}}$ di un erbicida è elevato più questo sarà favorito come potenziale contaminante delle falde. Erbicidi poco persistenti sono meno facilitati nella contaminazione in quanto hanno più tempo ed opportunità di essere degradati prima di arrivare in falda. Di contro erbicidi debolmente adsorbiti avranno meno tempo a disposizione per essere degradati in quanto non essendo trattenuti dai colloidi possono più velocemente attraversare il terreno (basso fattore di ritardo). I prodotti più temibili come contaminanti sono in definitiva quelli con basso Kow e lungo $t_{\frac{1}{2}}$. Nella tab. 1 è riportato il $t_{\frac{1}{2}}$ di una serie di diserbanti.

Bishop (1985), analizzando le proprietà degli erbicidi più frequentemente rinvenuti nelle acque sotterranee degli USA, è arrivato alla conclusione che sono da considerarsi come potenziali contaminanti, i prodotti con un $t_{\frac{1}{2}}$ superiore ai 100 giorni, un log Kow inferiore a 2,5 ed una solubilità in acqua superiore alle 100 ppm..

Si può notare dalla tab. 1 che i parametri specifici dell'atrazina sono molto vicini a quelli teorici.

2.2. CARATTERISTICHE IDROPEDOLOGICHE DELL'AMBIENTE

Le caratteristiche ambientali da considerare sono: la ricarica annuale, data dall'eccesso di precipitazioni + irrigazioni sulla evapotraspirazione effettiva (ETE), la permeabilità dei terreni e la profondità della falda.

I terreni permeabili, dove la falda è superficiale e la ricarica annuale è alta, sono i più suscettibili alla contaminazione da parte degli erbicidi in quanto più ridotto è il tempo tra l'applicazione del prodotto alla superficie del terreno e l'arrivo in falda, il cosiddetto "travel time".

Da quanto detto emerge che conoscendo le caratteristiche delle molecole e del territorio è possibile operare scelte valide anche

a livello ambientale. L'adeguamento della tecnica agronomica, in ogni caso, può rendere possibile combinazioni "molecola-ambiente", altrimenti non corrette. Tra gli accorgimenti più opportuni si ricorda lo spostamento del diserbo in postemergenza e il ricorso, se possibile, alle tecniche di non lavorazione (NL) o di minima lavorazione (ML). Con il postemergenza si irrorano molecole che in generale hanno una persistenza ridotta; inoltre solo una quota parte (mediamente un terzo) del prodotto raggiunge il terreno, essendo i restanti due terzi trattenuti e metabolizzati dall'apparato fogliare della comunità vegetale (coltura + malerbe). Il postemergenza è ancora più utile se viene inserito in un contesto di NL o ML dove un ulteriore filtro si interpone tra erbicida e terreno: la sostanza organica indecomposta presente alla superficie del terreno intercetta e adsorbe infatti buona parte del prodotto che supera il manto vegetale. La quantità che arriva al terreno è quindi estremamente ridotta.

E' evidente che lo spostamento della lotta alle malerbe in postemergenza ed il ricorso alle pratiche di NL o ML permettono di utilizzare il diserbo anche in situazioni pedoclimatiche particolarmente favorevoli alla percolazione. In quest'ultima condizione il ricorso a sistemi di irrigazione a scarsa efficacia e con alti volumi (es. scorrimento) è invece quanto mai controindicato: nei terreni permeabili l'irrigazione aumenta la ricarica e quindi si riduce il "travel time" dell'erbicida. Sarebbe opportuno riqualificare quindi in tali ambienti il sistema irriguo, soluzione non facile in zone dove l'attività agricola è legata a sistemazioni oramai secolari.

3. CONCLUSIONI

Le possibilità per migliorare la compatibilità ambientale della tecnologia diserbo esistono e sono numerose.

Gli esiti positivi sono legati però all'integrazione e coordinazione tra i vari accorgimenti che si possono realizzare sia a livello aziendale che extraaziendale.

All'interno dell'azienda deve aumentare il bagaglio di conoscenze, la capacità manageriale, l'organizzazione aziendale. Tutto ciò può essere acquisito dal singolo imprenditore o più realisticamente surrogato da un'opportuna assistenza tecnica.

Altri accorgimenti devono essere sviluppati a livello extraaziendale e si concretizzano in un'attenta programmazione delle combinazioni erbicida-ambiente. Ciò è importante soprattutto nelle zone dell'alta pianura, le più vulnerabili alla contaminazione. Questo insieme di accorgimenti per dare i risultati sperati, dovrebbe essere gestito dagli Enti territoriali già esistenti (province, regioni, ...) o appositamente creati (Autorità di bacino ...).

E' necessario quindi un grande sforzo per aumentare le conoscenze e la capacità di programmazione. Del resto Monod nel suo famoso libro "Il caso e la necessità" sosteneva che "... la distruzione della natura rivela una tecnologia insufficiente non un eccesso di tecnologia". Le colpe attribuite alla scienza ed alla

tecnologia si possono cioè correggere solo con più scienza e tecnologia e non con il ritorno allo stato di primitiva innocenza dell'uomo. La tecnologia in ogni caso non è costituita solo da innovazioni strumentali (nuove molecole, nuove macchine, ...) ma anche da innovazioni di processo cioè da organizzazione, managerialità, capacità di ricombinare i fattori produttivi e di inventare soluzioni nuove. Attualmente c'è molto bisogno anche di questo secondo tipo di innovazioni.

BIBLIOGRAFIA

Baldwin F.L. e Santelmann P.W., 1980. Weed Science in integrated pest management. Bioscience, 30, 10, 675-678.

Baldoni G., Catizone P., Taccheo Barbina M. e Spessotto G., 1989. Influenza di pratiche agronomiche sull'infestazione potenziale di malerbe e sui residui di diserbanti nel terreno. Rivista di Agronomia, 23, 222-234.

Bassi A., Catizone P. e Zanin G., 1988. Evoluzione del diserbo chimico in agricoltura. La Difesa delle Piante, 11, 2, 95-122.

Bishop K.C., 1985. Why are chemicals in groundwater? NCWCC Proc. vol. 40, 147-151.

Cantele A., Zanin G. e Zuin M.C., 1985. Resistenza cloroplastica alle triazine: attuale estensione del fenomeno e prospettive. L'Informatore Agrario, 9, 153-168.

Covarelli G. e Tei F., 1988. Effet de la rotation culturale sur la flore adventice du mais. VIIIeme Colloque International Biologie, Ecologie et Systematique des Mauvaises herbes. ANPP-EWRS, tome 2, 477-484.

Cousens R., 1987. Theory and reality of weed control thresholds. Plant Protection Quarterly, 2, 13-20.

Danuso F. e Zanin G., 1988. Simulazione della dinamica di popolazioni annuali in colture erbacee: I. Descrizione del modello WEPOM. In corso di stampa su: Rivista di Agronomia.

Devine M.D., 1988. Environmental influences on herbicide performance: a critical evaluation of experimental techniques. Proc. EWRS Symp. "Factors Affecting Herbicidal Activity and Selectivity", 219-226.

Ferrari C., Baldoni G. e Tei F., 1987. Lo studio della vegetazione infestante le colture agrarie. Atti VI Convegno SILM, Milano, 12 settembre, 1-153.

Ferrari C, Speranza M., Catizone P., 1984. Weeds and crop management of wheat in northern Italy. Proc. 6th Inter. Symp. on Weed Biology, Ecology and Systematics (Paris): 411-420.

Gaillardon P. e Gauvrit C., 1984. L'absorption foliaire des herbicides. Phytoma - Defense des cultures, 12-16.

Grant I. e Beversdorf W.D., 1985. Agronomic performance of triazine-resistant single-cross oilseed rape (Brassica napus L.). Canadian Journal of Plant Science, 65, 889-892.

Hatzios K.K. e Penner D., 1985. Interactions of herbicides with other agrochemicals in higher plants. Reviews of Weed Science, vol. 1, 1-63.

Hodgson R.H., Wymore L.A., Watson A.K., Snyder R.H. e Collette

A., 1988. Efficacy of Colletotrichum coccodes and thidiazuron for velvetleaf (Abutilon theophrasti) control in soybean (Glycine Max). Weed Tech., 2, 473-480.

Jury W.A., Focht D.D. e Farmer W.J., 1987. Evaluation of pesticide groundwater pollution potential from standard indices of soil-chemical adsorption and biodegradation. J. Environ. Qual., 16, 422-428.

Marshall G., 1987. Implications of herbicide - tolerant cultivars and herbicide-resistant weeds for weed control management. British Crop Protection Conference-Weeds, volume 2, 489-498.

McCall P.J., Laskowski D.A., Swann R.L. e Dishburger H.J., 1983. Estimation of environmental partitioning of organic chemicals in model ecosystems. Residue Reviews, 85, 231-244.

Meriggi P. e Rosso F., 1988a. Diserbo chimico di postemergenza, attualità e prospettive. Tra le bietole, 2, 2-9.

Meriggi P. e Rosso F., 1988b. Il diserbo chimico della barbabietola da zucchero ad una svolta concreta. Attualità e prospettive del postemergenza. L'Informatore Agrario, 50, 70-78.

Monod J., 1970. Il caso e la necessità. Mondadori.

Montuschi G., 1989. Sì alle basse dosi ma con prudenza. Terra e Vita, 14, 118-119.

Mueller T.C., Witt W.W. e Barrett M., 1989. Antagonism of johnsongrass (Sorghum halepense) control with fenoxaprop, haloxyfop and sethoxydim by 2,4 D. Weed Tech, 3, 1, 86-89.

Murdoch W.W., 1975. Diversity, complexity, stability and pest control. J. of Applied Ecol., 12, 795-807.

Nicholls P.H., 1988. Factors influencing entry of pesticides into soil water. Pestic. Sci., 22, 123-197.

Odum E.P., 1988. Basi di ecologia. Piccin.

Oliver L.R., 1989. Factors affecting herbicide rate in soybeans: strategies for reduced herbicide rates. IV World Soybean Research Conference, 1613-1619.

Olson W.A. e Nalewaja J.D., 1981. Antagonistic effects of MCPA on wild oat (Avena fatua) control with diclofop. Weed Sci., 29, 566-571.

Rao P.S.C., Hornsby A.G. e Jessup R.E., 1985. Indices for ranking the potential for pesticide contamination of groundwater. Proc. Soil and Crop Science Society of Florida, vol. 44, 1-24.

Reinert K.H. e Rodgers J.A., 1987. Fate and persistence of aquatic herbicides. Reviews of Environmental Contamination and Toxicology, vol. 98, 61-98.

Rosso F. e Meriggi P., 1989. Le dosi ridotte nei programmi di diserbo della bietola e della soia. Tra le bietole, 1, 10-22.

Shaaltiel Y. e Gressel J., 1986. Biochemical analysis of paraquat resistance in Conyza leads to pinpointing synergists for oxidant generating herbicides. In "Pesticide Science and Biotechnology", 183-186. Blackwell Scientific Publications.

Shaw W.C., Hilton J.L., Moreland D.E. e Jansen L.L., 1960. Herbicides in plants. In "The nature and fate of chemicals applied to soil, plants and animals". Agr. Res. Serv., USDA, ARS.

Suntio L.R., Shin W.Y., MacKay D., Seiber J.N., Glotfelty D., 1988. Critical review of Henry's Law Constants for pesticides.

Reviews of Environmental contamination and toxicology, 103, 1-59.

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 in "Produttività delle piante coltivate", Curriculum "Produttività ed Ambiente".

Tei F., 1988. Competition between Echinochloa crus-galli (L.) Beauv. and pepper (Capsicum annuum L.). In "Weed Control in Vegetable Production". Ed. Cavalloro e El Titi - A.A. Balkema-Rotterdam-Broakfield, 223-235.

Tissut M. e Severin F., 1984. Plantes, herbicides et desherbage. ACTA.

Todd B.G. e Stobbe E.H., 1980. The basis of the antagonistic effect of 2,4 D on diclofop-methyl toxicity to wild oats (Avena fatua). Weed Sci., 28, 371-377.

Vighi M., Calamari D., Bacci E., Gazzi C. e Di Guardo A., 1987. L'uso della biomassa nel modello di fugacità: esempi di calcolo. Atti 6° Simposio Chimica degli Antiparassitari, 369-384.

Tomkins D.J. e Grant W.F., 1977. Effects of herbicides on species diversity of two plant communities. Ecology, 58, 398-406.

Zanin G., 1987. L'atrazina nel diserbo del mais (Zea mays L.) e del sorgo (Sorghum vulgare Pers.): possibilità di sostituzione e di riduzione delle dosi di impiego. Atti: Diserbo, Ecologia, Sanità. Alessandria, 21 gennaio 1987.

Zanin G., 1989. Il diserbo controllato. Agricoltura Ricerca, 98, 105-116.

Zanin G. e Sattin M., 1988. Threshold level and seed production of velvetleaf (Abutilon theophrasti Medicus) in maize. Weed Research, 28, 5, 347-352.

Zanin G. e Berti A., 1988. Il campionamento sequenziale nella gestione integrata della lotta alle malerbe. In corso di stampa su: Rivista di Agronomia.

Zanin G., Mosca G. e Catizone P., 1989. La vegetazione infestante del mais nella pianura padano-veneta. Nota 2: Aspetti fitosociologici ed organizzazione strutturale. In corso di preparazione.

Zanin G., Berti A. e Sattin M., 1989. Mais (Zea mays L.) - Abutilon theophrasti Medicus: effetto della durata e del periodo di competizione. Rivista di Agronomia, 2, 185-192.

Ziliotto U. et al., 1989. Influenza delle lavorazioni del terreno sulla vegetazione infestante: presentazione del problema e analisi dei risultati di prove collegiali italiane. In corso di preparazione.

Zimdahl R.L., Catizone P. e Butcher A.C., 1984. Degradation of pendimenthalin in soil. Weed Sci. 32, 408, 412.

Wymore L.A. e Watson A.K., 1989. Interaction between a velvetleaf isolate of Colletotrichum coccodes and thidiazuron for velvetleaf (Abutilon theophrasti) control in field. Weed Sci., 37, 478-483.

Young J.A. e Evans R.A., 1976. Responses of weed populations to human manipolations of the natural environment. Weed Sci., 24, 2, 186-190.

LAVORI SPERIMENTALI

RAZIONALIZZAZIONE DEGLI INTERVENTI DI CONTROLLO DELLE MALERBE: APPLICAZIONE DI WEPOM ALLO STUDIO DELLA DINAMICA DI INFESTAZIONE DI ABUTILON THEOPHRASTI Medicus

Francesco Danuso e Giuseppe Zanin (1)

INTRODUZIONE

Lo studio dell'effetto sulle infestanti delle innumerevoli combinazioni di livelli e modalità dei disturbi nonchè delle epoche di intervento e dei rapporti di competizione sembra possibile, data la sua complessità, solo con la modellizzazione del sistema e la sua simulazione al calcolatore. Questa via è stata impiegata per prevedere l'evoluzione della flora infestante (Aarts, 1986; Debaeke e Sebillotte, 1988), l'impatto delle diverse tecniche colturali (King et al., 1986; Hacker and Hess, 1986) o per definire la soglia economica ottimale di intervento (Cousens et al., 1986; Doyle et al., 1986). Più recentemente è stato realizzato il modello WEPOM (WEed POpulation Management model)(Danuso e Zanin, 1988) che permette lo studio del sistema valutando la portata e le conseguenze dei disturbi non solo sulla riduzione di resa ma anche sulla consistenza della "seed bank". Lo stock di semi presenti nel terreno è infatti, oltre alla riduzione di resa della coltura, il parametro di base su cui valutare l'efficacia delle diverse tecniche colturali o di gestione delle malerbe.

Il modello WEPOM (attualmente nella versione 1) simula in modo continuo, dinamico e deterministico la consistenza dei più importanti indici demografici di una comunità di malerbe annuali in funzione dei diversi "disturbi" (vedi Grime, 1979) che si possono attuare in un ecosistema agrario seminativo (rotazioni, lavorazioni, diserbo, ecc.). WEPOM è attualmente adattato e calibrato per le colture del mais e del frumento in competizione con l'Abutilon theophrasti Medicus. Tale malerba, attualmente in grande diffusione nelle colture primaverili-estive del nord-Italia, è di difficile controllo sia per la sua accentuata scalarità di emergenza, sia per la limitata gamma di erbicidi disponibili e/o la loro scarsa flessibilità di impiego.

L'ottimizzazione dell'epoca di esecuzione degli interventi di controllo riveste quindi notevole importanza economica e ambientale, nell'ottica di ridurre gli impatti negativi degli interventi sull'ecosistema.

Mediante la simulazione al calcolatore della dinamica di popolazione con il modello WEPOM si può cercare di ottimizzare le operazioni colturali atte a ridurre le perdite di resa derivanti dalla competizione con le infestanti e il livello della "seed bank" nel terreno.

Nel presente lavoro, dopo una illustrazione preliminare del modello si riferiranno i risultati di una simulazione sul confronto tra due erbicidi con differenti caratteristiche di azione, inseriti in diversi contesti agronomici.

(1) Rispettivamente Assistente ordinario presso l'Istituto di Produzione Vegetale di Udine e Professore Associato presso l'Istituto di Agronomia e Coltivazioni Erbacee di Padova.

STRUTTURA DEL MODELLO WEPOM

Il modello, attualmente funzionante nella versione 1, verrà descritto solo nelle linee generali; per una descrizione matematica completa si rimanda ai due lavori precedenti (Danuso e Zanin, 1988 a e b).

WEPOM è costituito da alcuni moduli principali che simulano la densità areica, lo stadio di sviluppo e l'area fogliare di coltura e malerba in competizione (CROWED), gli effetti dei diversi disturbi (DIGEN) e l'andamento giornaliero di temperatura, precipitazioni e fotoperiodo (METGEN). Le azioni dei disturbi di tipo meccanico (aratura, estirpatura, erpicatura, sarchiatura), chimico e di raccolta (raccolta e asportazione dei residui), ottenute dal modulo DIGEN si riversano su CROWED mentre le variazioni climatiche prodotte da METGEN apportano le relative conseguenze sia sul comportamento del modulo CROWED che sull'azione di DIGEN. La rappresentazione della struttura modulare di WEPOM è riportata in figura 1. La descrizione e le unità di misura delle variabili che caratterizzano lo stato del sistema sono riportate in tabella 1. In tabella 2 è riportata la procedura seguita da WEPOM v.1 per la simulazione. In tabella 3 è riportata, in ordine cronologico, la sequenza di calcolo delle variabili ausiliarie calcolate e, in tabella 4, quella dei tassi di variazione.

L'intervallo di soluzione del modello è di 1 giorno. La simulazione avviene calcolando giornalmente le quantita' in entrata ed in uscita per ciascuna variabile di stato e facendone la sommatoria algebrica; i disturbi eseguiti producono invece variazioni istantanee dei valori delle variabili di stato su cui agiscono.

Si considera inoltre che la disponibilità idrica non costituisca un fattore limitante e che la distribuzione delle piante infestanti sull'appezzamento sia omogenea e senza altre malerbe.

1. Modulo per la simulazione dei rapporti coltura-malerba (CROWED)

Nel modulo CROWED vengono rappresentati i processi della dinamica dei semi nel terreno, dello sviluppo e produzione di seme della malerba e dello sviluppo della coltura.

CROWED è ripartito in quattro principali sottosistemi che rappresentano la densità areica e lo sviluppo di: 1) semi della malerba presenti nel terreno ("seed bank")(SB); 2) semi della malerba in via di germinazione (G); 3) piante infestanti affrancate (E); 4) piante della coltura (P).

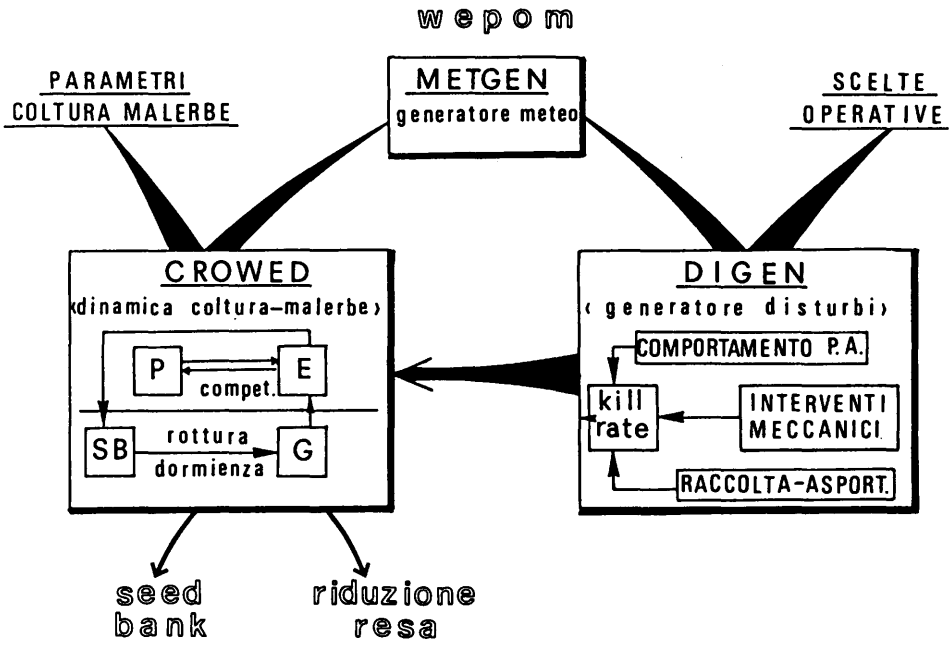
1.1 - Dinamica dei semi

I semi presenti nel terreno (SB) sono stati suddivisi, in funzione della loro attitudine a germinare, in due quote: semi dormienti e semi germinabili. In funzione della distribuzione verticale, i semi dormienti e germinabili sono stati ripartiti ulteriormente in superficiali e profondi. Si assume che i semi, all'interno dei due strati, siano distribuiti uniformemente; ciò sembra accettabile per un terreno lavorato, come evidenziato da Knab e Hurle (1986). E' considerato superficiale lo strato di terreno dal quale la maggior parte dei semi può emergere (6 cm per *A. theophrasti*) e profondo quello sottostante (fino alla massima profondità dello strato lavorato).

Ai fini della rottura della dormienza è stata considerata rilevante l'età dei semi e perciò i semi dormienti (superficiali e profondi) sono stati ripartiti in 12 classi di età.

Per i semi germinabili non viene invece rappresentata la struttura di età e

Fig. 1 - Struttura del modello WEPOM. P=piante della coltura; E=malerbe; G=semi in germinazione; SB=stock di semi nel terreno.



Tab. 1 - Variabili che caratterizzano lo stato del sistema simulato.

simbolo	unità	descrizione
E	n m^{-2}	Densità areica totale di piante di malerbe
EE	n m^{-2}	Densità areica totale malerbe a seme
E_j	n m^{-2}	Densità areica coorte j-esima di malerbe
EE_j	n m^{-2}	Densità areica coorte j-esima malerbe a seme
G	n m^{-2}	Densità areica totale di germinelli
G_k	n m^{-2}	Coorte k-esima di germinelli
HC	m	Altezza della coltura
HW_j	m	Altezza della j-esima coorte infestante
LAC	m^2	Area fogliare per pianta (coltura)
LAIC	-	Indice di area fogliare (coltura)
LAIW	-	Indice di area fogliare (totale malerbe)
$LAIW_j$	-	Indice di area fogliare (coorte j malerbe)
LAW_j	m^2	Area fogliare per pianta (coorte j malerbe)
$LADW_j$	d	"Leaf Area Duration" per pianta coorte j
NSA	n m^{-2}	Semi formati, presenti sulle piante infest.
$PHEI_j$	-	Indice fenologico accumulato dalla coorte j
P	n m^{-2}	Densità areica attuale di piante (coltura)
SDD	n m^{-2}	Totale semi dormienti profondi
SDD_i	n m^{-2}	Semi dormienti profondi (classe di età i)
SDU	n m^{-2}	Totale semi dormienti superficiali
SDU_i	n m^{-2}	Semi dormienti superfic. (classe di età i)
SGD	n m^{-2}	Semi germinabili profondi
SGU	n m^{-2}	Semi germinabili superficiali
STC	°C d	Somma termica accumulata dalla coltura
$STWG_k$	°C d	Somma termica germinelli malerba (coorte k)
STW_j	°C d	Somma termica piante malerba (coorte j)
YR	%	Riduzione di resa utile della coltura

Tab. 2 - Procedura seguita da WEPOM per la simulazione della dinamica della popolazione infestante e dell'effetto dei disturbi.

```
                    W E P O M  v.1
 1. Richiesta impostazione disturbi, tipo output e durata simulazione.
 2. Richiesta di una eventuale modifica dei parametri del modello.
 3. ┌▶Avanza di un ciclo colturale.
 4. │    ┌▶Avanza di un anno della rotazione.
 5. │    │ Sposta i semi da una classe di età alla successiva.
 6. │    │ Effettua gli azzeramenti di inizio anno.
 7. │    │    ┌▶Avanza di un giorno nell'anno.
 8. │    │    │ Calcolo delle equazioni ausiliarie (vedi tab. 3).
 9. │    │    │ Calcolo tassi di variazione variabili di stato (tab. 4).
10. │    │    │ Calcolo valore attuale variabili di stato (tab. 1).
11. │    │    └─Torna al punto 7, fino alla fine dell'anno.
12. │    └─Torna al punto 4, fino alla fine della rotazione.
13. └─Torna al punto 3, fino alla fine dei cicli colturali.
```

Tab. 3 - Funzioni svolte dalle equazioni ausiliarie del modello WEPOM 1.

8.1	- Genera la precipitazione giornaliera (RF).
8.2	- Calcola la temperatura media del giorno attuale.
8.3	- Calcola il fotoperiodo.
8.4	- Calcola somme termiche e indice fenologico per coltura e malerba
8.5	- Calcola ΣT per coorte malerbe più sviluppata ("di riferimento").
8.6	- Se RF > 10 mm, pone INCRF pari al valore massimo.
8.7	- Diminuisce esponenzialmente INCRF, INCA, INCE e INCS (1).
8.8	- Valuta se è raggiunta la data di raccolta.
8.9	- Imposta la raccolta e l'asport. resid. per il giorno successivo.
8.10	- Calcola la riduzione di resa per competizione con le malerbe.
8.11	- Valuta se i criteri di intervento in post-emergenza sono soddisfatti e, se si, stabilisce la data attuale per gli interventi di diserbo di post-emergenza e di sarchiatura programmati.
8.12	- Valuta se per il giorno dopo è prevista la semina della coltura e, se si, fa una erpicatura, imposta la semina per il giorno dopo e il diserbo di pre-emergenza (se previsto).
8.13	- Se la pioggia supera 15 mm, ritarda tutte le operazioni colturali e i disturbi previsti, imponendo che l'operazione realizzata almeno 3 giorni dopo l'ultima pioggia.
8.14	- Calcola l'azione effettiva dei disturbi sulle variabili di stato (secondo le "kill rate" impostate e modulate da clima) e la fase fenologica delle malerbe.
8.15	- Elimina le coorti di malerbe per freddo.
8.16	- Calcola l'azione residua del diserbo di pre-emergenza.
8.17	- Se è presente azione residua, viene applicata ai germinelli.
8.18	- Imposta i valori iniziali ad emergenza della coltura.
8.19	- Imposta i valori iniziali ad emergenza delle coorti di malerba
8.20	- Elimina le coorti di malerbe per senescenza.
8.21	- Calcola il LAI totale della consociazione (coltura + malerba)
8.22	- Calcola l'area fogliare per pianta (coltura e malerba).
8.23	- Calcola il volume fogliare competitivo.
8.24	- Calcola il livello di saturazione competitiva.
8.25	- Calcola il LAD per pianta di ciascuna coorte.
8.26	- Calcola la massima area fogliare raggiunta dalla coltura

(1) Vedi descrizione modulo per la gestione dei disturbi.

Tab. 4 - Tassi di variazione considerati da WEPOM 1.

9.1 - Dinamica dei semi
- 9.1.1 - Immigrazione ed emigrazione.
- 9.1.2 - Mortalità dei semi.
- 9.1.3 - Spostamenti verticali.
- 9.1.4 - Rottura della dormienza.
- 9.1.5 - Germinazione.
- 9.1.6 - Emergenza e mortalità all'emergenza.

9.2 - Sviluppo delle coorti di malerbe
- 9.2.1 - Incremento in altezza delle piante.
- 9.2.2 - Incremento e decremento del LAI.
- 9.2.3 - Produzione di semi.
- 9.2.4 - Diradamento delle piante.
- 9.2.5 - Dispersione dei semi.

9.3 - Sviluppo della coltura
- 9.3.1 - Incremento in altezza delle piante.
- 9.3.2 - Incremento e decremento del LAI.
- 9.3.3 - Tasso diradamento piante.

sono quindi considerati equivalenti ai fini della germinazione, anche se di età diverse.

I semi dormienti acquisiscono via via l'attitudine a germinare con un ritmo supposto analogo sia nello stock superficiale che profondo. Se si trovano nello strato superficiale emergono altrimenti rimangono in situ, assoggettati ai diversi fenomeni di depauperamento. Tra i due stock esiste uno scambio continuo, in particolare verso il basso, mediato dalle lavorazioni e dall'attività della pedofauna.

Lo stock superficiale è poi interessato da apporti per immigrazione, posti costanti nel tempo, e da perdite per emigrazione, proporzionali alle quote di semi presenti nello strato superficiale del terreno.

1.2 Dinamica dei semi in germinazione.

I semi superficiali germinabili, quando la temperatura raggiunge il valore minimo richiesto, iniziano il processo germinativo. Tutti i semi che iniziano a germinare lo stesso giorno formano una coorte di germinelli che viene simulata indipendentemente da ogni altra coorte. Vengono perciò generate tante coorti di malerbe quanti sono i giorni dell'anno in cui si verifica germinazione. Per ottenere l'emergenza (che si considera raggiunta al momento in cui la pianta acquisisce la piena attività autotrofa), viene richiesta una somma termica variabile, da un minimo ad un massimo, a seconda della profondità di emergenza all'interno dello strato superficiale. Non tutti i semi in germinazione però riescono ad emergere, una parte di essi infatti muore durante questa fase. Gli individui che emergono durante ciascun giorno costituiscono una nuova coorte di infestanti che nel modello verrà gestita in modo indipendente dalle altre. Una quota delle piante infestanti emerse muore poi per diradamento spontaneo in funzione di LAIT (LAI totale presente).

1.3 - Sviluppo della malerba

I processi che determinano il passaggio della malerba da una fase all'altra del ciclo vitale e che modulano accrescimento e riproduzione sono: rottura della dormienza, germinazione, emergenza, accrescimento (dell'area fogliare e dell'altezza), competizione, riproduzione e produzione dei semi. Il fattore che regola la successione temporale di questi eventi è dato dall'accumulo di una somma termica per i germinelli (STWG) e fototermica per le piante infestanti (PHEI). Per valutare lo stadio di sviluppo dell'infestante ai fini della sensibilità al diserbo si calcola anche una somma termica per le piante (STW).

I germinelli o le piante che appartengono alla stessa coorte vengono considerati omogenei tra di loro e con uguale ciclo di sviluppo.

La produzione di seme della malerba inizia dopo che l'indice fenologico fototermico ha raggiunto un valore critico (SBS) e prosegue fino al raggiungimento del valore di fine produzione seme. I nuovi semi prodotti e ancora sulla pianta (NSA) rientrano nello stock dei semi dormienti superficiali progressivamente (per dispersione naturale) o istantaneamente per effetto delle operazioni colturali.

1.4 - Sviluppo della coltura (mais)

Le fasi fenologiche considerate rilevanti per gli scopi del modello sono il passaggio allo stato autotrofo (emergenza) delle piante, la fine della formazione di nuovo tessuto fogliare, la fine di accrescimento in altezza, la fine del diradamento delle piante, l'inizio della perdita di area fogliare e la maturazione di raccolta.

L'evoluzione fenologica del mais viene regolata dalla somma termica (STC)

calcolata a partire da una temperatura base e considerando anche una temperatura soglia superiore (Gilmore e Rogers, 1958).

Quando la somma termica accumulata (STC) raggiunge un valore critico (SCS) si ha la fioritura femminile del mais, alla quale viene fatta corrispondere anche la fine dell'accrescimento in altezza, la fine della formazione del tessuto fogliare e la fine dell'autodiradamento. L'inizio della perdita di area fogliare si ha per TC=BLL e la maturazione di raccolta per STC=SCH. I valori di STC accumulati per raggiungere i diversi stadi fenologici sono quelli comunemente rilevati nell'ambiente di prova per un ibrido di mais di classe 500.

Il tasso di accrescimento in altezza, proporzionale all'altezza raggiunta, si riduce progressivamente e viene considerato nullo all'emissione delle sete.

Si è ipotizzato che la formazione di tessuto fogliare perduri fino alla emissione delle sete. In accordo con quanto proposto da Place e Brown (1987), si assume che il tasso di decremento di area fogliare sia zero per STC<BLL mentre per STC≥BLL sia proporzionale al massimo valore di indice di area fogliare raggiunto dalla coltura durante il ciclo (LAICM).

Alla raccolta della coltura viene calcolata la riduzione percentuale di resa utile del mais in funzione del numero di piante dell'infestante che hanno prodotto seme (EE) e della loro epoca media di emergenza espressa in giorni dall'emergenza della coltura (TE), ponderata sul LAD (leaf area duration) di ciascuna coorte ($LAIDW_j$).

Per il frumento non è stato necessario simulare lo sviluppo in quanto il suo ciclo è sfasato rispetto all'A. theophrasti. Viene considerato che, alla sua raccolta, il LAIT abbia raggiunto valori tali da impedire lo sviluppo dei germinelli della malerba. La riduzione di resa del frumento viene quindi considerata nulla.

1.5 - Competizione tra coltura e malerba

La competitività della coltura e di ciascuna coorte infestante è stata quantificata, in accordo con Joenje e Kropff (1987), con l'altezza al palco fogliare più alto e con l'area fogliare per pianta.

Per tener conto del maggiore effetto competitivo esercitato da una coorte o specie di maggiore altezza, viene calcolato, per la coltura e per ciascuna coorte, anche un indice sintetico denominato "volume fogliare competitivo", dato dal prodotto dell'area fogliare media della pianta per l'altezza della stessa.

Viene calcolato anche il valore massimo istantaneo del volume fogliare competitivo tra la coltura e le coorti infestanti per ottenere un valore di riferimento per il calcolo dell'influenza della competizione sull'accrescimento in altezza e sul diradamento.

Il grado di competizione (soprattutto per la luce, ma anche per l'acqua) in una consociazione (coltura+malerbe) è stato ottenuto tramite una variabile ausiliaria denominata "livello di saturazione competitiva" (Danuso e Zanin, 1988 a) dipendente dal LAI totale raggiunto dalla consociazione, dal LAIMAX che rappresenta il massimo valore di LAI raggiungibile da una certa consociazione in un dato ambiente (capacità portante del sistema per il LAI), e dal LAI all'inizio della competizione fra le piante.

2. Modulo per la generazione dei disturbi (DIGEN)

Le date di raccolta e di asportazione dei residui sono fissate dalla somma termica necessaria per raggiungere la maturazione. L'epoca di intervento del

diserbo in post-emergenza e delle sarchiature sono sempre stabilite automaticamente a seconda del criterio di intervento scelto. Gli altri disturbi sono applicati alle date impostate all'inizio della simulazione.

I disturbi considerati dal modello sono: 1) lavorazione con rivoltamento (aratura); 2) lavorazione senza rivoltamento e con rimescolamento (discatura, estirpatura o erpicatura); 3) sarchiatura; 4) diserbo di pre-emergenza (assorbimento radicale); 5) diserbo di post-emergenza (assorbimento fogliare); 6) raccolta; 7) asportazione dei residui colturali (tabella 5).

Vengono impiegati i concetti di "azione massima" di un disturbo (che corrisponde alla massima "kill rate" ottenibile, inizialmente o nelle condizioni ottimali) e di "azione effettiva" che è quella che realmente si applica alle coorti e che viene ottenuta da quella massima in funzione del clima, dello stadio di sviluppo delle piante e del tempo dall'applicazione.

L'impostazione dell'effetto massimo di ciascun disturbo (percentuale di controllo o "kill rate") sui semi in germinazione (KRAG) e sulle piante infestanti (KRAE) viene eseguita assegnando valori da 0 a 1 (tabella 6).

Azione dell'aratura. Con l'aratura i semi maturi presenti sulle piante di malerba (NSA) vengono trasferiti allo stock di semi dormienti superficiali. Se la profondità di lavoro è inferiore alla massima profondità di emergenza (DEEM) non si verifica ridistribuzione dei semi; in caso contrario si ipotizza l'inversione della localizzazione dei due stock di semi (superficiale e profondo) in proporzione allo spessore di DEEM.

Vengono distrutte le coorti infestanti ed i semi in germinazione secondo una "kill rate" effettiva pari ai valori massimi $KRAE_1$ e $KRAG_1$.

L'aratura determina inoltre una stimolazione della germinazione secondo un fattore INCA che viene posto pari al suo valore iniziale massimo il giorno dell'aratura e decresce esponenzialmente nei giorni successivi.

Azione delle lavorazioni senza rivoltamento. I semi presenti sulle piante vengono trasferiti allo stock di semi dormienti superficiali. Si verifica un rimescolamento ed una omogeneizzazione della "seed bank" in tutto lo strato lavorato.

L'azione effettiva sulla coorte j di piante infestanti (ZE_j) è data dalla "kill rate" massima ($KRAE_2$) e viene ridotta in seguito ad un evento piovoso (>10 mm).

L'azione effettiva sulla coorte k dei semi in germinazione (ZG_k) è data da $KRAG_2$. Tale azione è ridotta per effetto delle precipitazioni ed intensificata per i germinelli più sviluppati.

L'incremento del tasso di germinazione (INCE), il giorno della lavorazione, viene posto uguale al suo valore iniziale massimo.

Azione del diserbo chimico di pre-emergenza. L'azione effettiva del diserbo di pre-emergenza sui germinelli (ZG_k) è inizialmente pari a $KRAG_4$; si considera che tale valore massimo perduri per un periodo di 5 giorni (periodo di latenza). Successivamente si ha azione residuale per circa 30 giorni con "kill rate" che decade esponenzialmente.

L'azione sulle plantule si ha solo fino ad un valore soglia di STW_j oltre il quale l'attività si riduce drasticamente (TPRE). L'effetto soglia è regolato dal parametro TCOD che stabilisce la rapidità con cui decade l'effetto fitotossico dell'erbicida.

Azione della sarchiatura. La sarchiatura viene fatta intervenire, per il numero di volte impostato, sulla base dei criteri di intervento scelti. Con la sarchiatura si verifica una mortalità massima delle coorti di germinelli e di piante infestanti pari a $KRAG_3$ e $KRAE_3$. L'azione viene ridotta dalle piogge e varia anche in funzione dello sviluppo dei germinelli.

L'incremento del tasso di germinazione stimolato dalla sarchiatura viene

Tab. 5 - Scelte colturali e impostazione dei disturbi con WEPOM 1.

- Durata della rotazione
- Per ogni anno di rotazione:
  - coltura
  - asportazione o meno residui colt.
  - data di semina
  - numero di arature, date e profondità
  - numero erpicature, date e profondità
  - numero di sarchiature e criterio
  - diserbo pre-emergenza (si/no)
  - diserbo post-emerg. (numero e criterio)
- Numero di cicli di rotazione

Tab. 6 - Parametri relativi ai disturbi e valori adottati per la simulazione. I valori degli altri parametri del modello coincidono con quelli riportati in Danuso e Zanin (1988b).

simbolo	unità	descrizione	valore
SCH	°C d	Somma termica per maturazione mais	1750
TPOS	°C d	Soglia di STW_j per diserbo di post-em.	350/450 (1)
ASP	-	Asportazione semi con residui colturali	0.2
$KRAE_1$	-	Massima "kill rate" di E aratura	1
$KRAE_2$	-	" " erpicatura	1
$KRAE_3$	-	" " sarchiatura	0.75
$KRAE_4$	-	" " diserbo pre-emer.	0.7
$KRAE_5$	-	" " diserbo post-em.	1
$KRAE_6$	-	" " raccolta	0.3
$KRAG_1$	-	Massima "kill rate" di G aratura	0.98
$KRAG_2$	-	" " erpicatura	0.95
$KRAG_3$	-	" " sarchiatura	0.7
$KRAG_4$	-	" " diserbo pre-em.	0.95
$KRAG_5$	-	" " diserbo post-em.	0/0.05 (1)
$KRAG_6$	-	" " raccolta	0
TCOD	-	Coefficiente rapidità effetto soglia	8/14 (1)
THS	°C d	Soglia di STWMAX (2) per post-emergenza	200/300
THL	-	Soglia di LAIW per post-emergenza	0.02

(1) Rispettivamente per Erbicida 1 ed Erbicida 2.
(2) STWMAX = somma termica accumulata dalla coorte di malerbe più sviluppata.

posto uguale al suo valore iniziale massimo.

Azione del diserbo chimico di post-emergenza. L'azione effettiva sulle infestanti è descritta da una funzione soglia "switch off": quando la somma termica accumulata dalla coorte supera il valore critico TPOS la "kill rate" effettiva diminuisce drasticamente; anche in questo caso l'effetto soglia è regolato dal parametro TCOD.

Il diserbo di post-emergenza (come per la sarchiatura) viene fatto intervenire dal modello, per il numero di volte impostato, a seconda dei criteri di intervento adottati.

Azione della raccolta. Con l'operazione di raccolta si assume che una frazione dei semi presenti ancora sulle piante infestanti venga trasferita ai semi dormienti superficiali e che la frazione residua rimanga sulle piante. I semi in germinazione e le piante infestanti vengono distrutti con "kill rate" effettiva pari alla massima ($KRAG_6$ e $KRAE_6$).

Azione dell'asportazione dei residui colturali. Si assume che tale operazione permetta di asportare dal sistema la frazione ASP dei semi presenti sulle piante.

I fattori di incremento o riduzione (INCRF, INCA, INCE e INCS) determinati dai disturbi, nei giorni successivi alla loro applicazione, subiscono una riduzione giornaliera pari ad una frazione costante del loro valore. Ciò comporta, dopo un certo tempo, l'annullamento pratico dell'effetto iniziale.

3. Modulo per la generazione dei dati meteorologici (METGEN)

METGEN genera sequenze casuali di dati meteorologici (eventi piovosi, quantità di pioggia, temperatura minima e massima) e il fotoperiodo una volta impostati i parametri che caratterizzano un certo clima. L'ambiente a cui si fa attualmente riferimento è quello della pianura veneta. Il modello climatico è stato impostato secondo quanto riportato da Larsen e Pense (1982). Il fotoperiodo secondo il metodo proposto da Keisling (1982).

Le azioni del clima su CROWED e DIGEN si possono riassumere come segue:

1. Influenza sul tasso di germinazione.
2. Mortalità delle piante per il freddo.
3. Controllo dello sviluppo fenologico di coltura e malerba.
4. Riduzione dell'efficacia dell'erpicatura e della sarchiatura. con precipitazioni superiori a 10 mm/giorno.
5. Dilazione della semina della coltura in concomitanza con precipitazioni giornaliere superiori a 10 mm.
6. Ritardo di tutte le operazioni colturali in seguito ad eventi piovosi superiori a 15 mm/giorno.

Date le caratteristiche suesposte il modello WEPOM può essere impiegato per lo studio dei seguenti aspetti legati alle possibilità di razionalizzazione degli interventi di lotta alle malerbe:

1. Ottimizzazione degli interventi agronomici (epoca di intervento, dosi, modalità).
2. Studio dei rapporti competitivi coltura/malerbe e tra specie diverse di malerbe.
3. Studio degli effetti di avvicendamento.
4. Effetto delle caratteristiche ecofisiologiche delle cultivar sulla loro competitività verso le infestanti.
5. Gestione delle malerbe al variare delle condizioni climatiche.
6. Studio probabilistico dei periodi utili per le diverse tecniche di controllo in relazione all'andamento meteorologico.

IMPOSTAZIONE DEGLI ESPERIMENTI DI SIMULAZIONE

Rispetto alle simulazioni di WEPOM già riportate (Danuso e Zanin, 1988b), nel presente lavoro sono state apportate delle variazioni ai valori dei parametri come riportato in tabella 6. E' stato inoltre modificato il rapporto iniziale semi germinabili/seed bank totale (20%) e semi superficiali/seed bank totale (10%) mentre immigrazioni ed emigrazioni sono state considerate nulle.

Per un periodo di tempo di 14 anni sono stati simulati gli andamenti della riduzione di resa (YR), della "seed bank" (SB), del numero di piante della malerba che disseminano (EE) e del loro tempo medio di emergenza rispetto alla coltura ponderato su $LAIDW_j$ (TE).

Sono stati impostati 3 esperimenti di simulazione:

1. Esperimento 1. Valutazione della dinamica della malerba in assenza di coltura, partendo da due livelli di seed bank (1000 e 10000 semi/m^2), in presenza od assenza di lavorazioni. Quest'ultime sono consistite in interventi superficiali periodici di aratura (profondità 20 cm) realizzati pochi giorni prima della maturazione dei semi, individuata tramite il modello di sviluppo fenologico della malerba.

2. Esperimento 2. Confronto fattoriale tra 2 epoche di semina (10 aprile e 15 maggio, pari, rispettivamente al 100° e 135° giorno giuliano), 2 avvicendamenti colturali (mais continuo, MM e mais-frumento, MF), 2 erbicidi di post-emergenza (Erbicida 1 ed Erbicida 2) più il testimone non diserbato. I due erbicidi si sono differenziati per il diverso controllo su malerbe sviluppate: più efficace l'Erbicida 2 come si nota dai parametri TPOS e TCOD, riportati in tabella 6 il cui significato è descritto in Danuso e Zanin (1988 a). All'Erbicida 2 è stato attribuita anche una leggera azione antigerminello (5%).

Le caratteristiche dell'Erbicida 1 sono state assimilate a quelle del bentazone (usato nella dose di 800-900 g ha^{-1}), prodotto di contatto la cui efficacia, pressoché completa su malerbe poco sviluppate (fino a 2 foglie), si riduce poi in misura importante (73% di "kill rate") già allo stadio di 4 foglie (Malefyt e Duke, 1980); l'Erbicida 2 potrebbe essere invece paragonato al dicamba.

Questo esperimento è stato condotto ipotizzando un mais da granella ed una seed bank iniziale di 1000 semi/m^2. I trattamenti erbicidi sono stati realizzati secondo tre criteri diversi: col criterio 1 e 2 si interviene quando la somma termica accumulata dalla coorte più sviluppata (STWMAX) supera il valore soglia (THS) di 200 o 300 GDD rispettivamente; col criterio 3 si interviene quando l'indice di area fogliare dell'infestazione nel suo complesso (LAIW) supera il valore soglia (THL) di 0.02. Le operazioni colturali effettuate in MM sono state: 2 erpicature (15 e 1 giorno prima della semina del mais), 1 diserbo di post-emergenza mirato con uno dei tre criteri prima esposti, la raccolta ed asportazione dei residui colturali, una aratura effettuata a 45 cm di profondità, dopo la raccolta del mais. Nella rotazione biennale (MF) le operazioni sul mais sono state le stesse del mais continuo mentre nel frumento si è operata la raccolta il 30 di giugno e il giorno seguente è stata asportata la paglia. Sulle stoppie si sono effettuate discature a 15 cm di profondità poco prima della maturazione dei semi delle coorti più sviluppate. L'aratura è stata eseguita in novembre a 45 cm di profondità.

3. Esperimento 3. Valutazione dell'influenza del livello di infestazione potenziale sulla evoluzione della SB e sulla riduzione di resa. Tale simulazione è stata realizzata, per le due epoche di semina e per i due avvicendamenti, considerando solo l'Erbicida 1 ed il criterio di intervento THS=200.

RISULTATI

Esperimento 1

La figura 2 mette in chiara evidenza l'importanza della conduzione del terreno sulla dinamica dei semi. Con la lavorazione del terreno già dopo 7-8 anni lo stock si riduce fino a scomparire. Più elevata è la consistenza iniziale, più accelerata è la riduzione che esso subisce, in accordo con Beuret (1984). Tale risultato è stato ottenuto, sulla base del criterio di intervento imposto, con tre arature superficiali per anno, eseguite durante la stagione vegetativa. Se non si lavora il terreno lo stock aumenta fino a stabilizzarsi dopo 17-20 anni su valori molto elevati (superiori ai 30000 semi/m^2).

Esperimento 2

In relazione alla consistenza della SB finale (tabella 7) è evidente la notevole interazione tra epoca di semina del mais, criterio di intervento ed avvicendamento colturale. In epoca precoce il criterio THS=200 è risultato migliore sia rispetto a THL che a THS=300; in epoca tardiva i vantaggi, rispetto al criterio THS=300, si riducono, mentre peggiore è risultato il criterio THL. Se il mais è seminato precocemente le differenze, in termini di SB finale, tra i due avvicendamenti, non sono molto elevate; quando la semina è tardiva, appare invece nettamente preferibile l'avvicendamento con il grano.

I due erbicidi non hanno evidenziato differenze sostanziali tranne che quando usati con il criterio THS=300: l'Erbicida 2 è parso infatti superiore in MM in semina precoce mentre l'Erbicida 1 ha avuto una migliore azione in MF con mais seminato il 15 di maggio.

Intervenendo chimicamente la perdita di resa è risultata inferiore al 3% in semina precoce, indipendentemente dall'avvicendamento usato; in semina tardiva la riduzione produttiva è parsa accettabile (inferiore al 5%) in MF e piuttosto elevata in MM, in particolare con il criterio THL=0.02. Senza alcun intervento le perdite si attestano tra il 30 ed il 40%.

Nelle figure 3 è riportata l'evoluzione di SB durante i 14 anni di simulazione. In MM, dopo 5-6 anni gran parte degli andamenti si sono stabilizzati mentre in MF la tendenza ad una situazione di equilibrio non sembra ancora raggiunta dopo 10 anni.

Anche da questi andamenti appare chiaro il vantaggio di seminare anticipatamente quando non si avvicenda il mais con il grano. Quando la semina è tardiva e l'intervento di lotta non è ben mirato, la seed bank in MM supera addirittura quella del testimone non trattato.

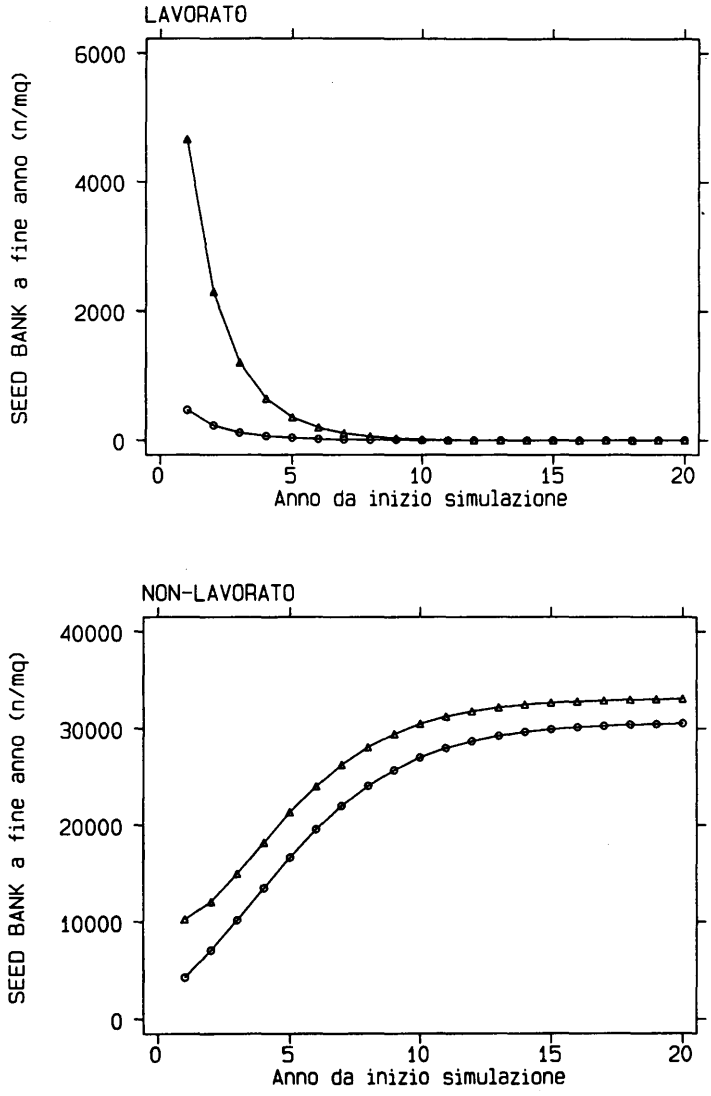
Gli andamenti della perdita di produzione del mais (YR) nel periodo di simulazione, riportati in figura 4 appaiono di più immediata interpretazione. In MM con epoca di semina tardiva la perdita di resa tende ad aumentare con il tempo mentre in MF la tendenza è a decrescere lentamente o a restare costante su livelli molto bassi.

Esperimento 3

La consistenza iniziale della SB (tabella 7) non ha condizionato quella della SB finale. Il valore di equilibrio, dipendente essenzialmente dal complesso di disturbi adottati, viene tuttavia raggiunto in tempi diversi. Con la tecnica agronomica applicata, il valore di equilibrio è stato raggiunto in 2-5 anni con 1000 semi/m^2 iniziali e in 5-10 con 10000 (figura 5).

Analoghe considerazioni si possono sviluppare per la riduzione di resa

Fig. 2 - Simulazione dell'andamento della seed bank, valutata a fine anno, in un terreno lavorato e non lavorato, in assenza di coltura, in funzione della consistenza iniziale della seed bank stessa (cerchio = 1000 semi/m^2; triangolo = 10000 semi/m^2).



Tab. 7 - Seed bank e riduzioni di resa (medie degli ultimi 4 anni di simulazione) per gli esperimenti 2 e 3.

SBI (n/m^2)	ESEM (JD)	ROT	ERBI	seed bank (n/m^2) THS1	THS2	THL	riduzione resa mais (%) THS1	THS2	THL
1000	100	MM	N	-	1806	-	-	30	-
			E1	1	624	176	0	2	1
			E2	3	108	153	0	0	1
		MF	N	-	1144	-	-	26	-
			E1	6	21	190	1	3	2
			E2	6	65	127	0	3	2
	135	MM	N	-	3763	-	-	40	-
			E1	2525	3119	5543	8	9	20
			E2	3690	3513	5762	10	9	21
		MF	N	-	3113	-	-	39	-
			E1	284	156	983	2	1	5
			E2	215	784	760	3	5	5
10000	100	MM	E1	10	-	-	0	-	-
		MF	E1	14	-	-	0	-	-
	135	MM	E1	3368	-	-	10	-	-
		MF	E1	358	-	-	5	-	-

SBI= seed bank iniziale.
ESEM=epoca di semina (100=10 aprile; 135=20 maggio).
ROT= tipo rotazione (MM=mais-mais; MF=mais-frumento).
ERBI= tipo erbicida (E1=Erbicida 1; E2=Erbicida2; N=nessun intervento).
THL= criterio di intervento: quando LAIW supera 0.02.
THS1= criterio di intervento: quando STWMAX supera 200 GDD.
THS2= criterio di intervento: quaqndo STWMAX supera 300 GDD.

Fig. 3 - Simulazione dell'andamento della seed bank, valutata a fine anno, in funzione dell'epoca di semina del mais (100=10 aprile; 135=15 maggio), dell'avvicendamento (MM=mais continuo; MF=mais-frumento), di tre modalità di controllo (non diserbato, Erbicida 1 e 2) e del criterio di intervento (THS=200, THS=300, THL=0.02).

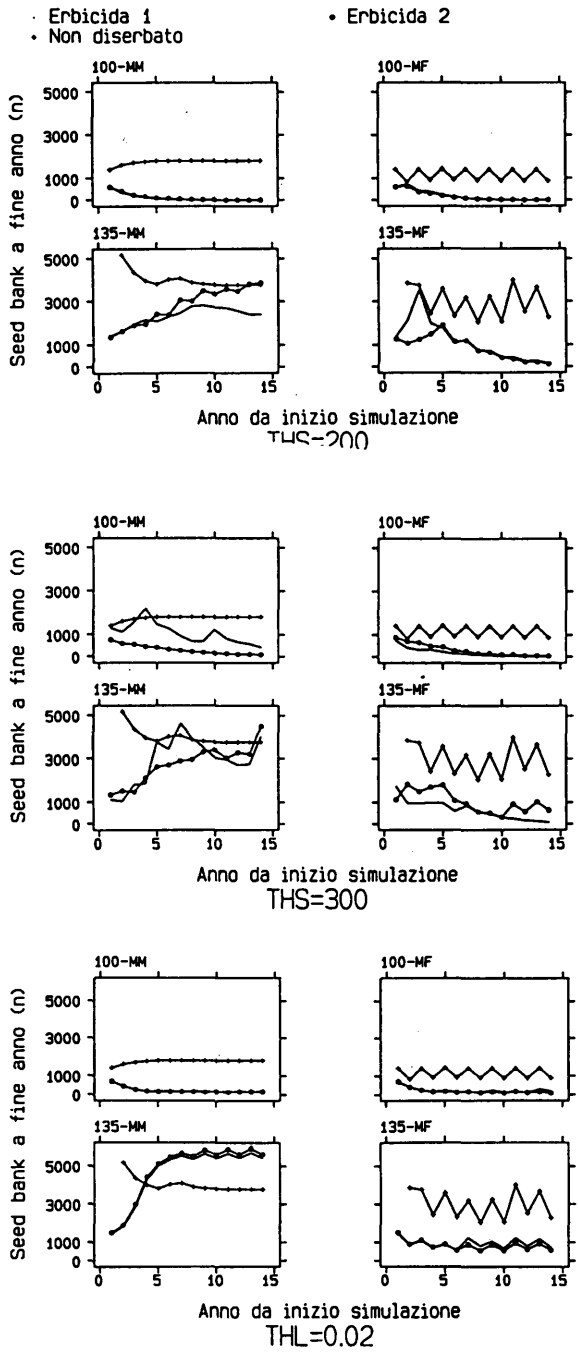


Fig. 4 - Simulazione dell'andamento della riduzione di resa,in funzione dell'epoca di semina del mais (100=10 aprile; 135=15 maggio), dell'avvicendamento (MM=mais continuo; MF=mais-frumento), di tre modalità di controllo (non diserbato, Erbicida 1 e 2) e del criterio di intervento (THS=200, THS=300, THL=0.02).

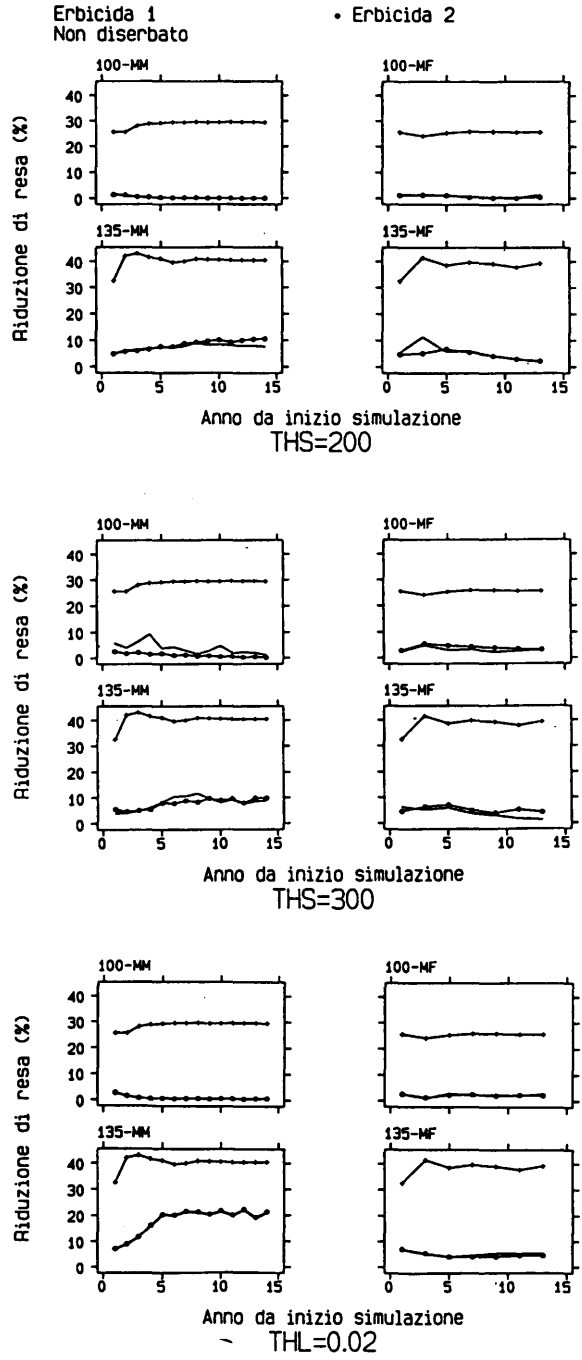
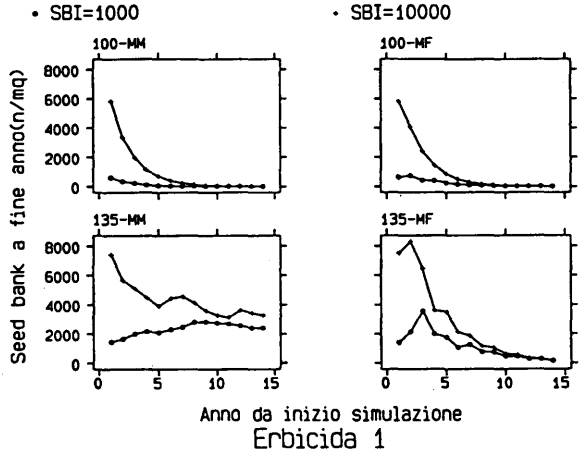
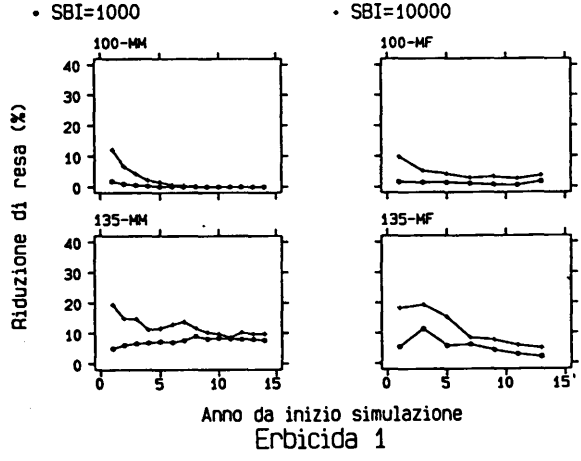


Fig. 5 - Simulazione dell'andamento della seed bank, valutata a fine anno, e della riduzione di resa in funzione dell'epoca di semina del mais (100=10 aprile; 135=15 maggio), dell'avvicendamento (MM=mais continuo; MF=mais-frumento), e di due seed bank iniziali (1000 e 10000 semi/m^2). La simulazione è stata realizzata con l'Erbicida 1 impiegato con il criterio THS=200.





(figura 5).

CONCLUSIONI

Il modello WEPOM ha risposto in modo sufficientemente valido alle sollecitazioni imposte, dimostrandosi nel contempo un utile strumento di studio per approfondire la vasta problematica relativa alla gestione dei rapporti tra malerbe e colture.

Le simulazioni effettuate hanno evidenziato la complessità delle interazioni che si realizzano tra i disturbi e le scelte gestionali e colturali. Tra quest'ultime, notevole è risultato il ruolo dell'epoca di semina e dell'avvicendamento colturale. Sorprendente, in particolare, è parsa l'importanza dell'epoca di semina: ritardandola la competizione dell'A. theophrasti è aumentata verosimilmente per una germinazione più pronta e copiosa, che ha prodotto un'infestazione che si è instaurata prima o in concomitanza con l'emergenza del mais. Successivamente le poche malerbe che sono sfuggite al diserbo, pur ben calibrato, sono state sufficienti a produrre grandi quantità di semi, grazie alla spiccata plasticità vegetativa e riproduttiva della malerba (Zuin e Zanin, 1989).

Nelle semine precoci, la temperatura ambientale più bassa sfavorisce indirettamente più la malerba che la coltura; quest'ultima quindi si avvantaggia, sviluppando un abbondante apparato fogliare, parametro che in WEPOM regola tutti i rapporti competitivi. Nelle semine tardive, in assenza di controllo chimico, si formano infestazioni molto dense, al cui interno si sviluppa un'accentuata competizione intraspecifica, che penalizza la disseminazione, come dimostrato da Zanin e Sattin (1988).

Con l'inserimento del frumento in rotazione, si riesce a ridurre gli effetti sfavorevoli della semina tardiva; l'avvicendamento si conferma quindi un mezzo di grande importanza nella gestione delle popolazioni di malerbe. Merita sottolineare, in ogni caso, come, nell'ambito della rotazione mais-frumento, siano risultati accettabili anche criteri di intervento non completamente mirati: ciò significa che la gestione delle malerbe in un contesto agronomico articolato è meno rigida e quindi mediamente più affidabile. Con la monocoltura è richiesta invece un'esasperata ottimizzazione di tutti gli aspetti inerenti la lotta alle malerbe, che non sempre è possibile raggiungere nella realtà di campo.

Il modello, infine, ha riconfermato che, in assenza di disseminazione, in 7-8 anni lo stock di semi si riduce a livelli trascurabili, se si lavora ripetutamente il terreno. Queste conclusioni, in accordo con Schweizer e Zimdahl (1984) e Burnside et al. (1986), sono di notevole importanza, in quanto apportano elementi indispensabili per calcolare la soglia di infestazione economica ottimale.

Sembra importante far rilevare, infine, che mentre i due erbicidi testati si sono comportati allo stesso modo per quanto riguarda la limitazione delle perdite di resa, hanno prodotto, invece, esiti diversi sulla flora potenziale, anche questi modulati dai diversi contesti colturali.

BIBLIOGRAFIA

AARTS H.F.M., 1986. A computerized model for predicting changes in a population of Galium aparine. Proc. EWRS Symposium 1986, Economic Weed Control, 277-284.

BURNSIDE D.C., MOOMAW R:S:, ROETH F.W., WICKS G.A., WILSON R.G., 1986. Weed seed demise in soil in weed-free corn (Zea mays) production across Nebraska. Weed Sci., 34, 248-251.

BEURET E., 1984. Stocks grainiers des sols et pratiques culturales: la relation flore réelle-flore potentielle. Recherche Agronom. en Suisse, 23, 89-97.

COUSENS R., PETERS N.C.B. e MARSHALL C.J., 1984. Models of yield loss-weed density relationships. Proc. 7th Int. Symp. on Weed Biol.Ecol. and Systematics. Columa-EWRS, 367-374.

COUSENS. R., DOYLE C.J., WILSON B.J. e CUSSANS G.W., 1986. Modelling the .IG economics of controlling Avena fatua in winter wheat. Pestic. Sci., 17, 1-12.

DANUSO F. e ZANIN G., 1988 a. Simulazione della dinamica di popolazioni di malerbe annuali in colture erbacee: I. Descrizione del modello WEPOM. Rivista di Agronomia. Atti XXII Convegno Annuale Società Italiana di Agronomia, Catania.

DANUSO F. e ZANIN G., 1988 b. Simulazione della dinamica di popolazioni di malerbe annuali in colture erbacee: . II. Ottimizzazione degli interventi di post-emergenza contro l'Abutilon theophrasti Medicus nel mais. Rivista di Agronomia. Atti XXII Convegno annuale Societaà Italiana di Agronomia.

DEBAEKE P. e SEBILLOTTE M., 1988. Modélisation de l'évolution à long terme de la flore adventice. I. Construction d'un modèle descriptif de l'évolution quantitative du stock de semences de l'horizon travaillé. Agronomie, 8, 393-403.

DOYLE C.J., COUSENS R. e MOSS S.R., 1986. A model of the economics of controlling Alopecurus myosuroides Huds. in winter wheat. Crop Protection, 5, 143-150.

GILMORE E.C. e ROGERS J.S., 1958. Heat units as a method of measuring maturity in corn. Agron. J., 50:611-615.

GRIME J.P., 1979. Plant strategies and vegetation processes. John Wiley and Sons.

HACKER E. e HESS M, 1986. Befallsprognosen fur Queckenpopulationen (Agropyron repens (L.) P.B.) auf praxisublich bewirtschafteten Ackerflachen mit hilfe eines simulationsmodells. Proc. EWRS Symposium 1986, Economic Weed Control, 285-292.

KEISLING, T.C., 1982. Calculation of the length of day. Agron. J., 74,758-759.

KING R.P., LYBECKER D.W., SCHWEIZER E.E. e ZIMDHAL R.L., 1986. Bioeconomic modelling to simulate weed control strategies for continuous corn (Zea mays). Weed Sci., 34:972-979.

KNAB W. e HURLE K., 1986. Einfluss der grundbodenbearbeitung auf die

verunkrautungein beitrag zur prognose der verunkrautung. Proc. EWRS Symposium 1986, Economic Weed Control: 309-316.

JOENJE W. e KROPFF M.J., 1987. Relative time of emergence, leaf area development and plant height as major factors in crop-weed competition. Proceedings of British Crop Protection Conference-Weed, 1987, 971-977.

LARSEN G.A. e R. B. PENSE, 1982. Stochastic simulation of daily climatic data for agronomic models. Agron. J., **74**, 510-514.

MALEFYT T. e DUKE W.B., 1980. Velvetleaf control in corn. Proc. Northeastern Weed Sci. Soc., vol. **34**, 29-34.

PLACE, R.E. e BROWN D.M., 1987. Modelling corn yields from soil moisture estimates: description, sensitivity analysis and validation. Agric. and Forest meteorology, 41, 31-56.

SCHWEIZER E.E. e ZIMDAHL R.L., 1984. Weed seed decline in irrigated soil after rotation of crops and herbicides. Weed Sci., **32**, 84-89.

ZANIN G. e SATTIN M., 1988. Threshold level and seed production of velvetleaf (Abutilon theophrasti Medicus) in maize. Weed Res., **28**, 347-352.

ZUIN M.C. e ZANIN G., 1989. Abutilon theophrasti Medicus: accrescimento, fenologia della riproduzione e possibili ipotesi sulla sua strategia biologica. Riv. di Agronomia, **23**, 241-248.

Finito di stampare nel mese di Novembre
da GUERRA guru s.r.l. - Perugia