

SOCIETA' ITALIANA PER LO STUDIO DELLA LOTTA ALLE MALERBE

S.I.L.M.

VIII Convegno biennale

atti

**Il controllo della vegetazione
infestante il frumento**

"Con il contributo della Regione Emilia-Romagna"

RIMINI, 17-18 OTTOBRE 1991

INDICE

RELAZIONI

Pag.

Stato attuale e prospettive del diserbo chimico del frumento

di *Gino Covarelli, Giorgio Marocchi e Gabriele Rapparini*

Introduzione	1
Interventi di pre-emergenza	2
A1) Interventi da eseguire solo in pre-emergenza in previsione di infestazioni di dicotiledoni e graminacee con poca avena selvatica	5
A2) Diserbo da eseguire solo in pre-emergenza in previsione di infestazioni di dicotiledoni e graminacee con poca avena selvatica	8
B1) Diserbo da eseguire indifferentemente in pre-emergenza o in post-emergenza precoce (fino allo stadio di 3 ^a foglia del frumento) in previsione di infestazioni di dicotiledoni e graminacee senza avena selvatica	9
B2) Diserbo da eseguire indifferentemente in pre-emergenza o in post-emergenza precoce (fino allo stadio di 3 ^a foglia del frumento) in previsione di infestazioni di dicotiledoni e graminacee con poca avena selvatica	12
Interventi di post-emergenza dall'inizio dell'accestimento del frumento	18
A1) Infestazioni di dicotiledoni e di graminacee con poca avena selvatica	19
A2) Infestazioni di dicotiledoni e di graminacee con molta avena selvatica ...	21
B1) Infestazione di sole graminacee con molta avena selvatica	24
C) Infestanti dicotiledoni annuali e perennanti	27
Considerazioni conclusive	34
Bibliografia	45

L'innovazione nel diserbo del grano

di *Pietro Catizone, Giorgio Ade, Guido Baldoni, Francesco Tei, Alberto Vicari, Pasquale Viggiani e Giuseppe Zanin*

Premessa	47
1. Riconoscimento delle erbe infestanti	50
2. Lavorazioni del terreno	69
2.1 Effetti delle lavorazioni sulle infestanti	69
2.2 Lavorazioni principali	74

	Pag
2.3 Lavorazioni complementari	88
2.4 Lavorazioni consecutive	90
2.4.1 Attrezzi	90
2.4.2 Epoca di esecuzione degli interventi	91
2.4.3 Efficacia erbicida	91
2.4.4 Effetti sulla coltura	92
2.4.5 Prospettive e strategie	93
3. Innovazione chimica	94
3.1 Nuovi erbicidi	94
3.2 Miglioramento tecnologico dei formulati commerciali	101
3.3 Impiego di additivi e coadiuvanti	103
3.4 Impiego degli isomeri otticamente attivi	105
3.5 Impiego degli antidoti	106
4. Soglia di infestazione e fenomeni di resistenza: implicazioni gestionali	107
4.1 Basi biochimiche dell'azione e della selettività degli erbicidi del grano	108
4.2 Multiresistenza	111
5. Attrezzature per il diserbo chimico	116
5.1 Gli organi di distribuzione	116
5.2 La regolarità della distribuzione	119
Bibliografia	123

Mobilità e persistenza nel terreno dei diserbanti del frumento

di *Sergio Foschi, Gabriele Rapparini, Paolo Flori e M. Pizzi*

Premessa	146
Criteri di valutazione della mobilità e capacità di contaminazione delle acque	151
Mobilità e persistenza dei diserbanti del frumento	153
Nitroderivati	153
Dinitroaniline	153
Nitrofenileteri	155
Ureici	155
Sulfoniluree	156
Imidazolinoni	157
Benzonitrili	158
Composti ormonici	159
Acidi arilossi alcanoidi	159

	Pag
Acidi aril-carbossilici	160
Benzammidi, carbammati, pirrolidoni, fenossinicotinilidi	161
Arilossi fenossi-propionati, cicloesenoni e derivati dell'acido benzoico	162
Diazine e triazine	163
Esperienze in Emilia-Romagna	163
Risultati	163
Conclusioni	165
Bibliografia	166

I residui dei diserbanti nel frumento

di *Paolo Flori e Attilio A.M. Del Re*

Riassunto	184
Introduzione	184
Difesa del frumento e residui dei diversi gruppi di fitofarmaci	187
Il movimento dei diserbanti	188
Legislazioni europee sui residui di diserbanti nel frumento	190
Dati internazionali	195
I residui in Italia	195
Indici valutativi, medie ed intervalli fiduciali	201
Confronto tra frumento e dieta totale	204
Conclusioni	204
Ringraziamento	204
Bibliografia citata	204

COMUNICAZIONI

Effetti della durata e del periodo di competizione delle malerbe nella coltura del frumento duro (*Triticum durum* Desf.)

di *Pasquale Montemurro, AnnaMaria Castrignano e Giulio Sarli*

Riassunto	208
Summary	208
Introduzione	208
Andamento meteorico	209
Materiali e Metodi	210

	Pag
Risultati	212
Conclusioni	214
Bibliografia	215

Impiego del prosulfocarb nel diserbo del frumento e dell'orzo in Piemonte

di *Pier Carlo Masserano, Anna Saglia, Corrado Santangelo, Lorenzo Balladore Pallieri e Angelo Martinoli*

Introduzione	223
Materiali e Metodi	224
Risultati e conclusioni	225
Riassunto	228
Summary	228
Bibliografia	228

Possibilità e limiti della sarchiatura meccanica del frumento di Gino Covarelli e Umberto Bonciarelli

Riassunto	232
Premessa	232
Materiali e Metodi	233
Risultati	235
Discussione dei risultati	240
Conclusioni	242
Summary	243
Bibliografia	244

Risultati di quattro anni di sperimentazione sul diserbo del frumento di Alberto Del Pino e Andrea Onofri

Riassunto	245
Summary	245
Introduzione	246
Materiali e Metodi	246
Andamento stagionale	250
Risultati e discussioni	252
Conclusioni	260
Bibliografia	261

Colture di sostituzione del frumento diserbato con chlorsulfuron, isoproturon, triasulfuron e tribuneron-methyl

di *Lucia Stigliani e Pasquale Montemurro*

Riassunto	263
Summary	263
Introduzione	264
Materiali e Metodi	265
Andamento stagionale	266
Risultati	266
Conclusioni	268
Ringraziamenti	268
Bibliografia	268

Sistema esperto per il diserbo chimico in post-emergenza del frumento

di *L. Stigliani, P. Montemurro e C. Resina*

Riassunto	276
Summary	276
Introduzione	277
Materiali e Metodi	278
Step nel processo di analisi decisionali	279
Validazione (verifica e test)	282
Risultati e Commenti	283
Ringraziamenti	283
Bibliografia	284

Gestione delle infestanti in post-emergenza del frumento con due nuovi principi attivi: tribenuron-methyl e fenoxaprop-ethyl

di *P. Sgattoni, V. Ticchiati, P. Villani e C. Mallegni*

Introduzione	300
Materiali e Metodi	301
Risultati e Discussione	303
Conclusioni	304
Bibliografia	313
Ringraziamenti	313

RELAZIONI

STATO ATTUALE E PROSPETTIVE DEL DISERBO CHIMICO

Gino Covarelli

Istituto di Agronomia - Università degli Studi di Perugia

Giorgio Marocchi

Osservatorio per le malattie delle piante, Regione Emilia-Romagna

Gabriele Rapparini

Centro di Fitofarmacia dell'Università degli Studi di Bologna

INTRODUZIONE

Il diserbo chimico è uno degli interventi colturali che ha maggiormente contribuito ad aumentare la resa unitaria del frumento. La produzione di questo cereale negli ultimi trent'anni in Italia è salita da circa 67 a 85 milioni di tonnellate nonostante che la superficie coltivata sia diminuita da 4,5 a poco più di 2,5 milioni di ettari (2.943.542 nel 1989, 2.787.010 nel 1990 e 2.544.474 nel 1991).

L'eliminazione con il mezzo chimico delle erbe infestanti ha affrancato, per alcuni mesi all'anno, da un duro e penoso lavoro milioni di persone attualmente non più disponibili. Inoltre con l'attuale semina della coltura a file molto più ravvicinate di quando il diserbo veniva eseguito con la zappa, sarebbe impossibile eseguire un efficiente lavoro manuale.

A seguito di stime recenti ed analizzando i dati delle ricerche sperimentali sul diserbo del frumento eseguite in diverse regioni italiane, con il diserbo chimico si ha una resa superiore di circa il 50% rispetto alle superfici inerbite, cifra variabile, ovviamente, in funzione del grado di infestazione e della fertilità del terreno.

Nel 1991 sono stati diserbati il 71% dei terreni coltivati a frumento dei quali circa il 10% ha ricevuto un doppio intervento.

Contrariamente ad altre colture che ricevono il diserbo sulla quasi totalità della superficie, il frumento è interessato solo in parte, in quanto la coltivazione si svolge frequentemente in campi irregolari e con pendenza tale da frapporre ostacoli all'esecuzione dei trattamenti. Inoltre, in alcune zone, non è stata ben recepita la convenienza dell'

eliminazione delle malerbe. Risultano poi sempre più diffusi sono i casi in cui appropriate tecniche colturali ed in particolare l' esecuzione di avvicendamenti adeguati non permettono uno sviluppo di malerbe tale da richiedere necessariamente il diserbo chimico. Le percentuali più elevate di superficie diserbata si trovano nelle regioni del Nord, mentre quelle più basse nelle regioni del Sud.

Dei 1.800.000 ettari diserbati nel 1991 (250.000 in più del 1990) poco meno di 400.000 lo sono stati in pre-emergenza (100.000 in meno rispetto al 1990). Questi dati indicano un calo degli interventi al momento della semina della coltura.

I prodotti maggiormente utilizzati in post-emergenza sono quelli ad azione ormonica tradizionale (2,4 D ed MCPA), mentre in pre-emergenza quelli a base di dinitroaniline ed, in via subordinata, di uree sostituite.

Sono stati usati nel 1991 circa 5000 tonnellate di formulati commerciali contenenti circa 1800 tonnellate di principi attivi pari ad 1 kg ad ettaro di diserbante, quantitativo molto al disotto di quelli impiegati in tutti gli altri paesi europei e di quelli che vengono talvolta indicati per lo stesso territorio italiano. Gli erbicidi rappresentano il 78% dei fitofarmaci impiegati nel frumento.

Va comunque sottolineato il fatto che l'impiego diffuso e continuo dei diserbanti chimici ha causato alcuni inconvenienti quali la presenza sporadica di erbicidi e di loro metaboliti nell'acqua del terreno e la modifica delle comunità vegetali spontanee.

La SILM, dopo l'ultimo convegno dedicato alle possibilità di diminuire e comunque razionalizzare il diserbo chimico mediante l'integrazione con gli interventi agronomici per il controllo delle erbe infestanti, affronta, qui a Rimini, il problema specifico della più diffusa coltivazione erbacea italiana onde portare un fattivo contributo alle risoluzioni dei problemi ad essa connessi.

INTERVENTI DI PRE-EMERGENZA

Il diserbo in pre-emergenza si può eseguire dopo la semina della coltura o nei giorni successivi in relazione, in quest'ultimo caso, alla velocità di germinazione condizionata da temperatura e umidità del terreno.

La pre-emergenza è l'epoca ideale d'intervento in quanto elimina la

competizione delle malerbe alla coltura fin dalla loro nascita ed in teoria dovrebbe essere sempre eseguibile poiché se il terreno è praticabile per l'esecuzione della semina dovrebbe esserlo anche per l'esecuzione del diserbo, purché questo avvenga tempestivamente e non subisca rinvii.

Nella maggior parte dei casi costituisce una forma di "assicurazione" in quanto garantisce che, se non si riuscisse ad eseguire il diserbo di post-emergenza, comunque la maggior parte delle malerbe non arrecherà più danni alla coltura.

Il diserbo di pre-emergenza è inoltre particolarmente vantaggioso nel caso in cui la coltura sia ubicata vicino a frutteti che, in primavera e soprattutto in zone ventose, potrebbero essere danneggiati dall'impiego di prodotti di post-emergenza molto volatili.

Anche nei terreni argillosi, dove è difficile entrare con i mezzi meccanici nel corso dell'inverno a causa delle abbondanti precipitazioni, il diserbo di pre-emergenza si presenta come una pratica particolarmente consigliabile.

Accanto a questi vantaggi esistono anche alcuni lati negativi; per esempio l'esecuzione del diserbo di pre-emergenza può essere limitata dal breve tempo a disposizione dell'agricoltore tra la semina e la fuoriuscita dell'epicotile dal terreno (cinque-dieci giorni): nel caso in cui si verificano elevate precipitazioni subito dopo la semina che rendano impraticabile il terreno il diserbo può essere impedito.

Inoltre eventuali piogge dopo la distribuzione dell'erbicida nei terreni collinari, possono dar luogo a ruscellamento superficiale del prodotto unito all'acqua piovana.

Altri problemi si possono avere nel caso in cui le cariossidi di frumento non siano state ben ricoperte dal terreno dopo la semina: infatti queste possono essere devitalizzate con l'impiego di alcuni principi attivi.

In ogni caso il diserbo in pre-emergenza del frumento si consiglia in previsione che nel terreno si sviluppi una flora costituita da dicotiledoni e monocotiledoni ed in particolare se si prevede la nascita di Alopecurus myosuroides, Lolium multiflorum e di alcune specie del genere Phalaris, con poca o senza avena selvatica.

Vengono impiegati erbicidi ad assorbimento radicale o antigerminello che abbiano un'azione residua tale da impedire la nascita delle malerbe per alcuni mesi, fin quando cioè il frumento, dopo lo

stadio di "levata", copre il terreno impedendo il passaggio della luce ostacolando la nascita e lo sviluppo delle malerbe.

Per una schematizzazione degli interventi si ritiene opportuno illustrare, insieme agli interventi di pre-emergenza, anche quelli di post-emergenza precoce, eseguibili fino allo stadio di tre foglie del frumento, momento in cui parte delle malerbe non sono ancora nate. Entrambi i trattamenti si possono così schematizzare:

A1) Diserbo da eseguire solo in pre-emergenza in previsione di **infestazioni di dicotiledoni e graminacee senza avena selvatica**. I prodotti disponibili sono:

metabenzthiazuron;
pendimetalin+linuron;
pendimetalin+neburon;
terbutrina;
diflufenican+trifluralin;
flurocloridone+trifluralin;
linuron+trifluralin.

A2) Diserbo da eseguire solo in pre-emergenza in previsione di **infestazioni di dicotiledoni e graminacee con poca avena selvatica**. I prodotti disponibili sono:

isoproturon+trifluralin.

B1) Diserbo da eseguire indifferentemente in pre-emergenza o in post-emergenza precoce (fino allo stadio di 3° foglia del frumento) in previsione di **infestazioni di dicotiledoni e graminacee senza avena selvatica**. I prodotti disponibili sono:

clorsulfuron;
prosulfocarb;
trifluralin;
trifluralin+isoxaben.

B2) Diserbo da eseguire indifferentemente in pre-emergenza o in post-emergenza precoce (fino allo stadio di inizio accestimento del frumento) in previsione di **infestazioni di dicotiledoni e graminacee con poca avena selvatica**. I prodotti disponibili sono:

clortoluron;
clortoluron+bifenox;
clortoluron+diflufenican;
clortoluron+isoxaben;
clortoluron+pendimetalin;
clortoluron+terbutrina;
clortoluron+trifluralin;
isoproturon.

A1) INTERVENTI DA ESEGUIRE SOLO IN PRE-EMERGENZA IN PREVISIONE DI **INFESTAZIONI DI DICOTILEDONI E GRAMINACEE SENZA AVENA SELVATICA**.

Metabenztlazuron

Appartiene al gruppo dei derivati ureici, la sua attività si estrinseca inibendo la fotosintesi clorofilliana; agisce per via radicale ed in parte fogliare. Viene impiegato sia su frumento tenero che duro alla dose di 3-4 kg/ha di f.c., la dose più bassa si usa su frumento duro e nei terreni ciottolosi, sabbiosi e in quelli a basso tenore di sostanza organica.

Ha uno spettro d'azione che comprende Matricaria chamomilla, Stellaria media, Papaver rhoeas, Raphanus raphanistrum ed altre crocifere a nascita autunnale; ha parziale effetto su Alopecurus myosuroides e Poa spp.

Nel terreno persiste mediamente 2-4 mesi, ma con possibilità di arrecare danni alle più sensibili colture di successione di secondo raccolto.

Pendimetalin+linuron, pendimethalin+neburon

Il pendimetalin appartiene al gruppo delle dinitroaniline ed è assorbito dai semi in germinazione e dalle radici delle giovani piante.

Applicato su infestanti già nate il prodotto viene rapidamente

assorbito dalla gemma apicale nelle monocotiledoni di non oltre 1-2 foglie e dall'ipocotile nelle dicotiledoni di non oltre 2-3 foglie.

Il meccanismo d'azione consiste nell' impedire la divisione cellulare ed in particolare la formazione dei microtubuli del fuso mitotico a livello dei tessuti meristemati.

Il suo spettro d'azione comprende infestanti graminacee dei generi Apera, Poa, Alopecurus c., in parte Lolium e dicotiledoni quali Stellaria media, Veronica spp., Lamium spp., Papaver spp., Fumaria officinalis e Matricaria spp..

L'attività erbicida del pendimetalin è poco influenzata dalla luce e dall'umidità atmosferica.

La sua selettività nei confronti della coltura diminuisce nei terreni sabbiosi ed in caso di semine irregolari.

Per completare l'attività erbicida verso le infestanti meno sensibili quali crocifere e composite il pendimetalin viene più diffusamente impiegato in miscela con i derivati ureici linuron e neburon, che agiscono per assorbimento radicale (e per il linuron anche fogliare) inibendo la fotosintesi clorofilliana.

La miscela di pendimetalini + linuron si utilizza su frumento tenero e duro alla dose di 5-6 l/ha di f.c., mentre la più persistente miscela di pendimetalin + neburon si impiega su frumento tenero e duro alla dose di 4-5 kg/ha di f.c..

Nel terreno tali miscele persistono mediamente 4-6 mesi con possibilità, a volte, per azione del pendimetalin, di causare problemi alle più sensibili colture di secondo raccolto.

Terbutrina

La terbutrina appartiene al gruppo delle s-triazine, viene assorbita sia dalle radici che dalle foglie delle erbe infestanti; non provoca inibizione dei processi germinativi, ma dopo l'assorbimento e la successiva traslocazione attraverso lo xilema, si accumula nei tessuti meristemati della parte aerea, dove interferisce con i processi fotosintetici attraverso l'inibizione della reazione di Hill.

I sintomi dell'azione tossica si manifestano in genere dopo che la pianta ha esaurito le proprie riserve in carboidrati e consistono in tipiche clorosi che evolvono rapidamente in necrosi causando la morte

della pianta.

Si impiega alla dose di 2-2,5 kg/ha di f.c. sia su frumento tenero che duro. E' particolarmente indicata per la lotta a Phalaris spp. ed Alopecurus myosuroides e numerose dicotiledoni tra cui Papaver rhoeas, Matricaria chamomilla e Veronica spp..

Non elimina Ranunculus arvensis, Raphanus raphanistrum e Vicia spp., mentre tra le graminacee sfuggono Avena spp., Lolium spp. e Poa spp.

La terbutrina non è tollerata dalla varietà di grano duro Kid, e in certi casi dalle varietà di frumento tenero Democrat, Adria, Aquileia e Marzotto e dai grani duri Valsacco, Gabbiano, Ringo, Lambro e Tito coltivati al nord. Inoltre il suo impiego è da escludere nei terreni sabbiosi, ghiaiosi, mal lavorati e in quelli normalmente soggetti a ristagni idrici.

Nel terreno persiste 2-3 mesi.

Diflufenican+trifluralin

Il diflufenican è un derivato appartenente al gruppo chimico delle fenossinicotinanilidi che, assorbito dalle piante attraverso le radici, l'ipocotile e le giovani foglie, agisce per contatto e per via sistemica mediante inibizione della sintesi dei carotenoidi (con fotossidazione della clorofilla).

Si può applicare fino allo stadio di 1-2 foglie su frumento tenero e duro alla dose di 2-2,5 l/ha di f.c. è in grado di bloccare l'emergenza dei germinelli e di devitalizzare le plantule già nate delle infestanti dicotiledoni, allorchè queste si trovano nelle primissime fasi di sviluppo (2-4 foglie).

Il diflufenican, in miscela con trifluralin di cui si parlerà più avanti, è attivo verso Alopecurus myosuroides, Lolium spp., Poa spp., Phalaris spp. e verso le specie dicotiledoni appartenenti alle famiglie delle cariofillacee, crocifere, labiate, poligonacee, ranunculacee, scrofulariacee; è attivo inoltre verso Viola tricolor ed ha un apprezzabile effetto su Galium aparine. Le composite risultano differentemente sensibili in relazione alle diverse specie.

Resistenti alla miscela risultano Avena spp., Bifora radians, Centaurea cyanus, Chrysanthemum segetum, Fumaria officinalis, Scandix pecten veneris e Vicia spp.

In caso si verificassero abbondanti precipitazioni in coincidenza con l'emergenza della coltura possono manifestarsi transitorie decolorazioni delle plantule del cereale che virano al violaceo e successivamente rinverdiscono.

Nel terreno il diflufenican persiste fino a oltre 6 mesi con possibilità di causare danni alle più sensibili colture di successione.

Flurocloridone+trifluralin

Il flurocloridone appartiene al gruppo chimico dei pirrolidoni, viene assorbito attraverso le radici e il coleoptile quando le piantine attraversano il terreno trattato; agisce inibendo la sintesi dei carotenoidi e quindi ha un effetto indiretto sulla fotosintesi. La miscela di flurochloridone e trifluralin viene utilizzata alla dose di 2,5 l/ha di f.c. e presenta uno spettro d'azione più ampio rispetto al trifluralin da solo nei confronti di Matricaria chamomilla, Viola tricolor ed in particolare su tutte le crocifere. Presenta inoltre una buona efficacia su Galium aparine.

Linuron+trifluralin

Questa miscela si impiega alla dose di 3-3,5 l/ha di f.c. dei più comuni formulati commerciali. Il linuron migliora l'azione del trifluralin nei confronti di crocifere e composite; alla miscela sfuggono, tuttavia, Galium aparine, Ranunculus arvensis e Fumaria officinalis.

Il linuron nel terreno persiste 3-4 mesi con permanenza più prolungata nei casi di ristagni idrici.

A2) DISERBO DA ESEGUIRE SOLO IN PRE-EMERGENZA IN PREVISIONE DI INFESTAZIONI DI DICOTILEDONI E GRAMINACEE CON POCA AVENA SELVATICA.

Isoproturon+trifluralin

La miscela isoproturon+trifluralin viene utilizzata solo su frumento tenero a 4,5-5,5 l/ha di f.c. L'aggiunta del trifluralin migliora l'efficacia dell'isoproturon verso Veronica spp., Fumaria officinalis e Phalaris spp.

Le principali caratteristiche dei singoli principi attivi saranno

descritte successivamente.

B1) DISERBO DA ESEGUIRE INDIFFERENTEMENTE IN PRE-EMERGENZA O IN POST-EMERGENZA PRECOCE (FINO ALLO STADIO DI 3° FOGLIA DEL FRUMENTO) IN PREVISIONE DI **INFESTAZIONI DI DICOTILEDONI E GRAMINACEE SENZA AVENA SELVATICA.**

Clorsulfuron

Il clorsulfuron appartiene alla famiglia delle sulfoniluree. Dopo il trattamento viene rapidamente assorbito dalle radici e dalle foglie delle piante. Viene traslocato nei punti di accrescimento dei germogli e delle radici, inibendo l'enzima acetolattato sintetasi (ALS) che catalizza i primi passaggi della biosintesi di due aminoacidi essenziali, valina ed isoleucina.

Applicabile in pre-emergenza ed in post-emergenza (non oltre la terza foglia) sia su frumento tenero che duro, alla dose di 15-20 g/ha di f.c.. Possiede una buona attività gramminicida, soprattutto nei confronti di Alopecurus myosuroides e Phalaris spp., ma è in grado talvolta di garantire un buon controllo di Lolium spp.. Fra le infestanti dicotiledoni risultano sensibili, Fumaria officinalis, Veronica spp., Stellaria media ed altre specie appartenenti all'ombrellifere, crocifere e composite.

Il clorsulfuron, applicato in post-emergenza precoce, manifesta una migliore selettività colturale, grazie all'elevata capacità metabolica dell'apparato fogliare del frumento, ed inoltre esercita una più spiccata attività erbicida nei confronti di alcune infestanti, come ad esempio Papaver rhoeas.

La sua attività non è influenzata dal grado di umidità del terreno e quindi può essere distribuito anche su terreni siccitosi e mal preparati. Occorre però tener presente che con il verificarsi di abbondanti precipitazioni, oltre a poter causare temporanei ingiallimenti e arrossamenti della coltura, può approfondirsi negli strati inferiori del terreno. Per alcune varietà più suscettibili a questi fenomeni, quali Lontra, Valle d'Oro, Libellula, Cona, se ne consiglia l'applicazione in post-emergenza.

La sua persistenza è piuttosto lunga e, nei terreni alcalini e con

andamento stagionale siccitoso, alcune colture in rotazione possono essere danneggiate dal principio attivo, che può rimanere nel terreno anche fino a due anni dal trattamento.

Pertanto nell'Italia settentrionale, è consigliabile non far seguire colture di secondo raccolto nei terreni trattati con clorsulfuron. Dove la distribuzione del prodotto è avvenuta in autunno si potranno seminare colture foraggere e colza nell'anno successivo alla distribuzione.

Nell'Italia meridionale ed insulare, invece, il clorsulfuron dovrà essere utilizzato solo in caso di monosuccessione di frumento.

Prosulfocarb

Il prosulfocarb è un nuovo erbicida appartenente alla famiglia dei tiocarbammati che viene assorbito dalle radici, dalle foglie e dall'apice vegetativo delle infestanti in germinazione. La sua azione si manifesta a livello delle zone meristematiche, determinando un arresto della crescita e in seguito la morte dei tessuti.

Si impiega in pre-emergenza ed in post-emergenza precoce non oltre la seconda foglia della coltura alla dose di 4-5 l/ha di f.c. su frumento tenero e duro.

Il prodotto, applicato da solo, elimina le infestanti che normalmente germinano durante il periodo autunno-invernale, con una prevalente attività verso Alopecurus myosuroides, Apera spica-venti, Lolium spp., Poa spp., ma anche verso alcune dicotiledoni quali Galium aparine, Capsella bursa-pastoris, Cerastium spp., Fumaria officinalis, Lamium purpureum, Stellaria spp., Veronica spp., Raphanus spp., Picris spp. e Matricaria spp., quando quest'ultima germina in prossimità dell'applicazione.

Per completare lo spettro d'azione verso le infestanti dicotiledoni, il prosulfocarb deve essere preferibilmente impiegato in miscela con pendimetalin o, in assenza di infestanti nate, anche con isoxaben.

In condizioni sfavorevoli d'impiego, con colture sofferenti per freddo o siccità, in concomitanza di abbondanti precipitazioni, nei terreni più sciolti o su semine irregolari, le applicazioni di prosulfocarb possono indurre transitori arresti di sviluppo, che normalmente non si ripercuotono sulla produzione.

Nel terreno il prodotto persiste mediamente 3-4 mesi, tanto da

poter danneggiare eventuali colture di sostituzione più sensibili, come la barbabietola da zucchero, mentre non sussistono problemi per tutte le colture seminate in normale successione.

Trifluralin, trifluralin+isoxaben

Il trifluralin è un collaudato erbicida appartenente alla famiglia dei nitroderivati, che viene assorbito dai semi in germinazione, dal coleoptile, dall'ipocotile e in minor misura dalle radici delle giovani piante; la traslocazione all'interno del vegetale è ridotta. La sua attività erbicida si esplica attraverso l'alterazione e l'inibizione della divisione cellulare (in particolare viene inibita la formazione dei microtubuli del fuso mitotico) a livello dei tessuti meristemati. Oltre ad impedire la germinazione dei semi, il prodotto può causare il blocco dello sviluppo delle giovani radichette e anche del coleoptile, determinando ingrossamenti e deformazioni che si possono manifestare anche sulle prime foglie.

Si impiega su frumento tenero e duro in pre-emergenza alla dose di 1,2-2 l/ha di f.c., con possibilità di utilizzarlo anche in post-emergenza precoce alla dose di 2 l/ha di f.c..

Esso svolge una buona attività graminicida nei confronti di Alopecurus myosuroides, Apera spica-venti, Poa spp., con una più elevata efficacia verso Lolium multiflorum, mentre il controllo di Phalaris spp. è più irregolare. Nei confronti delle malerbe dicotiledoni risulta particolarmente attivo verso Adonis aestivalis, Fumaria officinalis, Papaver spp., Stellaria media, Cerastium arvense, Veronica spp. e poligonacee, mentre sfuggono crocifere, composite, ombrellifere e Viola spp..

Allo stesso modo degli altri nitroderivati, per esplicare la migliore azione erbicida e per non causare danni sui cereali, il trifluralin deve essere distribuito su terreno ben sminuzzato, ben livellato e su semi uniformemente ricoperti.

In considerazione della sua elevata fotolabilità e volatilità il trifluralin richiede inoltre di essere distribuito in terreni preferibilmente umidi, in giornate poco soleggiate e non ventose.

Nel terreno persiste mediamente da 3 a 5 mesi e può creare alcuni problemi su eventuali colture di sostituzione; le più sensibili sono la barbabietola da zucchero e la loiessa.

Spesso il trifluralin si usa in miscela con l'isoxaben, un nuovo erbicida appartenente al gruppo delle benzamidi che possiede una prevalente penetrazione radicale ed agisce attraverso l'inibizione della sintesi proteica.

Tale principio attivo trova impiego sulle colture di frumento, orzo, segale e triticale nelle applicazioni di post-emergenza precoce in miscela con altri principi attivi che ne ampliano lo spettro d'azione nei confronti delle infestanti graminacee.

La miscela con trifluralin viene impiegata alla dose di 3-4 l/ha di f.c., preferibilmente nella fase di 1-2 foglie vere della coltura, quando la maggior parte delle infestanti sensibili all'azione dei due prodotti non sono ancora emerse o si trovano nei primissimi stadi di sviluppo.

La miscela ha un ampio spettro d'azione che comprende le principali infestanti dicotiledoni annuali dei cereali vernini sensibili all' isoxaben (composite, crocifere, cariofillacee, scrofulariacee, Papaver spp., Fumaria officinalis, Viola tricolor, Polygonum spp., ecc. ad eccezione di ombrellifere e Galium aparine) e delle infestanti graminacee sensibili al Trifluralin quali Alopecurus spp. Apera spp. Bromus spp. Lolium spp. Poa spp. e Phalaris spp..

B2) DISERBO DA ESEGUIRE INDIFFERENTEMENTE IN PRE-EMERGENZA O IN POST-EMERGENZA PRECOCE (FINO ALLO STADIO DI 3° FOGLIA DEL FRUMENTO) IN PREVISIONE DI **INFESTAZIONI DI DICOTILEDONI E GRAMINACEE CON POCA AVENA SELVATICA.**

Clortoluron, clortoluron+bifenox, clortoluron+diflufenican, clortoluron+isoxaben, clortoluron+pendimetalin, clortoluron+terbutrina, clortoluron+trifluralin

Il clortoluron appartiene al gruppo dei derivati ureici e viene assorbito principalmente per via radicale nelle applicazioni di pre-emergenza, mentre in quelle di post-emergenza anche per via fogliare, inibendo la fotosintesi clorofilliana.

Si può usare per il diserbo del frumento duro e tenero in pre-emergenza alla dose di 4-5 l/ha di f.c. ed in post-emergenza, dopo la fase di terza foglia alla dose di 2,5-3 l/ha di f.c. al 45% di p.a.

Questo derivato ureico presenta una elevata attività nei confronti di

Alopecurus myosuroides, Lolium spp. Apera spica venti e Poa spp., mentre parziale risulta l'azione verso Avena spp., infestante sensibile a volte solo entro lo stadio di 1-2 foglie. Nei confronti delle avene selvatiche la tossicità è così decrescente: A. fatua, A. ludoviciana ed A. barbata. Non elimina la Phalaris spp. motivo per cui, se questa è presente, si usa in miscela con la terbutrina. Limitato è lo spettro d'azione dicotiledonica, per cui viene impiegato in associazione con altri principi attivi.

La sua azione infatti non è completa: in particolare sono poco controllate le crocifere, le composite, Galium aparine e Viola tricolor; verso Bifora spp. l'azione è irregolare.

Per ottenere i migliori risultati il letto di semina dev'essere ben preparato. Da non applicare in terreni contenenti più dell'8% di sostanza organica, in quanto perderebbe efficacia, e su varietà sensibili.

In caso di forzata sostituzione del cereale trattato con la miscela è necessario scegliere con oculatezza le colture da utilizzare, in modo da evitare che eventuali residui degli erbicidi possano danneggiarle.

Il clortoluron può essere miscelato con bifenox, un principio attivo appartenente al gruppo dei difenil-eteri che agisce per azione di contatto fogliare sulle infestanti nate e in corso di germinazione, mentre sembra possedere solo una leggera azione per assorbimento radicale.

Provoca la formazione di perossidi che, determinando la distruzione dei costituenti lipidici della membrana, causano la morte delle cellule e di conseguenza anche delle infestanti. Può agire anche come inibitore della fotosintesi e dei processi respiratori.

La miscela con clortoluron va applicata in pre-emergenza alla dose di 4-4,5 l/ha di f.c. ed in post-emergenza su frumento tenero e duro (a partire dalla terza-quarta foglia fino alla fine dell'accestimento) alla dose di 3,5 l/ha di f.c.; viene in questo modo completata l'attività del clortoluron verso Veronica spp., Viola tricolor, Papaver rhoeas, e, nel contempo, il bifenox esercita una buona azione di contenimento del Galium aparine. A volte possono sfuggire le infestanti a nascita primaverile, come le poligonacee.

L'attività del bifenox è molto influenzata dalla luce in quanto agisce solo quando le infestanti sono emerse dal terreno. Nelle regioni ad inverno rigido, è consigliabile interrompere i trattamenti di post-emergenza ai primi freddi ed attendere un rialzo delle temperature. Di

buona selettività, la miscela con il clortoluron nelle applicazioni di post-emergenza può causare ustioni punteggiate sulle foglie, che però scompaiono dopo una settimana senza influire sulla produzione.

Ha una breve persistenza e non è percolabile.

Il clortoluron può essere miscelato anche con diflufenican; la miscela si impiega in pre-emergenza alla dose di 4,5-5,0 l/ha di f.c. ed in post-emergenza alla dose di 3,5-4 l/ha di f.c.. Questa miscela viene assorbita prevalentemente dalle radici e secondariamente dalle foglie; è in grado di eliminare le nascite di Alopecurus myosuroides, Lolium spp., Poa spp., Apera spica venti e le piantine di Avena spp. non oltre le 2-3 foglie e di controllare meglio alcune infestanti dicotiledoni meno sensibili al clortoluron, come le crocifere, Viola tricolor, Veronica spp., Papaver rhoeas ed di esercitare un buon controllo di Galium aparine. Si può impiegare su frumento tenero e duro dopo la semina ed in post-emergenza dopo la formazione della 3° foglia con l'avvertenza di non impiegare la miscela sulle varietà di frumento sensibili al clortoluron (Demar 4, Kid e Brasilia).

L'attività erbicida di questa miscela è molto influenzata dalla presenza di luce che ne aumenta sensibilmente l'efficacia, ma che, nel contempo, può accentuare i caratteristici sintomi di fitotossicità (decolorazioni fogliari) che si possono manifestare maggiormente sulle colture di orzo.

Molto persistente, può causare danni alle colture di sostituzione e a volte, se il terreno non viene arato, anche a quelle seminate dopo la raccolta dei cereali vernini.

Il clortoluron può essere miscelato anche con isoxaben. La miscela può essere impiegata in pre-emergenza alla dose di 4-5 l/ha di f.c. ed in post-emergenza nella fase compresa tra la terza e la quarta foglia del cereale alla dose di 3-3,5 l/ha di f.c.. Risulta efficace verso Alopecurus myosuroides, Lolium multiflorum, Poa spp. e Apera spica venti. L' Avena spp. è controllata dal clortoluron entro la fase di 1-2 foglie, mentre Phalaris spp. è resistente. La miscela di clortoluron + isoxaben è inoltre attiva verso le principali dicotiledoni quali composite, crocifere, cariofillacee, scrufolariacee, Papaver spp., Fumaria officinalis, Poligonum spp., Viola tricolor ad eccezione di ombrellifere e Galium aparine. Il miglior controllo delle infestanti a foglia larga si ottiene quando il prodotto viene applicato prima della loro emergenza o, al più tardi,

quando si trovano allo stadio cotiledonare. Tale preparato non deve essere impiegato sulle varietà di frumento sensibili al clortoluron ed il suo utilizzo è sconsigliato anche nei terreni molto sabbiosi, ghiaiosi ed in quelli facilmente soggetti a ristagni idrici nel periodo invernale. Dopo l'applicazione del prodotto possono manifestarsi transitori fenomeni di sofferenza della coltura che però scompaiono in breve tempo e non hanno nessuna conseguenza sulla produzione.

In relazione all'elevata persistenza dell'isoxaben, in caso di forzata sostituzione del cereale, è necessario scegliere attentamente le colture da impiegare nella risemina, in quanto i residui dell'erbicida presenti nel terreno possono interferire negativamente con lo sviluppo di alcune specie coltivate.

Nessuna limitazione è posta invece per le colture in successione qualora prima dell'impianto si pratichi una normale lavorazione, mentre in assenza della stessa viene sconsigliata la semina della coltura di colza.

Un'altra miscela utilizzabile è quella del clortoluron con il pendimetalin, impiegabile in pre-emergenza e post-emergenza su frumento tenero e duro alla dose di 4-5 kg/ha al 25% + 25% di p.a.. Si caratterizza per possedere una buona azione graminicida, soprattutto nei confronti di Alopecurus myosuroides, Poa spp. e Lolium spp., infestante che può essere contenuta anche con applicazioni di post-emergenza precoce a partire dallo stadio di 3 foglie del cereale. Per quanto riguarda le infestanti dicotiledoni, questa associazione si caratterizza dalle precedenti miscele per una maggiore azione verso le infestanti poligonacee, in particolare Polygonum aviculare.

Questa miscela dev'essere utilizzata su terreni ben preparati, livellati e privi di zollosità, con semi posti alla profondità di 3-4 cm. Non rispettando tali criteri, in caso di forti precipitazioni subito dopo l'applicazione del prodotto, possono insorgere fenomeni fitotossici. Non applicare sulle varietà sensibili al clortoluron.

Per una eventuale sostituzione della coltura trattata con una non indicata in etichetta, è consigliabile eseguire un'aratura alla profondità di almeno 20 cm.

Per avere un buon controllo di Phalaris spp. si può impiegare in pre-emergenza la miscela di clortoluron con terbutrina, su frumento tenero e duro alla dose di 3-4 l/ha di f.c.. L'aggiunta della terbutrina al clortoluron conferisce al trattamento una migliore azione anche contro

Papaver rhoeas e Fumaria officinalis.

La miscela di clortoluron e trifluralin, più adatta nelle applicazioni di pre-emergenza, assicura invece una costante ed elevata attività graminiocida (Alopecurus myosuroides, Apera spica-venti, Lolium spp., Poa spp.), mentre fra le dicotiledoni sono controllate Adonis aestivalis, Anthemis spp., Matricaria spp., Fumaria officinalis, Lamium spp., Legousia speculum-veneris, Papaver rhoeas, Stellaria media, Cerastium arvense. La sua azione non è completa in particolare verso le crocifere, le composite, Galium aparine, Viola spp. e Bifora spp..

Anche per queste ultime due miscele valgono le stesse avvertenze d'impiego citate in precedenza per il clortoluron da solo o in miscela: in particolare bisogna tener presente che, in condizioni pedoclimatiche sfavorevoli, sui terreni più sciolti, limosi e calcarei, in presenza di ristagni idrici ed elevata piovosità, il trattamento può causare, sia nelle applicazioni di pre che di post-emergenza, decolorazioni e disseccamenti fogliari, che, nei casi più gravi, possono determinare la morte delle piante.

Isoproturon

L' isoproturon appartiene al gruppo chimico dei derivati ureici e si caratterizza per essere assorbito in poche ore sia dalle radici che dalle foglie delle infestanti. Viene traslocato attraverso lo xilema e si accumula nei meristemi inibendo la fotosintesi clorofilliana a livello della reazione di Hill.

Tale prodotto può essere impiegato solo su frumento tenero alla dose di 2,5-3,5 l/ha; è poco utilizzato in pre-emergenza, mentre trova valida applicazione in post-emergenza precoce per contenere elevate infestazioni di Alopecurus myosuroides, Lolium spp., Poa spp., e ridotte infestazioni di Avena spp., Phalaris spp. e Bromus spp. Fra le infestanti dicotiledoni, risultano sensibili all'azione del principio attivo le composite, Capsella bursa pastoris, Thlaspi arvense, Diploaxis spp., Legousia speculum-veneris, Papaver rhoeas, Cerastium arvense e Stellaria media.

Può essere distribuito anche a basse temperature (5°C) e su terreno gelato, mentre se applicato in miscela necessita di livelli termici leggermente più elevati. E' consigliabile non trattare su colture sofferenti per gelo ristagni di acqua o attacchi parassitari e nei terreni

ciottolosi calcarei e tendenzialmente sabbiosi.

Di media persistenza, in caso di forzata sostituzione del cereale trattato, il principio attivo può causare danni ad alcune colture.

INTERVENTI DI POST-EMERGENZA DALL' INIZIO DELL' ACCESTIMENTO DEL FRUMENTO

In relazione alle diverse erbe infestanti che si dovranno eliminare e alla disponibilità di prodotti, si possono schematizzare i seguenti casi:

A1) Infestazioni di dicotiledoni e di graminacee **con poca avena selvatica:**

isoproturon;
 isoproturon+MCP;P;
 isoproturon+ioxinil+MCP;P;
 clortoluron;
 clortoluron+pendimetalin;
 clortoluron+bifenox.

A2) Infestazioni di dicotiledoni e di graminacee **con molta avena selvatica:**

imazametabenz;
 imazametabenz+pendimetalin;
 imazametabenz+MCP;P;
 diclofop-metil+ioxinil+bromoxinil;
 diclofop-metile*+tribenuron metile*;
 (fenoxaprop-p-etile+diclofop-metile)*+tribenuron-metile*;
 fenoxaprop-etile*+(bromoxinil+MCPA)*;
 fenoxaprop-etile*+tribenuron-metile* o (ioxinil+MCP;P)*;
 tralkossidim* +(ioxinil+MCP;P)*;
 l-flamprop-isopropile*+MCPA* o tribenuron-metile*.

B2) Infestazioni di sole graminacee **con molta avena selvatica:**

imazametabenz;
 diclofop-metile;
 fenoxaprop-etile;
 fenoxaprop-p-etile+diclofop-metile;
 tralkossidim;
 l-flamprop-isopropile.

* = miscele estemporanee

C) Infestazioni di **dicotiledoni annuali e perennanti**:

fluorenolo+MCPA;
flurenolo+MCPA+MCPP;
ioxinil+MCPP;
ioxinil+bromoxinil+MCPP;
bromoxinil+MCPA;
bentazone+MCPP;
2,4 D;
2,4 DB;
2,4 DP;
MCPA;
MCPP;
MCPA+MCPP+2,4 D;
dicamba;
dicamba+MCPA;
clopiraldid;
clopiraldid+MCPA+MCPP;
clopiraldid+MCPA+2,4 D;
fluroxipir;
fluroxipir+clopiraldid+MCPA;
tribenuron-metile.

A1) INFESTAZIONI DI DICOTILEDONI E DI GRAMINACEE
CON POCA AVENA SELVATICA

Isoproturon, Isoproturon+MCPP, isoproturon+ioxinil+MCPP

L'isoproturon impiegato in post-emergenza presenta la stessa modalità d' azione già descritta per le applicazioni in pre-emergenza e post-emergenza precoce.

Si rivela particolarmente attivo verso Alopecurus myosuroides, Apera spica-venti e Poa spp., sensibili fino alla fase di pieno accestimento, mentre più ridotta è la sua attività verso Lolium multiflorum, Avena spp. e Phalaris spp., che risultano eliminabili rispettivamente fino allo stadio

di inizio accestimento, 2°-3° foglia e 1°-3° foglia. Esercita una soddisfacente azione verso Matricaria spp., Anthemis spp., Centaurea cyanus, Diploaxis erucoides, Capsella bursa-pastoris, Thlaspi arvense, Papaver rhoeas, Cerastium arvense, Stellaria media, ecc.

Per aumentare lo spettro d'azione verso le malerbe a foglia larga di difficile eliminazione, quali Galium aparine, Bifora radians e Rumex spp., viene applicato in trattamenti più tardivi in miscela con il sistemico ormonico MCPP (4-5 kg/ha di f.c.) o con lo stesso addizionato del derivato benzonitrilico ioxinil (5-6 kg/ha di f.c.) che è dotato di azione di contatto ed è poco traslocato all'interno della pianta.

E' consigliabile non trattare colture sofferenti per gelo, ristagni di acqua o attacchi parassitari e nei terreni ciottolosi e sabbiosi, dove, in concomitanza di elevate piovosità, si possono manifestare decolorazioni e disseccamenti fogliari che, nei casi più gravi, possono determinare la morte delle piante, riduzioni di sviluppo e del numero dei culmi di accestimento.

Nel terreno il prodotto applicato in post-emergenza persiste pochi mesi senza causare rilevanti danni alle colture di successione.

Clortoluron, clortoluron+pendimetalin, clortoluron+bifenox

Il clortoluron, del cui meccanismo d'azione si è già parlato, può essere applicato su frumento tenero e duro anche dalla fase di 3-4 foglie fino all'accestimento, alla dose di 2,5-3 kg/ha di f.c..

Nelle applicazioni di post-emergenza, il clortoluron possiede una rilevante attività verso Alopecurus myosuroides, Apera spica-venti e Lolium multiflorum, sensibili fino allo stadio di inizio accestimento e una parziale attività nei confronti di Avena spp., eliminabile solo nei primissimi stadi di sviluppo (1-2 foglie), mentre sfuggono Phalaris spp. e Bromus spp.

Nei confronti delle infestanti dicotiledoni esercita una più completa attività verso Matricaria spp., Anthemis spp., Centaurea cyanus, Capsella bursa-pastoris, Thlaspi arvense, Stellaria media, ecc., mentre non completa è la sua efficacia verso Papaver rhoeas, Veronica spp., Fumaria officinalis e numerose altre specie.

Per completare l'azione verso alcune di queste erbe infestanti nelle aree dell'Italia centrale, il clortoluron può essere vantaggiosamente miscelato al pendimetalin, che ne rafforza l'attività soprattutto verso le

poligonacee, Papaver spp., Fumaria officinalis e Veronica spp..

Il clortoluron può essere applicato in miscela già formulata con il bifenox, che è un principio attivo appartenente alla famiglia dei difenil-eteri il cui meccanismo d' azione è stato già descritto precedentemente.

La miscela con bifenox, applicata alla dose di 3,5 l/ha di f.c. durante lo stadio di accostamento del frumento tenero e duro, completa l'attività del clortoluron verso Veronica sp., Viola tricolor, Papaver rhoeas, e nel contempo esercita una buona azione di contenimento del Galium aparine. A volte possono sfuggire, nei trattamenti più precoci, le infestanti a nascita primaverile, quali le poligonacee.

Per non causare danni alle colture i preparati contenenti clortoluron debbono essere distribuiti tenendo presenti le avvertenze d' impiego già citate in precedenza. Bisogna inoltre tener presente che il clortoluron, in miscela con bifenox, può causare, per azione di quest'ultimo principio attivo, ustioni punteggiate sulle foglie, che hanno un decorso temporaneo e non influenzano la produzione.

Nel terreno il clortoluron presenta una persistenza variabile in relazione all'epoca di impiego. Nelle applicazioni autunnali, nei terreni più argillosi e in casi di sovradosaggio può persistere fino a oltre la raccolta del frumento, causando a volte gravi danni alle più sensibili colture di successione, mentre nelle applicazioni invernali e ai dosaggi più ridotti, il clortoluron si degrada più velocemente in pochi mesi.

A2) INFESTAZIONI DI DICOTILEDONI E DI GRAMINACEE CON MOLTA AVENA SELVATICA

Imazametabenz, imazametabenz+pendimetalin, imazametabenz +MCP

L'imazametabenz è un erbicida appartenente alla famiglia degli imidazolinoni. E' assorbito dalle piante sia per via fogliare che radicale e viene rapidamente traslocato nelle regioni meristematiche, inibendo l'enzima AHAS (sintesi acetidrossiacidasi) e bloccando quindi la sintesi di tre aminoacidi (valina, leucina ed isoleucina), con conseguente arresto dei meccanismi della divisione cellulare e di crescita delle piante sensibili.

Esso è applicabile in post-emergenza di frumento tenero e duro, a partire dallo stadio di 3 foglie delle colture e fino alla fase di

accestimento alla dose di 2,5-3 l/ha di f.c. risultando molto attivo verso numerose infestanti graminacee.

Le piante di avena selvatica assorbono maggiormente il prodotto per via fogliare (circa il 60%) e sono sensibili alla sua azione fino allo stadio di 4 foglie, ma con andamenti stagionali molto piovosi l'attività è buona anche su piante con 3-5 culmi di accestimento.

L'Alopecurus myosuroides assorbe meno prodotto per via fogliare (circa il 40%) ed è sensibile negli stessi stadi di sviluppo dell'avena in normali condizioni di piovosità, ma è più resistente se dopo il trattamento decorre un andamento poco piovoso.

Poa pratensis è invece sensibile fino alla fine dell' accestimento.

Tra le dicotiledoni esercita un buon controllo di molte crocifere (Capsella bursa-pastoris, Thlaspi arvense, Raphanus raphanistrum, Rapistrum rugosum, Sinapis arvensis), Fallopia convolvulus e alcune altre specie, mentre parziale risulta la sua attività nei confronti di Galium aparine, Veronica spp. e Myagrum perfoliatum, sensibili solo nelle primissime fasi di sviluppo.

Rispetto agli altri preparati ad azione gramivicida applicabili in post-emergenza l' imazametabenz si caratterizza per esercitare anche un'azione antigerminello che impedisce le rinascite di infestanti sensibili dopo il trattamento.

Per completarne lo spettro d'azione nei confronti delle infestanti dicotiledoni viene miscelato con pendimetalin o MCPP.

La miscela con il pendimetalin (4-5 l/ha di f.c.) si presta ad applicazioni precoci (da 3 foglie a inizio accestimento) per il controllo della maggior parte delle infestanti autunno-invernali, che al momento del trattamento non devono aver superato lo stadio di 2-4 foglie. Oltre a controllare le più sensibili crocifere, si ha una buona efficacia anche verso Fumaria officinalis, Galium aparine, Papaver rhoeas, Stellaria media, Veronica spp. e le poligonacee; nel contempo viene migliorata anche l'efficacia gramivicida.

Il formulato contenente MCPP (da impiegare alla dose di 7-7,5 l/ha di f.c.) è più indicato nella fase di accestimento dei cereali, periodo nel quale tutte le infestanti sensibili al composto ormonico sono già emerse. Se applicata su malerbe in attiva crescita, la miscela risulta attiva verso numerose dicotiledoni annuali, quali Bifora radians, Scandix pecten-
veneris, Galium aparine, Stellaria media e Rumex spp., mentre Papaver

rhoeas e altre infestanti meno sensibili all'MCPP, come Matricaria spp., risultano totalmente o in parte resistenti.

L'applicazione di imazametabenz da solo o in miscela con pendimetalin, non essendo influenzata dalle condizioni termiche, può essere effettuata anche su terreno gelato, mentre la miscela con MCPP necessita di temperature più elevate (8-10°C) ed è bene che non sia distribuita in previsione di gelate notturne. Fondamentale in ogni caso risulta invece il livello di piovosità, in quanto l'attività del prodotto risulta notevolmente ridotta in concomitanza di lunghi periodi siccitosi.

Con forti abbassamenti di temperatura che rallentano il metabolismo del principio attivo, si possono verificare su frumento duro ingiallimenti e disseccamenti apicali sulle foglie basali, che normalmente scompaiono entro tre settimane dal trattamento e non influiscono negativamente sulla produzione.

L'imazametabenz persiste nel terreno mediamente fino a 6 mesi, ma ha possibilità di rimanere fino a 10 mesi prima dei quali è sconsigliata la semina di colture sensibili quali bietola e colza.

Diclofop-metile, Diclofop-metile + ioxinil + bromoxinil

Il diclofop-metile appartiene alla famiglia degli arilossifenossipropionati e viene prevalentemente assorbito dalle foglie e, con umidità del terreno elevata, anche dalle radici. Agisce a livello dell'attività meristemica attraverso l'inibizione dell'AcetilCoA carbossilasi, enzima preposto alla sintesi degli acidi grassi, che concorrono alla formazione delle membrane cellulari e delle cuticole.

Il prodotto, applicabile dalla fase di accestimento e fino all'inizio della levata di frumento tenero e duro (alla dose di 2-3 l/ha), si caratterizza per l'elevata attività erbicida nei confronti di avena selvatica sensibile fino all' accestimento, ma soprattutto di Lolium multiflorum, che viene devitalizzato fino alla levata. Buona l'attività nei confronti di Phalaris spp., mentre Alopecurus myosuroides risulta sensibile solo nei primi stadi di sviluppo (1 -2 foglie); Poa spp. ed Apera spica-venti appaiono resistenti.

Per controllare contemporaneamente le infestanti graminacee e dicotiledoni, il diclofop-metile viene impiegato già miscelato con ioxinil e bromoxinil (3-4 l/ha di f.c.). Questi, se applicati durante la fase di accestimento dei cereali e con temperature superiori agli 8°C, non

riducono l'attività graminicida del diclofop-metile e permettono di controllare, nelle prime fasi di sviluppo (3-6 foglie), Papaver rhoeas, Sinapis spp., Raphanus raphanistrum, Capsella bursa-pastoris e le poligonacee, presentando inoltre una buona azione anche verso plantule di Matricaria chamomilla, Galium aparine, Fumaria officinalis, Veronica spp. e Lamium spp.

I trattamenti con i preparati contenenti diclofop-metile devono essere eseguiti preferibilmente in giornate soleggiate, con tempo mite e almeno dopo due ore dopo una eventuale pioggia, evitando di applicare tali formulati su colture sofferenti per siccità o con temperature inferiori ai 5°C o superiori a 25 °C in quanto potrebbero manifestarsi ingiallimenti e decolorazioni sulle più sensibili varietà di frumento tenero; inoltre occorre avere l'avvertenza di lasciar trascorrere un intervallo di una settimana prima di applicare altri erbicidi ad azione fogliare, tra i quali i prodotti ormonici.

Nel terreno il prodotto persiste 2-3 settimane, senza problemi per le colture di sostituzione.

Per infestazioni di dicotiledoni e graminacee con molta avena selvatica possono essere altresì impiegate le miscele estemporanee già citate a nei paragrafi precedenti; la descrizione dei singoli pp.aa. verrà effettuata successivamente.

B1) INFESTAZIONI DI SOLE GRAMINACEE CON MOLTA AVENA SELVATICA

Imazametabenz: vedi pag.27.

Diclofop-metile: per la descrizione del singolo principio attivo vedi pag. 29.

Fenoxaprop-etile+fenclofazol-etile, fenoxaprop-p-etile+diclofop-metile

Il fenoxaprop-etile, miscela racemica di due isomeri ottici, e il fenoxaprop-p-etile, isomero attivo, sono due nuovi principi attivi

appartenenti alla famiglia degli arilossifenossipropionati.

Il fenoxaprop-etile, al pari del suo isomero attivo, viene assorbito dalle foglie entro due ore e rapidamente traslocato nei tessuti meristemati, dove inibisce l'AcetilCoA carbossilasi preposto alla sintesi degli acidi grassi, provocando un immediato arresto della crescita, ed interferisce negativamente con il processo fotosintetico.

Per sopperire alla mancata selettività di questo prodotto nei confronti dei cereali è necessaria l'associazione con uno speciale antidoto, il fenclorazol-etile, che rende possibile il suo impiego nella coltura di frumento. Il principio attivo e l' antidoto sono già miscelati nel formulato commerciale pronto per l' impiego.

Principale caratteristica di tale prodotto è la sua elevata versatilità d'impiego che ne rende possibile l'applicazione a partire dallo stadio di tre foglie di frumento tenero e duro fino ad arrivare alla fase di secondo nodo. In tutto questo periodo il fenoxaprop-etile, applicato alla dose di 1,5-3 l/ha, manifesta una buona selettività nei confronti del frumento, unita ad una altrettanto elevata attività erbicida che risulta anche poco influenzata dai livelli di temperatura ambientale.

Lo spettro d'azione comprende, oltre alle infestanti dei generi Avena e Alopecurus, quelle dei generi Apera e Phalaris, sensibili in tutti i loro stadi di sviluppo, e Poa, sensibile non oltre la fase di accostamento, mentre rimane escluso il Lolium multiflorum, per combattere il quale il fenoxaprop-p-etile dovrà essere impiegato in miscela già formulata con il più attivo e specifico diclofop-metile alla dose di 2 l/ha di f.c..

Per estendere l'attività erbicida nei confronti delle malerbe a foglia larga vi è la possibilità di miscelare tale principio attivo con diversi preparati fra cui tribenuron-metile, il fluroxipir e le miscele di ioxinil + MCPP e di bromoxinil + MCPA nelle formulazioni da estere, mentre è opportuno che tra l'applicazione di fenoxaprop-etile e quella degli altri erbicidi ormonici, trascorra almeno una settimana.

L'efficacia erbicida può essere limitata da condizioni sfavorevoli alla crescita delle infestanti, quali ad esempio stress idrici o elevate temperature. Inoltre occorrerà avere l'avvertenza di non trattare in concomitanza di periodi siccitosi e con forti escursioni termiche, che oltre a ridurre l'attività del prodotto, possono causare transitori arresti di sviluppo.

Nel terreno persiste pochi giorni.

Tralkossidim

Il tralkossidim è un nuovo graminicida specifico, appartenente alla famiglia dei cicloesenoni.

È rapidamente assorbito (entro un'ora) da parte dei tessuti verdi dell'infestante e interferisce negativamente con alcuni processi di biosintesi degli acidi grassi.

Si impiega su frumento tenero e duro alla dose di 4-5 l/ha di f.c. in relazione allo stadio di sviluppo delle colture e delle infestanti.

Risulta attivo verso Avena spp. e Lolium multiflorum sensibili fino allo stadio di 2° nodo in levata, nonché nei confronti di Alopecurus myosuroides e Phalaris spp., che sono eliminabili fino allo stadio di fine accestimento, e di Apera spica-venti e Poa spp., che vengono devitalizzate solo entro l'inizio dell'accestimento.

Per il contemporaneo controllo delle infestanti dicotiledoni è possibile miscelare il tralkossidim con prodotti a base di ioxinil+MCPP e ioxinil+bromoxinil+MCPP; al contrario esso non va addizionato con erbicidi fenossi-derivati e sulfoniluree. Laddove vengano impiegati tali prodotti si deve avere l'avvertenza di distanziare i trattamenti con erbicidi ormonici di almeno sette giorni, o di intervenire con sulfoniluree almeno tre settimane prima o una settimana dopo l'applicazione del tralkossidim.

Normalmente non si evidenziano fenomeni fitotossici sulla coltura, ma con elevati sbalzi termici e quando la coltura ha recentemente subito o si trova in condizioni di stress a causa di ristagni idrici, gelate, siccità o attacchi parassitari, si possono verificare rallentamenti di crescita e pertanto è opportuno rimandare l'applicazione erbicida con tale prodotto sino a quando il cereale non si è pienamente ripreso.

Nel terreno il tralkossidim persiste poche settimane senza determinare problemi nelle colture in successione.

L-flamprop-isopropile

Questo principio attivo appartiene alla famiglia dei derivati dell'acido benzoico ed è assorbito entro 2 ore per via fogliare e traslocato per via floematica nelle zone meristematiche. In tale sito d'azione impedisce la distensione cellulare provocando l'arresto dello sviluppo delle erbe infestanti che, soffocate dalla coltura, disseccano e muoiono.

L-Flamprop-isopropile è indicato per il controllo dell'avena selvatica sensibile in qualsiasi stadio di sviluppo e di Alopecurus myosuroides, devitalizzabile però in stadi più precoci. E' indicato per il diserbo selettivo di frumento tenero e duro, dallo stadio di fine accestimento fino al 2° nodo, alla dose di 3-3,5 l/ha di f.c.

Per il contemporaneo controllo delle infestanti a foglia larga, all'l-flamprop-isopropile può essere miscelato il più compatibile tribenuron-metile e, con cautela, MCPA, ma solo su colture in ottime condizioni di crescita e con andamento climatico favorevole (temperatura compresa tra 5 e 25°C).

In concomitanza con forti abbassamenti termici ($T < 5^{\circ} \text{C}$) le colture trattate possono manifestare riduzione di taglia, mentre con applicazioni nella fase di botticella si possono riscontrare danni alla spigatura.

C) INFESTANTI DICOTILEDONI ANNUALI E PERENNANTI

Flurenolo+MCPA, flurenolo+MCPA+MCPP

Il flurenolo appartiene al gruppo delle morfattine ed è un collaudato diserbante sistemico, assorbito nel tempo massimo di 12 ore dalle foglie, ma in parte anche dalle radici.

E' traslocato per via xilematica e floematica in tutte le parti della pianta dove si accumula nei tessuti. Agisce a livello della vegetazione apicale e dei tessuti meristemati ed inibisce il trasporto auxinico.

E' applicato a partire dalla 3° foglia di frumento e cereali minori e fino alla fase di accestimento in miscela con i composti ormonici MCPA (1,5-3 l/ha di f.c.) e MCPA+MCPP (3-3,5 l/ha di f.c.); la prima miscela permette il controllo di numerose infestanti dicotiledoni, tra cui crocifere, poligonacee, Papaver rhoeas, Veronica spp., Stellaria media, Ranunculus spp. e Fumaria officinalis mentre la seconda consente di eliminare anche alcune dicotiledoni resistenti alla prima, come Matricaria chamomilla e Viola tricolor ecc..

E' sconsigliato l'impiego su frumento danneggiato da gelate, asfissia radicale o in previsione di gelate notturne. La temperatura ideale di applicazione è compresa tra 5 e 22°C.

In presenza di temperature elevate (superiori ai 30°C) si possono

verificare danni alla vegetazione. Nel terreno il flurenolo persiste 5-6 settimane.

Tribenuron-metile

Il tribenuron-metile è una nuova sulfonilurea che può essere assorbita sia dalle foglie che dalle radici (sebbene in pratica l'assorbimento fogliare sia predominante a causa della sua ridotta persistenza nel terreno) ed è traslocata sia in senso acropeto che basipeto ai tessuti meristemati dei germogli e delle radici. La sua azione fitotossica si esplica con inibizione dell'enzima acetolattato sintetasi (ALS) necessario per la sintesi di tre aminoacidi essenziali per la crescita delle piante e cioè valina, leucina ed isoleucina.

Tale principio attivo si può impiegare alla dose di 10-20 g/ha di f.c. sul frumento tenero e duro dallo stadio di 3 foglie all'inizio della levata; risulta attivo nei confronti di numerose infestanti dicotiledoni annuali, quali Papaver rhoeas, Stellaria media, Viola spp. e altre specie appartenenti alla famiglia delle composite, crocifere e ombrellifere, e perenni quali Cirsium arvense e Rumex spp.; appaiono meno sensibili invece Galium aparine, Fumaria officinalis e Veronica hederifolia.

Importante peculiarità del tribenuron-metile è che può essere miscelato con la maggior parte dei gramminicidi specifici (ad eccezione del tralkossidim) senza ridurre sostanzialmente l'attività erbicida.

La sua efficacia si esplica anche a basse temperature, ma occorre avere l'avvertenza di non trattare su colture e infestanti sofferenti a causa di gelate. In alcuni casi può dar luogo a leggere decolorazioni quando usato in miscela con bagnante. Nel terreno il prodotto persiste 1-2 mesi.

Ioxinil+MCPP, ioxinil+bromoxinil+MCPP, bromoxinil+MCPA

Ioxinil e bromoxinil, due erbicidi che fanno parte della famiglia degli idrossibenzenitrili, si caratterizzano per essere assorbiti principalmente attraverso le foglie entro 2 ore dall'applicazione. Agiscono per contatto con limitata traslocazione, inibendo la fotosintesi clorofilliana a livello della reazione di Hill e anche alcuni dei processi respiratori.

Lo ioxinil è caratterizzato da una elevata attività nei confronti della maggior parte delle infestanti ed in particolare di cariofillacee (Stellaria spp., Cerastium spp., Spergula spp., ecc.), scrofulariacee (Veronica spp., Linaria spp., ecc.) labiate (Lamium spp., Galeopsis spp.) e fumariacee

(Fumaria spp.), mentre il bromoxinil possiede, rispetto a ioxinil, una migliore efficacia su composite (Matricaria spp., Anthemis spp., Chrysanthemum spp.), poligonacee (Polygonum spp., Fallopia convolvulus, ecc.) e borraginacee (Myosotis spp., Lithospermum spp., ecc.).

Le miscele di ioxinil + MCPP (2-3 l/ha di f.c.) e ioxinil + bromoxinil + MCPP (2-3 l/ha di f.c.), applicabili dallo stadio di accestimento a quella di levata su frumento tenero e duro, risultano particolarmente indicate nei casi di complesse infestazioni di dicotiledoni annuali, anche in presenza di Galium aparine, Bifora spp., Chrysanthemum spp e Viola tricolor, sulle quali esercitano una valida azione di contenimento. Sono altresì indicate per devitalizzare la vegetazione emersa di Cirsium arvense, Rumex spp., mentre Convolvulus arvensis ed Equisetum spp. risultano più resistenti.

La miscela di bromoxinil + MCPA (1-1,5 l/ha di f.c.) è invece indicata nei casi di più elevate infestazioni di Papaver rhoeas, crocifere, composite, labiate e poligonacee.

Per il caratteristico meccanismo d'azione tutti i formulati contenenti ioxinil o bromoxinil debbono essere preferibilmente applicati prima possibile a partire dall'inizio dell'accestimento del cereale, ma esiste la possibilità di impiegarli fino all'inizio della levata, su infestanti entro lo stadio di 6-8 foglie e non sofferenti per gelate o siccità.

I preparati contenenti ioxinil + MCPP formulati come estere possono essere applicati più precocemente, in virtù della maggiore velocità di penetrazione e della più elevata attività erbicida rispetto alle formulazioni da sale, ma richiedono sempre temperature superiori ad 8°C; i preparati contenenti bromoxinil + MCPA richiedono invece temperature superiori a 10°C. Con livelli termici oltre i 25°C possono verificarsi sulle colture trattate ustioni e arrossamenti fogliari di carattere transitorio.

La miscela di ioxinil + MCPP non deve essere applicata sulla varietà MEC nella fase di fine levata. Nel terreno ioxinil e bromoxinil persistono 2-3 settimane.

Bentazone + MCPP

Il bentazone è una tiadiazina che viene assorbita dalle foglie entro alcune ore; limitata è la sua traslocazione all'interno dei vegetali trattati.

Agisce per contatto inibendo la fotosintesi clorofilliana, in misura più intensa in presenza di luminosità, temperatura ed umidità atmosferica elevate.

La miscela può essere utilizzata nei seminativi di frumento tenero e duro, con trattamenti dalla fine dell'accestimento all'inizio della levata, alla dose di 4 l/ha di f.c., per contenere lo sviluppo di Matricaria spp., Anthemis spp., Stellaria media, Galium aparine, crocifere e poligonacee: i migliori risultati si ottengono con malerbe non ancora molto sviluppate e con applicazioni in giornate serene, con temperature miti (superiori a 12°C) e a distanza di cinque ore da una pioggia.

Composti ormonici a base di acidi arilossi alcanoidici (2,4 D, 2,4 DB, 2,4 DP, MCPA, MCPP)

Fanno parte di questo primo gruppo di composti ormonici i fenossiacetici 2,4 D e MCPA, il fenossibutirrico 2,4 DB e i fenossipropionici 2,4 DP e MCPP.

Dotati di elevata sistemicità, essi presentano una diversa velocità di assorbimento, traslocazione e una differente volatilità. Quelli formulati come estere sono rapidamente assorbiti (entro un'ora) anche in condizioni climatiche siccitose, mentre quelli formulati come sali di ammonio, di sodio e di potassio presentano tempi di assorbimento più lunghi e sono relativamente poco volatili. Tutti questi erbicidi agiscono sul metabolismo degli acidi nucleici provocando la deformazione delle foglie e dei culmi cui seguono, in tempi relativamente lunghi, la necrosi e la morte delle piante.

Per quanto riguarda l'attività erbicida, 2,4 D, MCPA e 2,4 D + MCPA vengono utilizzati rispettivamente alle dosi di 0,8-1,25, 2-6, 0,75-1,5 l/ha dei più diffusi formulati commerciali per eliminare infestazioni di Papaver spp., Centaurea spp., crocifere, ranunculacee e per il controllo delle infestanti perenni Cirsium arvense e Convolvulus arvensis. Consigliabile l'impiego del 2,4 D in caso di presenza di Gladiolus spp. e liliacee in genere.

Il 2,4 DB, che si utilizza alla dose di 5-7 l/ha di f.c. solo su frumenti con leguminose foraggere traseminate, risulta attivo nei confronti di ranunculacee, crocifere (ad esclusione di Raphanus raphanistrum) ed è in grado di contenere sufficientemente alcune malerbe perennanti.

Il 2,4 DP e l'MCPP (che si impiega alla dose di 2,5-3,5 di f.c. al 51%

di p.a.) risultano particolarmente indicati verso infestanti di difficile eliminazione, quali Galium aparine, Bifora spp., Stellaria media e Rumex spp.

Per la caratteristica di non possedere un completo spettro d'azione, questi composti vengono generalmente utilizzati in miscela tra di loro o associati a nuovi o vecchi erbicidi di post-emergenza.

L'epoca di applicazione dei composti ormonici è compresa tra l'inizio della levata e la fase di botticella, in quanto, se distribuiti al di fuori di detto periodo, possono causare deformazioni delle spighe con trattamenti anticipati e sterilità di molte spighe, soprattutto basali, se eseguiti nel corso della fase di botticella.

I trattamenti con questi prodotti vengono eseguiti nel caso in cui, oltre le dicotiledoni annuali, si debbano eliminare le dicotiledoni perenni che, oltre ai danni immediati, possono ostacolare l'operazione di raccolta e infestare negli anni successivi le colture poste in rotazione dove l'eliminazione risulta più costosa, difficile e a volte impossibile.

L'esito di questi trattamenti è in gran parte legato al decorso stagionale che si verifica al momento della somministrazione e nei giorni immediatamente successivi, in quanto questi composti ormonici sono in grado di esplicare la propria azione tossica nei confronti delle infestanti solo con temperature superiori a 10°C. Le maggiori esigenze nei confronti della temperatura sono possedute da 2,4 D (formulato come sale), da MCPA e 2,4 DB, mentre MCPP risulta meno influenzato dai livelli termici e attivo anche con temperature prossime a 5°C se formulato come estere.

Per quanto riguarda la selettività colturale, in generale si può dire che i dicloroderivati (2,4 D, 2,4 DB e 2,4 DP) risultano meno tollerati rispetto ai metilcloroderivati (MCPA e MCPP) e, nell'ambito di questi, i fenossipropionici appaiono meno selettivi dei fenossiacetici. Nell'impiego di tutti i prodotti ormonici è bene ricordare che l'abbassamento della temperatura al disotto dei minimi indicati per i diversi preparati o un anticipo dei trattamenti possono determinare ingiallimenti e arresti di sviluppo della coltura e deformazione della spiga, mentre trattamenti ritardati dopo la fase di botticella possono determinare la sterilità di molte spighe con ripercussioni negative sulla produttività.

Nel terreno persistono brevemente (1-3 settimane) senza quindi

creare problemi di fitotossicità sulle colture in successione.

Composti ormonici a base di acidi arilcarbossilici (dicamba, clopiralid, fluroxipir)

Questi composti ormonici fino a poco tempo fa erano classificati come derivati dell'acido benzoico e picolinico.

Sono prevalentemente assorbiti per via fogliare e, in parte più o meno rilevante, anche per via radicale e traslocati rapidamente nelle zone meristematiche, nelle gemme e nelle radici, dando origine agli stessi sintomi di fitotossicità causati dai fenossiderivati. Agiscono attraverso l'alterazione di numerosi processi biochimici quali la respirazione, la fotosintesi e soprattutto il metabolismo degli acidi nucleici.

Dicamba, dicamba+MCPA

Le applicazioni del singolo principio attivo, alle dosi di 1-1,25 l/ha di f.c. si rivelano utili per complementari interventi tardivi, ma, in considerazione del non completo spettro d'azione, il dicamba viene applicato, in miscela con MCPA (3-4 l/ha di f.c.), dall' inizio dell' accestimento all' inizio della levata di frumento tenero e duro; in tal modo è possibile controllare numerose infestanti dicotiledoni annuali e soprattutto devitalizzare le infestanti perenni del generi Cirsium, Convolvulus, Artemisia ed Equisetum, avendo però l'avvertenza di eseguire i trattamenti con temperature superiori agli 8°C. Questa miscela non risulta tuttavia in grado di controllare alcune dicotiledoni che recentemente sono molto frequenti nei campi di frumento, come Galium aparine, Viola tricolor e Chrisantemum segetum.

Repentini abbassamenti della temperatura possono determinare prostrazioni e temporanei ingiallimenti del frumento, mentre esistono maggiori probabilità di causare ustioni fogliari con applicazioni tardive.

Nel terreno il dicamba persiste poche settimane senza causare danni alle colture in successione.

Clopiralid, clopiralid+MCPA+MCPA, clopiralid+MCPA+2,4 D

Per la lotta contro specifiche infestazioni di composite sia annuali (Matricaria chamomilla, Centaurea cyanus, Anthemis spp., Chrysanthemum segetum, ecc.) che perenni (Cirsium arvense),

leguminose (Vicia spp., ricacci di medica, ecc.) e delle sempre più diffuse ombrellifere (Scandix pecten-veneris, Bifora spp., Torilis spp., Ammi majus) è validamente utilizzabile il clopiralid (0,8-1 l/ha di f.c.), che viene posto in commercio anche in associazione con i composti ormonici 2,4 D e MCPA (miscela da utilizzare alla dose di 2-2,5 l/ha di f.c.) per completarne lo spettro d'azione verso le rimanenti infestanti a foglia larga.

La miscela con MCPA e MCPP (3,5-4 l/ha di f.c.) si può impiegare con temperature anche di poco inferiori ai 10°C durante l'accettimento e la levata di frumento tenero e duro, e si caratterizza per esercitare una maggiore attività nei confronti delle più comuni dicotiledoni annuali, compreso Galium aparine, Cirsium arvense e Rumex spp., mentre quella con 2,4 D e MCPA si presta ad essere utilizzata in epoca più tardiva (fino alla fine della levata) per la lotta contro le infestanti perenni dei generi Cirsium, Convolvulus, Equisetum, Artemisia, ecc., e in presenza di malerbe sensibili all'azione dei due composti ormonici, tra cui crocifere, Papaver spp., Ranunculus spp., ecc..

Non si deve trattare in previsione di forti precipitazioni.

Dall'applicazione di formulati contenenti clopiralid alla semina di colture sensibili, quali leguminose, girasole, ecc., è necessario rispettare un intervallo di almeno quattro mesi.

Nel terreno il clopiralid persiste mediamente 3-5 mesi con possibilità quindi, di causare danni alle più sensibili colture di secondo raccolto.

Fluroxipir, fluroxipir+clopiralid+MCPA

Un altro principio attivo il cui utilizzo è limitato nei casi di infestazioni particolari è rappresentato dal fluroxipir, che viene assorbito entro un' ora dall'applicazione e che manifesta un'elevata e specifica attività nei confronti di Galium aparine, infestante che viene controllata in tutte le sue fasi di sviluppo: ha altresì un'azione collaterale nei confronti di Fallopia convolvulus, Convolvulus arvensis e Stellaria media.

Si applica dalla fase di accettimento fino alla botticella sulle colture di frumento tenero e duro alla dose di 1 l/ha di f.c..

Per completare lo spettro d'azione viene convenientemente impiegato insieme a clopiralid e MCPA (3,5-4 l/ha di f.c.), in una miscela che risulta dotata di una notevole efficacia erbicida sia verso le infestanti

annuali che perenni, ma che non deve essere impiegata in trattamenti troppo anticipati per non causare deformazioni delle spighe.

Il fluroxipir è attivo a partire da 8°C, mentre la miscela con 2,4 D e clopiralid richiede temperature leggermente più alte (10-12°C), ma non superiori ai 25°C perché ciò può dar luogo a fenomeni fitotossici.

Nel terreno il prodotto persiste poche settimane, ma è comunque prudente non seminare colture sensibili, come alcune leguminose, prima di quattro mesi dal trattamento.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

1) Attualmente per il diserbo chimico del frumento sono disponibili ben 34 principi attivi che, da soli o miscelati in diverse combinazioni e proporzioni possono consentire una pressochè completa eliminazione delle erbe infestanti nelle diverse situazioni floristiche. L' elevata possibilità d'intervento può tuttavia indurre tecnici ed agricoltori a fare scelte non opportune e talvolta antieconomiche, motivo per cui è necessaria una sempre maggiore preparazione professionale nel settore della lotta alle malerbe, anche per garantire un' efficiente assistenza tecnica alle imprese agricole.

2) Alcuni nuovi principi attivi sono capaci di eliminare le erbe infestanti sviluppatesi eccessivamente sia perchè resistenti ai più usati tra i vecchi erbicidi, sia per una gestione agronomica poco appropriata delle malerbe.

3) Un aspetto migliorativo del diserbo del frumento è costituito dalla possibilità di utilizzare miscele già costituite o da eseguire estemporaneamente, che eliminano complesse infestazioni di graminacee e dicotiledoni, molte delle quali finora sono state di difficile controllo. Queste miscele possono essere usate in un ampio intervallo di tempo che va dallo stadio di accestimento a quello di levata del frumento e permettono di conseguire i vantaggi già citati degli interventi di post-emergenza rispetto a quelli di pre-emergenza.

4) Poichè a ciascun principio attivo vecchio o nuovo sfuggono alcune erbe infestanti, per non favorire un loro eccessivo sviluppo, che diverrebbe poi difficilmente controllabile, è indispensabile eseguire nello stesso appezzamento una rotazione di principi attivi, onde

garantire invece una flora equilibrata e più facilmente gestibile.

6) Attualmente l' impiego ad ettaro di principi attivi diserbanti il frumento è di circa 1 Kg; si prevede che in futuro questo quantitativo possa scendere grazie ad una sempre maggiore impiego della lotta agronomica alle erbe infestanti, all' impiego sempre più frequente, anche in questa coltura, di dosi ridotte di diserbanti e di alcuni nuovi principi attivi a bassissime dosi d' impiego.

Tab. 1. Diserbanti da usare in pre-emergenza o post-emergenza precoce del frumento: principio attivo, dose d' impiego, selettività e possibilità di trasemina delle leguminose

PRINCIPIO ATTIVO E % NEL FORMULATO COMMERCIALE	Dose/ha* l o kg	Alop. myos.	Lolium spp.	Bromus spp.	Poa triv.	Phalaris spp.	Avena spp.	Bifora spp.	Galium apar.	Matric. cham.	Myagrurn perf.	Papaver rhoas	Scandix p. vener.	Sinapis arvens.	Veronica spp.	Viola tric.	SELETTIVITA' SU FRUMENTO		TRASEMINA LEGUMINOSE
																	TENERO	DURO	
TRIFLURALIN * (44,5)	1,2-2,0	S	S	R	S	MS	R	R	MS	R	R	S	R	R	S	R	X	X	SI
• (23,5) + LINURON (11,7)	3-3,5	S	MS	R	S	MS	R	R	MS	S	MS	S	R	MS	S	R	X	X	SI DOPO 4-5 MESI
• (22) + CLORTOL. (22)	3-4	S	S	MS	S	MS	MS	R	R	S	R	S	R	MS	MS	R	X	X	NO
• (18,3) + ISOPROT. (18,3)	5-5,5	S	S	MS	S	S	MS	R	MS	S	MS	S	R	MS	S	R	X	X	SI DOPO 4-5 MESI
• (34,8) + FLUORC. (9,2)	2,5	S	S	R	S	MS	R	R	MS	S	S	S	R	S	S	MS	X	X	SI
• (22,7) + ISOXABEN* (2,4)	3-4	S	S	R	S	R	R	MS	R	S	S	S	R	S	S	S	X	X	-
• (37,1) + DIFLUFENICAN (4,6)	2,2	S	S	R	S	S	R	R	MS	MS	MS	S	R	S	S	S	X	X	NO
PENDIMETALIN (16) + LINURON (19)	5-6	S	MS	R	S	MS	R	R	MS	S	MS	S	R	S	S	MS	X	X	SI DOPO 4-5 MESI
• (25) + CLORTOL. (25)	4-5	S	MS	R	S	R	MS	R	R	S	MS	S	MS	S	S	MS	X	X	SI DOPO 4-5 MESI
• (16) + NEBURON (40)	4-5	S	MS	R	S	MS	R	R	MS	S	S	S	R	S	S	MS	X	X	SI DOPO 4-5 MESI
ISOPROTURON (45,1)	2,5-3,5	S	S	MS	S	MS	S	R	R	S	R	S	R	MS	R	R	X	X	NO
CLORTOLURON (45)	4-5	S	S	R	S	R	MS	R	R	S	MS	MS	R	MS	R	R	X	X	NO
• (33) + TERBUTRINA (17)	3-4	S	S	MS	S	MS	R	R	R	S	MS	MS	MS	MS	MS	R	X	X	NO
• (36) + ISOXABEN (1,7)	5-6	S	S	R	S	R	MS	MS	R	S	S	S	MS	S	S	S	X	X	-
• (35,7) + DIFLUFENICAN (2,2)	3,5-5	S	S	R	S	R	R	R	R	MS	S	S	MS	S	S	S	X	X	NO
• (41,9) + BIFENOX (16,7)	3,5	S	S	R	S	R	MS	R	MS	S	MS	S	R	MS	MS	S	X	X	NO
TERBUTRINA (44)	2-3	S	R	MS	S	S	R	R	R	S	MS	S	R	MS	S	R	X	X	SI
METABENZTIAZURON (70)	3-4	MS	MS	R	S	R	R	R	R	S	S	S	R	MS	MS	R	X	X	SI
CHLORSULFURON (75)	20g	S	S	R	S	S	MS	S	R	S	MS	MS	S	MS	S	S	X	X	NO
PROSULFOCARB (80)	4-5	S	MS	R	S	S	R	-	MS	MS	S	MS	-	MS	S	MS	X	X	-

LEGENDA : S = Sensibile; MS = mediamente sensibile; R = resistente.

Tabella 2. Diserbanti ad azione graminicida e mista da usare in post- emergenza: principio attivo, dose, epoca di impiego, selettività e possibilità di trasemina delle leguminose.

DISERBANTI	Dosi l o kg/ha f.c.	EPOCA DI IMPIEGO							COLTURE AUTORIZ.		Sensibil. varietale	Trasemina leguminose foraggere	
		Pre- emerg.	1° - 2° foglia	3° foglia	Inizio acc.	Acc./fine acc.	Levata	2° nodo	Frum. tenero	Frum. duro			
Nome comune e percentuale di principio attivo													
P.A. EFFICACI CONTRO LE GRAMINACEE ED ALTRE INFESTANTI													
TRIFLURALIN (45,8)	1,2-1,9									●	●		SI
ISOXABEN (2,4) + TRIFLURALIN (22,5)	3 - 4									●	●		NO
PROSULFOCARB (80)	4 - 5									●			.
DIFLUFENICAN (5,6) + TRIFLURALIN (37,1)	2-2,25									●	●		NO
CLORSULFURON (75)	15-20 g/ha									●	●		NO
CLORTOLURON (33) + TERBUTRINA (17)	3 - 4									●	●	**	NO
DIFLUFENICAN (2,2) + CLORTOLURON (35,7)	3,5-4		- - - -							●	●	**	NO
CLORTOLURON (22) + TRIFLURALIN (22)	3 - 4		- - - -							●	●	**	.
CLORTOLURON (25) + PENDIMETALIN (25)	4 - 5		- - - -							●	●	**	dopo 4-5 mesi
ISOXABEN (1,7) + CLORTOLURON (36,0)	3 - 3,5									●	●	**	.
IMAZAMETABENZ (12) + PENDIMETALIN (20)	4 - 5									●	●		NO
DICLOFOP-METILE (21,3) + IOXINIL (8,2) + BROMOXINIL (8,9)	3 - 4									●	●	*	dopo 15 gg
CLORTOLURON (45)	2,5 - 3									●	●	***	NO
ISOPROTURON (45,1)	2,5-3,5									●			NO
IMAZAMETABENZ (20)	2,5 - 3									●	●		NO
IMAZAMETABENZ (8) + MCPP (22,4)	7 - 7,5									●			NO
CLORTOLURON (41,9) + BIFENOX (16,7)	3,5									●	●	**	NO
ISOPROTURON (26,1) + IOXINIL (5,4) + MCPP (12,7)	5 - 6									●			NO
ISOPROTURON (21,3) + MCPP (35,1)	4 - 5									●			NO
P.A. EFFICACI SOLO CONTRO LE GRAMINACEE													
DICLOFOP-METILE (27,3)	2 - 3									●	●		SI
FENOXAPROP-ETILE (6) + FENCLORAZOL-ETILE (15)	1,5-3									●	●		SI
FENOXAPROP-P-ETILE (25) + DICLOFOP-METILE (25)	2									●	●		SI
TRALKOSSIDIM (6)	4 - 5									●	●		SI
L-FLAMPROP-ISOPROPIL (20,9)	3 - 3,5									●	●		SI

* Non impiegare nelle varietà Lontra, Libellula, Valle d' Oro, Cona.

** Non impiegare nelle varietà Kid, Demar 4, Brasilia.

*** Non impiegare nelle varietà Kid, Demar 4, Brasilia e a volte su Lambro, Raineri, Capeiti e Cappelli.

Tabella 3. Diserbanti ad azione graminicida e mista da usare in post-emergenza: spettro d'azione.

INFESTANTI	Clorsuluron	Clortoluron	Clortoluron + Bifenox	Clortoluron + Pendim.	Clortoluron + Terbut.	Clortoluron Triflur.	Diclorop-metile	Diclorop. + Isoxiril + Bromox	Diffufen. + Clortol.	Diffufen. + Triflur.	Fenoxap. + Fencloraz. etile	Fenoxap. + Diclorop-metile	maza-metabenz + MCPP	mazame-tabenz + Pendimet.	Isoprotoluron	isoprot. + Isoxiril + MCPP	isoxaben + Clortolur.	isoxaben + Triflural.	L-Flam-prop Isoprop.	Prosul-focarb	Tralko-sidim	Trifluralin	Isoprotoluron + MCPP	
MONOCOTILEDONI																								
GRAMINACEE																								
<i>Alopecurus myosuroides</i>	MS	S	S	S	S	S	MS	MS	S	MS	S	S	S	S	S	S	S	MS	S	S	S	S	S	S
<i>Apera spica-venti</i>	S	S	S	S	S	S	R	R	S	S	S	S	S	S	S	S	S	R	R	R	S	MS	S	S
<i>Avena spp.</i>	MS	MS	MS	MS	MS	MS	S	S	MS	R	S	S	S	S	S	MS	MS	R	S	R	S	S	R	MS
<i>Bromus spp.</i>	R	R	R	R	MS	MS	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	MS	R	R	S	MS	R
<i>Lolium multiflorum</i>	MS	S	S	S	S	S	S	S	S	MS	R	S	R	R	R	S	S	R	R	MS	S	S	S	S
<i>Phalaris spp.</i>	S	R	R	R	MS	MS	S	MS	MS	MS	S	S	R	R	R	MS	MS	R	MS	R	S	S	R	MS
<i>Poa spp.</i>	MS	S	S	S	S	S	R	R	S	S	MS	MS	S	S	S	S	S	R	MS	MS	S	S	S	S
DICOTILEDONI																								
<i>Adonis aestivus</i>	S	S	S	S	S	S		MS	S	S			R	S	MS	R	S	S					MS	S
<i>Anthemis arvensis</i>	S	S	S	S	S	S		MS	S	MS			R	MS	MS	S	S	S			MS		R	S
<i>Bifora spp.</i>	S	R	R	R	R	R		MS	R	R			R	MS	MS	R	MS	MS	MS		-		R	MS
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	S	S	S	S	MS	MS		S	S	S			S	S	S	S	S	S			S		R	S
<i>Centaurea cyanus</i>	S	S	MS	MS	MS	MS		MS	S	MS			R	MS	R	MS	S	S	MS		R		R	S
<i>Cerastium arvense</i>	S	MS	S	S	S	S		MS	S	S			R	MS	R	S	S	S			S		S	S
<i>Chrysanthemum segetum</i>	S	R	MS	MS	MS	MS		MS	MS	MS			R	R	S	MS	MS	MS	MS				R	MS
<i>Diploaxis erucoides</i>	S	MS	S	S	MS	MS		S	S	S			S	S	S	S	S	S					R	S
<i>Fallopia convolvulus</i>	MS	MS	MS	MS	MS	MS		MS	S	S			S	S	S	R	S	MS	MS		MS		MS	MS
<i>Fumaria officinalis</i>	MS	R	S	S	MS	S		MS	MS	MS			R	MS	S	MS	S	MS	S		S		MS	S
<i>Galium aparine</i>	MS	R	MS	R	R	R		MS	MS	MS			R	MS	MS	R	S	R	R		MS		MS	MS
<i>Larrium spp.</i>	S	MS	S	S	MS	S		MS	S	S			R	R	MS	R	MS	MS	S		S		S	MS
<i>Legousia speculum-veneris</i>	S	S	S	S	S	S		S	-	-				MS	S	S	S	S			S		R	S
<i>Matricaria chamomilla</i>	S	S	S	S	S	S		MS	S	MS			R	MS	MS	S	S	S	S		MS		R	S
<i>Myagrum perfoliatum</i>	S	R	MS	MS	MS	MS		S	MS	MS			S	S	S	R	R	S	S		S		R	R
<i>Myosotis arvensis</i>	S	MS	MS	S	MS	S		-	-	-			R	-	MS	S	S	S			S		R	S
<i>Papaver rhoeas</i>	MS	MS	S	S	MS	S		S	S	S			R	MS	S	S	S	S			MS		S	S
<i>Polygonum aviculare</i>	MS	MS	MS	S	MS	MS		MS	S	S			R	MS	S	MS	MS	MS	MS		R		S	MS
<i>Polygonum persicaria</i>	MS	MS	MS	S	MS	MS		MS	S	S			R	MS	S	-	MS	MS	MS				R	-
<i>Ranunculus arvensis</i>	S	R	S	MS	R	MS		MS	S	S			R	MS	MS	MS	S	S	S		MS		MS	S
<i>Raphanus raphanistrum</i>	MS	MS	MS	MS	MS	MS		S	S	S			S	S	S	MS	S	S	S				R	S
<i>Rapistrum rugosum</i>	MS	MS	MS	MS	MS	MS		S	S	S			S	S	S	MS	S	S	S				R	S
<i>Scandix pecten-veneris</i>	S	R	R	R	R	R		MS	MS	R			R	MS	MS	R	MS	MS	R				R	MS
<i>Sinapis spp.</i>	MS	MS	MS	MS	MS	MS		S	S	S			S	S	S	MS	S	S			MS		R	S
<i>Stellaria media</i>	S	S	S	S	S	S		MS	S	S			R	MS	MS	S	MS	S	S		S		S	S
<i>Thlapsi arvense</i>	S	S	MS	MS	S	MS		S	S	S			S	S	S	S	S	S					R	S
<i>Toxilis arvensis</i>	-	-	R	-	-	R		MS	R	R			R	MS	MS	R	MS	MS	R				R	MS
<i>Veronica spp.</i>	S	R	MS	S	R	MS		MS	S	S			MS	S	MS	R	MS	S	S		S		S	MS
<i>Vicia sativa</i>	S	R	MS	MS	R	R		R	MS	MS			R	MS	R	R	S	S	S				R	MS
<i>Vicia tricolor</i>	S	R	S	MS	R	R		MS	S	S			R	R	MS	R	MS	S	S		MS		R	MS

LEGENDA: S = Sensibile; MS = mediamente sensibile; R = resistente.

Tabella 4. Diserbanti ad azione prevalentemente dicotiledonica: principio attivo, dose, epoche d'impiego, selettività e possibilità di trasemina delle leguminose.

DISERBANTI Nome comune e percentuale di principio attivo	Dose l o Kg/ha f.c.	EPOCA D'IMPIEGO							Trasem. legum. foraggiere
		3° foglia	Inizio acces.	Acc./ fine acc.	Levata	Botticella	Spigat. florit.	Inizio matur.	
FLURENOLO (4,9) + MCPA (15,9) + MCPP (26,0)	3-3,5								dopo 15-20 gg
TRIBENURON-METILE (75)	10-20 g/ha								NO
IOXINIL (14,5) + MCPP (48) esteri	2-3								dopo 15-20 gg
IOXINIL (11,7) + MCPP (29,2) sali	2,5-3								dopo 15-20 gg
IOXINIL (8,2) + BROMOXINIL (8,2) + MCPP (41,2)	2-3								dopo 15-20 gg
FLURENOLO (8,0) + MCPA (25)	1,5-3								dopo 15-20 gg
DICAMBA (21,2)	1-1,25								NO
BROMOXINIL (20,4) + MCPA (20,4)	1-1,5								dopo 15 gg
BENTAZONE (21,3) + MCPP (32)	4								SI
CLOPIRALID (1,48) + MCPA (8,47) + MCPP (38,1)	3,5-4								NO
CLOPIRALID (10)	0,8-1								NO
CLOPIRALID (3,1) + 2,4D (16,1) + MCPA (15,6)	2-2,5								NO
FLUROXIPIR (17,6)	1								dopo 10 gg
FLUROXIPIR (5,2) + CLOPIRALID (1,8) + MCPA (18,2)	3,5-4								NO
DICAMBA (2,5) + MCPA (30,6)	3-4								NO
MCPP (51)	2,5-3,5								NO
MCPP (15) + 2,4 DP (10) + MCPA (20)	4-5								NO
MCPA (25)	2-6								NO
2,4 D (33) estere	0,8-1,25								NO
2,4 D (40) sale	1-2,2								NO
2,4 D (36,7) + MCPA (36,1)	0,75-1,5								NO
2,4 DB (21,8)	5-7								SI

Tabella 5. Diserbanti non graminicidi: spettro d'azione

DISERBANTI	BENTA- ZONE	BENTAZ. + MCPP	BROMOX + MCPA	CLOPI- RALID	CLOPIR. 2,4 D + MCPA	CLOPIR. + MCPA + MCP	2,4 D 2,4 D + MCPA	2,4 D 2,4 D + MCPA	2,4 DB	DICAMBA + MCPA	DICAMBA + MCPA	FLUREN. + MCPA	FLUREN. + MCPA + MCP	FLUROXI- PIR	FLUROX. + CLOPIR. MCPA	IOXINIL + BROMOX. MCP	IOXINIL + MCPP estere	IOXINIL + MCPP sali	MCPA MCP	MCPA MCP	TRIBENU- RON METILE
DICOTILEDONI ANNUALI																					
<i>Adonis vernalis</i>		MS	S	R	S	S	S	MS	MS	MS	MS	MS	MS	R	S	S	S	S	MS	S	S
<i>Anthriscus arvensis</i>	S	S	S	S	MS	S	R	R	R	S	MS	MS	MS	R	S	S	S	MS	R	MS	S
<i>Bifora</i> spp.	MS	MS	R	S	MS	S	R	R	R	MS	MS	R	MS	MS	MS	S	S	MS	R	MS	S
<i>Capella bursa pastoris</i>	S	S	S	R	S	S	S	S	S	MS	S	S	R	S	S	S	S	S	S	S	S
<i>Centaura cyanus</i>	S	S	S	S	S	S	S	MS	S	MS	S	S	MS	S	S	S	S	S	S	MS	S
<i>Cerastium arvense</i>	MS	S	MS	R	MS	MS	R	MS	R	S	S	MS	MS	S	MS	S	S	S	MS	MS	S
<i>Chrisanthemum segetum</i>	S	MS	R	S	MS	S	R	R	R	MS	MS	MS	MS	MS	S	MS	MS	MS	R	R	MS
<i>Diploxis erucoides</i>		S	S	R	S	S	S	S	S	MS	MS	S	S	R	S	S	S	S	S	S	S
<i>Fallopia convolvulus</i>	S	MS	MS	R	S	S	R	R	R	S	MS	MS	MS	MS	S	S	S	MS	R	R	MS
<i>Fumaria officinalis</i>	S	S	MS	R	MS	S	MS	MS	MS	S	MS	S	MS	MS	S	S	S	S	MS	MS	MS
<i>Galium aparine</i>	MS	S	MS	R	MS	MS	R	R	R	S	MS	MS	MS	S	S	S	S	S	R	MS	MS
<i>Lamium amplexicaule</i>	MS	MS	S	R	MS	MS	MS	MS	R	MS	MS	MS	MS	MS	S	S	MS	MS	MS	R	MS
<i>Lagousia speculum veneris</i>	-			R	S	S				-				R	S						S
<i>Matricaria chamomilla</i>	S	S	S	S	S	S	R	R	R	S	MS	MS	MS	R	S	S	S	S	R	R	S
<i>Myagrum perfoliatum</i>		S	S	R	MS	MS	S	S	S	-	S	S	S	R	MS	S	S	S	S	S	S
<i>Myosotis arvensis</i>	MS			R	S	S				S	MS	MS	MS	S							S
<i>Papaver rhoeas</i>	MS	S	S	R	S	S	S	S	MS	S	S	MS	R	S	S	S	S	S	MS	MS	S
<i>Polygonum aviculare</i>	R	MS	MS	R	MS	MS	MS	MS	R	S	MS	MS	MS	MS	S	S	S	S	R	R	MS
<i>Polygonum persicaria</i>	S	MS	MS	R	MS	MS	MS	MS	R	S	MS	MS	MS	MS	S	S	S	S	R	R	MS
<i>Ranunculus arvensis</i>	S	S	S	R	S	MS	MS	S	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	S	MS	S
<i>Raphanus raphanistrum</i>	S	S	S	R	S	S	S	S	MS	MS	S	S	S	R	S	S	S	S	S	S	MS
<i>Rapistrum rugosum</i>		S	S	R	S	S	S	S	S	MS	S	S	S	R	S	S	S	S	S	S	S
<i>Scandix pecten-veneris</i>		MS	R	S	S	S	R	MS	R	S	MS	MS	MS	R	MS	S	S	S	R	MS	S
<i>Sinapis</i> spp.	S	S	S	R	S	S	S	S	S	MS	S	S	R	S	S	S	S	S	S	S	S
<i>Stellaria media</i>	MS	S	MS	R	MS	MS	MS	MS	R	S	MS	MS	MS	MS	S	S	S	S	MS	S-MS	S
<i>Thlaspi arvense</i>	S	S	S	R	S	S	S	S	S	MS	MS	S	S	R	S	S	S	S	S	S	S
<i>Torilis arvensis</i>	S	S	R	S	MS	S	R	R	R	-	MS	MS	MS	R	MS	MS	MS	MS	R	MS	S
<i>Veronica persica</i>	MS	MS	MS	R	MS	MS	R	MS	R	MS	S	MS	MS	MS	MS	S	S	S	MS	MS	MS
<i>Vicia sativa</i>		S	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S	R	S	S	S	S	S	MS	MS	S
<i>Viola tricolor</i>		MR	R	R	R	MS	MS	R	R	MS	R	MS	MS	R	MS	MS	MS	MS	R	R	S
DICOTILEDONI PERENNI																					
<i>Cirsium</i> spp.		MS	MS	S	S	S	S	MS	MS	S	MS	S	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS
<i>Convolvulus arvensis</i>		MS	MS	R	S	MS	MS	S	MS	S	S	MS	MS	S	S	MS	MS	MS	S	R	R
<i>Calystegia sepium</i>		MS	MS	R	S	MS	MS	S	MS	S	S	MS	MS	S	S	MS	MS	MS	S	R	R
<i>Rumex</i> spp.		MS	MS	MS	S	MS	MS	MS	MS	S	MS	MS	MS	S	S	MS	MS	MS	MS	MS	S
MONOCOTILEDONI PERENNI																					
<i>Allium vineale</i>																					S
<i>Gladokus segetum</i>																					S
PTERIDOFITE																					
<i>Equisetum</i> spp.		MS	MS	R	MS	MS	S-MS	MS	MS	MS	S-MS		MS	MS	S-MS	MS	MS	MS	MS	MS	R

LEGENDA: S = sensibile; MS = mediamente sensibile; R = resistente.

Tabella 6. Sensibilità delle più diffuse graminacee infestanti, in diversi stadi di sviluppo, ai diserbanti graminicidi .

Principi attivi	Inf. gramin	Stadio infest.	Seme non in germ.	Seme in germ.	1° foglia	3° foglia	Inizio accest.	Pleno accest.	Levata 1° nodo	2°-3° nodo
ISOPROTURON		<i>Alopecurus myosuroides</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		<i>Apera spica-venti</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		<i>Avena spp.</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		<i>Lolium multiflorum</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		<i>Poa spp.</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
CLORTOLURON		<i>Alopecurus myosuroides</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		<i>Apera spica-venti</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		<i>Avena spp.</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		<i>Lolium multiflorum</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		<i>Poa spp.</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
IMAZAMETABENZ		<i>Alopecurus myosuroides</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		<i>Apera spica-venti</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		<i>Avena spp.</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		<i>Lolium multiflorum</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		<i>Poa spp.</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
DICLOFOPMETILE		<i>Alopecurus myosuroides</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		<i>Apera spica-venti</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		<i>Avena spp.</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		<i>Lolium multiflorum</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		<i>Poa spp.</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
FENOXAPROP-ETILE E FENOXAPROP-P-ETILE		<i>Alopecurus myosuroides</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		<i>Apera spica-venti</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		<i>Avena spp.</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		<i>Lolium multiflorum</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		<i>Poa spp.</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
TRALKOSSIDIM		<i>Alopecurus myosuroides</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		<i>Apera spica-venti</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		<i>Avena spp.</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		<i>Lolium multiflorum</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		<i>Poa spp.</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
L FLAMPROP-ISOPROPILE		<i>Alopecurus myosuroides</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		<i>Apera spica-venti</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		<i>Avena spp.</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		<i>Lolium multiflorum</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		<i>Poa spp.</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
CLORSULFURON		<i>Alopecurus myosuroides</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		<i>Apera spica-venti</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		<i>Avena spp.</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		<i>Lolium multiflorum</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		<i>Poa spp.</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
PROSULFO-CARB		<i>Alopecurus myosuroides</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		<i>Apera spica-venti</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		<i>Avena spp.</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		<i>Lolium multiflorum</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		<i>Poa spp.</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
FLUORCLORIDONE		<i>Alopecurus myosuroides</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		<i>Apera spica-venti</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		<i>Avena spp.</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		<i>Lolium multiflorum</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		<i>Poa spp.</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
TRIFLURALIN E PENDIMETALIN		<i>Alopecurus myosuroides</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		<i>Apera spica-venti</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		<i>Avena spp.</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		<i>Lolium multiflorum</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		<i>Poa spp.</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
TERBUTRINA		<i>Alopecurus myosuroides</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		<i>Apera spica-venti</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		<i>Avena spp.</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		<i>Lolium multiflorum</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		<i>Poa spp.</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
METABENZ-TIAZURON		<i>Alopecurus myosuroides</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		<i>Apera spica-venti</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		<i>Avena spp.</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		<i>Lolium multiflorum</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		<i>Poa spp.</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

----- Efficacia erbicida buona

----- Efficacia erbicida non sempre buona

----- Efficacia erbicida nulla

PRINCIPI ATTIVI CITATI NELLA RELAZIONE E CORRISPONDENTI NOMI COMMERCIALI

PRINCIPI ATTIVI	NOMI COMMERCIALI	% DI P.A. NELL' F.C.	SOCIETA'
TRIFLURALIN	Digermin	44,5	Agrimon
	Linarol	42,7	Enichem Agric.
	Malertox, Trialin	44,5	Sivam
	Treflan EC	45,8	Dow Elanco Italia
	Trifluralin caffaro	42,3	Caffaro
	Trifluralin N46	45,8	Siapa
	Triplen NT	45,8	Sipcam
	TRIFLURALIN + LINURON	Emoldor	23,5+11,7
Frumixal		23,5+11,7	Shering
Liflan		23,7+8,9	Bayer Italia
Malertox premeg		23,5+11,7	Sivam
Neminfest		23,5+11,7	Agrimon
Propilan		23,6+12,6	Scam
Sciandor		25,5+11,7	Dow elanco
Siltrinul		23,5+11,7	Siapa
Siplen L		22,0+11,0	Sipcam
Triliane		23,5+11	Chimiberg
Triluron		23+11	Enichem agricoltura
TRIFLURALIN+ CLORTOLURON	Tersiplen C	22+22	Sipcam
TRIFLURALIN+ ISOPROTURON	Revox	18,3+18,3	Roussel-Hoechst-Agrovet
TRIFLURALIN+ FLUORCHLORIDONE	Winner T	34,8+9,2	Ici Solplant
TRIFLURALIN+ ISOXABEN	Elset TF*	22,5+2,4	Dow Elanco
TRIFLURALIN+ DIFLUFENICAN	Blizzard	37,1+4,6	Rhone Poulenc Agro
PENDIMETALIN+ LINURON	Panter	16+9	Cyanamid Italia
	Inex	16+9	Du Pont Conid
PENDIMETALIN+ CHLORTOLURON	Frumistomp	20+30	Cyanamid Italia
	Pendiron PB	25+25	Ciba Geigy, Cyanamid Italia
PENDIMETALIN+ NEBURON	Stompuron	16+40	Sipcam
PENDIMETALIN+ IMAZAMETABENZ	Assert combi	20+12	Cyanamid Italia
ISOPROTURON	Areion DS	45,1	Roussel-Hoechst-Agrovet

* In corso di registrazione

Segue

PRINCIPI ATTIVI	NOMI COMMERCIALI	% DI P.A. NELL' F.C.	SOCIETA'
CLORTOLLURON	Dicuran L	45	Ciba-Geigy
	Granonet	45	Sipcam
	Dicuran 75 DF	75	Ciba Geigy
CLORTOLLURON+ TERBUTRINA	Precuran L	33+17	Ciba-Geigy
CLORTOLLURON+ ISOXABEN	Elset combi *	36+1,7	Dow Italia
CLORTOLLURON+ DIFLUFENICAN	Zodiac Dicuran DFF	35,7+2,2	Ciba-Geigy
CLORTOLLURON+ BIFENOX	Clortobif *	41,9+16,7	Rhone Poulenc
TERBUTRINA	Igran L	44	Ciba-Geigy
METABENZTIAZURON	Tribunil	70	Bayer Italia
CLORSULFURON	Glean 75 DF	75	Du Pont Conid, Siapa
PROSULFUCARB	Arcade *	80	Ici Solplant
DICLOFOP-METILE+ IOXINIL+BROMOXINIL	Illoxan combi S	21,3+8,2+8,9	Roussel-Hoechst Agrovet
IMAZAMETABENZ	Assert	19,2	Cyanamid
IMAZAMETABENZ+MCPP	Sertox	8+22,4	Siapa
ISOPROTURON+IOXINIL+ MCPP	Isotril	26,1+5,4+12,7	Rhone Poulenc-Agro
ISOPROTURON+MCPP	Arelon combi L	21,3+35,1	Roussel-Hoechst Agrovet
DICLOFOP-METILE	Illoxan	27,3	Roussel-Hoechst Agrovet
FENOXAPROP-ETILE + FENCLORAZOL-ETILE	Proper *	6+1,5	Roussel-Hoechst Agrovet
FENOXAPROP-P-ETILE+ DICLOFOP-METILE	Dopler *	2,5+25	Roussel-Hoechst Agrovet
TRALKOSSIDIM	Grasp *	6	Ici Solplant
L-FLAMP-PROP-ISOPROPIL	Effix	20,9	Shell
	Providex	11	Siapa
FLUREN.+MCPA+MCPP	Aniten P	4,9+15,9+26	Ici-Solplant, Shell
TRIBENURON METILE	Granstar *	75	Du Pont
IOXINIL + MCPP (esteri)	Certol H	14,5+48	Basf Italia
	Calogran	14,5+48	Enichem Agricoltura
	Frumen	9,5+33,0	Scam

* In corso di registrazione

Segue

PRINCIPI ATTIVI	NOMI COMMERCIALI	% DI P.A. NELL' F.C.	SOCIETA'
IOXINIL + MCPP (sale)	Actril M	11,7+29,2	Ciba-Geigy
	Fenotral	11,9+29,7	Sipcam
IOXINIL+BROMOXINIL + MCPP (esteri)	Topper BM	7,3+7,7+49,4	Bayer Italia
	Oxytril M	8,2+8,2+41,2	Rhone Poulenc-Agro
FLURENOLO + MCPA	Aniten M	8,0+25	ICI Solplant-Shell Agricolt.
DICAMBA	Mondak 21 S,	21,2	Sandoz
	Banvel 21 S	21,2	Siapa
BROMOX.+MCPA (estere)	Buctril M	20,4+20,4	Rhone Poulenc Agro
BENTAZONE+MCPP	Basagran KV	21,3+32	Basf Italia
CLOPIR.+MCPA+MCPP	Lvin S48	1,5+8,5+38,1	Shering
	Blesal MC	1,5+8,5+38,1	Siapa
	Lontrel nuovo	1,5+8,5+38,1	Ici-solplant
CLOPIRALID	Cirtoxin	10	Shering
	Lermol	10	Dow Elanco/Siapa
CLOPIRALID+2,4D+MCPA	Lonpar	3,1+16,1+15,6	Dow Elanco Italia
FLOROXIPIR	Starane	17,57	Dow Elanco
FLUROX.+CLOPIR.+MCPA	Arianne *	5,24+1,8+18,2	Dow Elanco
DICAMBA+MCPA	Metambane	2,1+24,5	Chimiberg
	Erbitox Grano	2,1+23	Siapa
	Agherud dicamba	2,56+29,1	Du Pont-Conid
	Mondak M	2,53+30,6	Sandoz
	Malertox grano comp.	2,1+24,5	Sivam
MCPP	UC46 KV FLUID	51	Basf Italia
MCPP+2,4DP+MCPA	Multidis	15+10+20	Agrimont
MCPA	Fenoxilene 30	25	Sipcam
	Erbitox E30	28	Siapa
	Starox	25	Ciba-Geigy
	Malerbane MCPA 30	25	Chimiberg
	Veedar MCP 30	21	Enichem agricoltura
	Bartol	25	Shell
	U46 M FLUID	52	Basf Italia
	Hedonal S	25	Bayer Italia
2,4 D (estere isottilico)	Desormone pesante	33	Rhone Poulenc-Agro
2,4 D (estere)	Malerbane cereali	33	Chimiberg
2,4 D (estere isottilico)	Weedone LV 4	33,5	Enichem agricoltura
2,4 D (est. isot. e ottilico)	Erbitox LV4	33	Siapa
2,4 D (sale amminico)	Weedone emulsamine	33,5	Enichem agricoltura
2,4 D (sale sodico)	Erbitox S40	40	Siapa
2,4 D + MCPA	Diversi	31 +25	diversi
2,4 DB (sale)	Butyrac 118	21,8	Enichem agricoltura

Bibliografia

- Anonimo, 1990: Herbicides des céréales et des protéagineux, 1990-1991. JTCM, Paris.
- BACCI L., BONVICINI S., 1986. EE-107 scheda tecnica. Atti Giorn. Fitopat. vol. 3°, 313-320.
- BACCI L., BONVICINI S., 1988. Isoxaben (Elset), nuovo diserbo selettivo per cereali autunno-vernini. Atti Giorn. Fitopat. vol. 3°, 313-320.
- BASSI A., BENCIVELLI A., FABIANI P.G., GAMBERINI C., MASSASSO W. SALOMONE M.C., TURCHIARELLI V.A., 1988. Granstar (DPX-L5300) nuova sulfonilurea per il diserbo di post-emergenza dei cereali. Atti Giorn. Fitopat. vol. 3°, 303-312.
- BASSI A., BERNARDI G., CINQUANTA A., SALOMONE M.C., 1986. Chlorsulfuron (Glean): risultati sperimentali in Italia nel periodo 1980-85. Applicazioni di pre-emergenza. Atti Giorn. Fitopat. vol. 3°, 57-62.
- BASSI A., BERNARDI G., SALOMONE M.C., 1986. Chlorsulfuron (Glean) nuovo erbicida Du Pont per il diserbo del frumento. Profilo del prodotto. Atti Giorn. Fitopat. vol. 3°, 293-304.
- CECONI C., MONARI M., BUSI L., 1990. HOE 7113: risultati di selettività su grano e di efficacia contro infestanti graminacee in Italia. Atti Giorn. Fitopat. vol. III, 207-214.
- COVARELLI G., TEI F., 1984. Diserbo di pre-emergenza del frumento con o senza l'intervento in post-emergenza verso le infestanti dicotiledoni. Atti Giorn. Fitopat. vol. 3°, 43-56.
- DAMIANO A., GUBBIOTTI C., MAGNANI D., VIGLIETTA M., 1988. Imazametabenz (Assert*): ulteriori esperienze di lotta contro le avene selvatiche e l'alopecuro. Atti giorn. Fitopat. vol. 3°, 133-142.
- FARAVELLI E., BALLASSO G., LENZI G., 1988. Diflufenican, nuova molecola per il diserbo di pre e post-emergenza dei cereali. Atti Giorn. Fitopat. vol. 3°, 295-302.
- FOSCHI S., RAPPARINI G., FABBRI M., 1988. Prove di sensibilità varietale di grano tenero, duro e di orzo ai diserbanti graminicidi di pre e post-emergenza. Atti Giorn. Fitopat. vol. 3°, 143-154.
- MAGGIONI A. E., PALMIERI R., DEVOTI M., GIACOMELLI G., POLITI A., 1990. Prosulfocarb (ICIA 0574): un nuovo erbicida selettivo per il frumento e l'orzo. Atti giorn. Fitopat. vol. 1°, 133-138.
- MAGGIONI A. E., PALMIERI R., GIACCHE' E., QUITADAMO M., POLITI A., 1990. Tralkoxydim (ICIA 0604): nuovo erbicida selettivo per l'impiego in post-emergenza contro le infestanti graminacee dei cereali. Atti Giorn. Fitopat. vol. I, 139-146.
- MAIGROT P., 1990. Le fluoroglycofene-ethyl nouvel herbicide céréales. Atti 14° Conf., COLUMA, Versailles.
- MAROCCHI G., 1984. Lotta contro l'avena nel frumento: diverse prove in più ambienti nelle annate 1982 e '83 in Emilia Romagna. Atti Giorn. Fitopat., vol. 3°, 57-66.
- MAROCCHI G., 1986. Sette anni di prove e confronti per la messa a punto del chlorsulfuron (Glean) nel diserbo frumento. Atti Giorn. Fitopat. Vol. 3°, 45-56.
- MAROCCHI G., 1988. Nuovi e vecchi prodotti nel diserbo di pre-emergenza grano. Risultati di prove sperimentali. Atti Giorn. Fitopat. vol. 3°, 111-120.
- MAROCCHI G. 1989. Pre o post-emergenza? Una scelta determinante. Terra e Vita, 38, 57-59.
- MAROCCHI G., 1990. Diserbo grano in post, i prodotti e le miscele. Terra e Vita, 2, 42-45.

- MAROCCHI G., 1990. Pre-emergenza se conviene. *Terra e Vita*, 38, 38-40.
- MATTIODA H., DELASSUS C., GARNIER P., 1990. Le fenoxaprop-ethyl et le fenoxaprop-ethyl interet pour le desherbage antigraminées des bles. *Atti 14° Conf. COLUMA, Versailles*.
- PSARSKI P., 1989. *Herbicides des grandes cultures*. Ed. ACTA. Paris.
- RAPPARINI G., 1976. Guida al diserbo chimico selettivo dei cereali. *Terra e Vita*, 39, 25-40.
- RAPPARINI G., 1980. Il diserbo delle colture. Ed. *Informatore Agrario*, Verona.
- RAPPARINI G., 1986. I diserbanti. Ed. *Informatore Agrario*, Verona.
- RAPPARINI G., 1987. Il diserbo di post-emergenza del frumento e dei cereali minori. *Inf. Agr.*, 9, 189-197.
- RAPPARINI G., 1987. Il diserbo di pre-emergenza e post-emergenza invernale del frumento e cereali minori. *Inf. Agr.*, 36, 63-72.
- RAPPARINI G., 1988. Cereali con troppe infestanti. *Inf. Agr.*, 35, 59-68.
- RAPPARINI G., 1988. Il diserbo di post-emergenza del frumento e dei cereali minori. *Inf. Agr.*, 7, 97-108.
- RAPPARINI G., 1989. Il trattamento di post-emergenza reso più difficile dall'andamento stagionale. *Inf. Agr.*, 5, 73-89.
- RAPPARINI G., 1989. Un diserbo dei cereali vernini con più possibilità di intervento. *Inf. Agr.*, 35, 77-89.
- RAPPARINI G., 1990. Diserbo pre-emergenza e post-emergenza precoce del frumento e dei cereali minori. *Inf. Agr.*, 36, 63-74.
- RAPPARINI G., 1990. I trattamenti di post-emergenza hanno sempre maggiore importanza. *Inf. Agr.*, 4, 77-89.
- RAPPARINI G., 1991. Diserbo di pre-emergenza e post-emergenza precoce di frumento e cereali minori. *Inf. Agr.*, 33, 45-55.
- RAPPARINI G., FABBRI M., BARTOLINI D., PIZZI M., 1988. Prove di lotta contro Avena ludoviciana (Dur) e Alopecurus myosuroides (Huds.) infestanti il grano duro. *Atti Giorn. Fitopat.* vol 3°, 121-132.
- RAPPARINI G., FABBRI M. BENUSSI A., 1986. Ulteriori prove di lotta contro Avena ludoviciana e altre infestanti graminacee del frumento. *Atti Giorn. Fitopat.* vol. 3°. 35-44.
- ROY C., 1986. Le triasulfuron: une nouvelle molecule destinée au desherbage des céréales a paille. *Atti 13° Conf. COLUMA, Versailles*.
- SISTO A.M., DAMIANO A., MAGNANI D., GIANNERINI P., COCCHI F., 1984. AC 222.293, nuovo avenicida. Nota I (1981-82): preliminari saggi di efficacia su Avena e Alopecurus. *Atti Giorn. Fitop.*, vol. 3°, 3-12.
- SISTO A.M., DAMIANO A., MAGNANI D., GIANNERINI P., 1984. AC 222.293 (Assault*), nuovo avenicida. Nota II (1982-83): saggi di selettività verso grano tenero e duro e di efficacia verso Avena, Alopecurus e dicot. *Atti Giorn. Fitop.* vol. 3°, 13-22.
- SISTO A.M., DAMIANO A., MAGNANI D., GIANNERINI P., COCCHI F.: 1984. AC 222.293 nuovo erbicida di post-emergenza per il controllo delle avene selvatiche e dell'alopecuro. *Atti Giorn. Fitopat.* vol. 3°, 239-242.
- TEI F., COVARELLI G., 1988. Colture di sostituzione del frumento diserbato con chlorsulfuron, isoproturon e neburon. *Atti Giorn. Fitop.* vol. 3°, 155-164.
- ZAMPETTI F., FRANCO A., 1984. STARANE*: nuovo erbicida di post-emergenza dei cereali a base di Fluroxipir. Risultati di due anni di sperimentazione. *Atti Giorn. Fitopat.* vol. 3°, 23-32.

L'innovazione nel diserbo del grano

P. Catizone ⁽¹⁾ (coordinatore), G. Ade ⁽²⁾, G. Baldoni ⁽¹⁾, F. Tei ⁽³⁾, A. Vicari ⁽¹⁾,
P. Viggiani ⁽¹⁾ e G. Zanin ⁽⁴⁾

Premessa

La scoperta e l'utilizzo pratico di molte sostanze ad azione erbicida è stato l'aspetto che, in passato, ha definito l'innovazione nel diserbo delle colture. Oggi che l'impiego degli erbicidi è pratica consueta nella fitotecnica di tutte le agricolture avanzate, l'innovazione nel diserbo non sembra più ascrivibile solo all'uso di nuovi diserbanti, ad azione e comportamento più o meno diversi dai precedenti, bensì anche ad altri fattori da integrare con gli erbicidi al fine di ottenere strategie di difesa più adeguate alle mutate esigenze economiche ed ambientali, oltre che più aderenti all'aumentato livello delle conoscenze scientifiche e tecniche.

L'individuazione dei fattori che definiscono il quadro innovativo del diserbo di una coltura non è sempre agevole poichè esso è costituito oltre che da un insieme di tecniche e di mezzi, pensati e sviluppati per il diserbo di quella determinata coltura, anche da un insieme di altri fattori da ricercare al di fuori del settore specifico del diserbo. Questi vanno perciò trasferiti nell'area del diserbo, adeguati alle esigenze ed integrati con i mezzi e le tecniche già esistenti. Si può anche affermare che, tra le tecniche agronomiche, la lotta alle malerbe è una di quelle più sensibili all'innovazione realizzata in altri settori. Vi sono infatti diversi esempi di come l'evoluzione ottenuta nell'agronomia, nella fisica del terreno, nella genetica, nella meccanica, nella fisiologia ed in altri settori spesso apparentemente lontani dal mondo biologico, si sia riflessa in maniera sostanziale nel settore del diserbo. L'evoluzione del diserbo, perciò, comporta una sempre più accentuata multidisciplinarietà ed una sempre più evidente connessione del diserbo non solo con la sequenza tecnica utilizzata per la singola

(1) Istituto di Agronomia generale e Coltivazioni erbacee, Università di Bologna.

(2) Istituto di Meccanica agraria, Università di Bologna.

(3) Istituto di Agronomia generale e Coltivazioni erbacee, Università di Perugia.

(4) Istituto di Agronomia generale e Coltivazioni erbacee, Università di Padova.

coltura, ma anche con quella di tutto il sistema colturale.

Data questa premessa ci è sembrato evidente che la trattazione di un tema quale: l'innovazione nel diserbo del grano, nell'ambito di una società scientifica di addetti ai lavori, dovesse essere fatta evitando una elencazione puntuale di mezzi e di tecniche ritenute innovative. Questa impostazione elude il rischio di illustrare cose ovvie o note ad un pubblico di specialisti, ma consente, invece, di focalizzare l'attenzione su pochi punti chiave dai quali prendere spunto per un confronto di idee che, in definitiva, è l'aspetto più produttivo quando, tra addetti ai lavori, si trattano argomenti in evoluzione qual'è appunto il diserbo. Gli aspetti ai quali si è ritenuto di dover prestare attenzione sono cinque.

Il primo di questi, curato dal dottor Pasquale Viggiani, riguarda alcuni approfondimenti relativi al riconoscimento delle piante infestanti monocotiledoni e dicotiledoni. La trattazione di questo argomento potrebbe sembrare poco utile considerata la letteratura esistente, in realtà non è così dato che gran parte del materiale disponibile non consente un riconoscimento rapido ed affidabile in stadio giovanile. In particolare, con riferimento alle monocotiledoni graminacee, vengono illustrati alcuni caratteri utili per l'identificazione come la sezione delle lamine fogliari e l'evoluzione morfologica delle ligule e delle auricole che sono ignorati o trattati in modo insufficiente nei testi disponibili. Un approfondimento in tal senso ci è sembrato utile nell'ambito della messa a punto di una tecnica di diserbo più mirata che non può prescindere dalla perfetta identificazione del bersaglio.

Il secondo aspetto trattato riguarda le lavorazioni al terreno. L'opportunità di sviluppare questo tema nasce dal fatto che le lavorazioni, se adeguatamente conosciute, per quanto attiene il ruolo svolto sulle piante infestanti, sono ricche di contenuti innovativi trasferibili nel settore della lotta alle malerbe. Le lavorazioni, infatti, influenzando fortemente il comportamento delle piante infestanti, rappresentano un importante fattore da integrare con il diserbo chimico, con la rotazione delle colture e con la concimazione, nell'ambito della messa a punto di sequenze tecniche caratterizzate da un più moderato uso della chimica. Questa parte del lavoro, curata dal dottor Guido Baldoni in collaborazione con il dott. Francesco Tei, oltre ad illustrare in modo puntuale il

ruolo che i diversi tipi di lavorazione svolgono sulle piante infestanti e le integrazioni tra lavorazioni ed altri mezzi tecnici, fornisce anche una ricca bibliografia utile per quanti vogliano approfondire l'argomento.

La parte relativa all'innovazione chimica, preparata dal dottor Alberto Vicari, tratta l'innovazione di prodotto disponibile nel diserbo chimico del frumento e le principali problematiche connesse con tale innovazione, ma si sofferma anche su aspetti di solito poco trattati quali: formulazioni, additivi, coadiuvanti, attività ottica ed antidoti, che invece meritano una maggiore attenzione poichè possono rappresentare fattori innovativi per il ruolo che essi svolgono in termini di efficacia erbicida, selettività e comportamento ambientale delle sostanze attive. Il lavoro del dottor Vicari si riferisce solo a quanto sembra concretamente utilizzabile nel medio periodo.

Il Prof. Giuseppe Zanin tratta le implicazioni gestionali che i fenomeni di resistenza comportano nell'ambito delle tecniche di diserbo basate sulle soglie di infestazione. Quanto illustrato ci porta a meditare come l'uso del diserbo di post-emergenza in funzione delle soglie di infestazione, ritenuto, in prima approssimazione, un fattore innovativo affidabile, nasconde invece una sofisticata complicazione che può innescare fenomeni di dinamica di popolazione di difficile gestione. Nel diserbo del grano, perciò, una eventuale innovazione realizzata ricorrendo alla SEI, necessita di una adeguata pianificazione degli erbicidi, in particolare graminicidi, nell'ambito del sistema colturale al fine di contenere i fenomeni di resistenza agevolati dalla povertà di meccanismi di detossificazione in gioco quando si utilizzano solo erbicidi di post-emergenza.

L'ultimo argomento trattato dal dottor Giorgio Ade affronta gli aspetti relativi alla meccanizzazione delle operazioni di diserbo chimico. E' questo un settore ove vengono ancora utilizzate macchine di concezione relativamente vecchia, sulle quali però sono applicate innovazioni che riguardano principalmente le regolazioni. In accordo con quanto illustrato dall'Autore, un uso più corretto delle macchine potrebbe in futuro rappresentare un importante fattore innovativo nella messa a punto di tecniche di controllo delle piante infestanti più efficaci ed a minor impatto ambientale.

1. Riconoscimento delle erbe infestanti

La flora infestante del frumento è composta quasi esclusivamente da **dicotiledoni** e da **monocotiledoni graminacee**.

Le dicotiledoni più diffuse in Italia (secondo la bibliografia corrente) sono quelle citate in tabella 1. Minore importanza hanno altre (*Anthemis* spp., tra le *Compositae*; *Rapistrum rugosum* e *Myagrum perfoliatum*, tra le *Cruciferae*; *Viola* spp. [fam. *Violaceae*]; *Ammi majus* [*Umbelliferae*] e *Adonis* spp. [*Ranunculaceae*]). Sporadicamente compaiono anche altre infestanti: *Cerastium* spp. (*Caryophyllaceae*), *Diplotaxis* spp. e *Thlaspi* spp. (*Cruciferae*), *Galeopsis tetrahit* e *Lamium* spp. (*Labiatae*), *Myosotis arvensis* (*Boraginaceae*), *Legousia speculum-veneris* (*Campanulaceae*) e *Rumex* spp. (*Polygonaceae*). Ormai quasi scomparse dalla coltura sono: *Centaurea cyanus* (*Compositae*), *Gladiolus segetum* (*Iridaceae*) e *Agrostemma githago* (*Caryophyllaceae*).

Le monocotiledoni graminacee sono rappresentate quasi esclusivamente dalle specie citate in tabella 4.

Per arginare l'invasione di questa flora occorre programmare una strategia di "gestione della popolazione infestante" che miri sia al controllo dell'infestazione presente, sia al contenimento di quella futura. Tale strategia si fonda su diversi principi, fra i quali assume particolare rilievo la **conoscenza del bersaglio**.

Con il termine "conoscenza" è da intendere un insieme di informazioni che non si limita all'identificazione morfologica dalle varie componenti floristiche ma che comprende anche la conoscenza storica della diffusione delle singole specie, nonché la previsione della più probabile dinamica evolutiva delle stesse. In questo contesto sarebbe auspicabile un monitoraggio di aree rappresentative di diverse realtà agroecologiche, allo scopo di rilevare la presenza e l'evoluzione, nel corso degli anni, delle singole specie infestanti e delle loro associazioni. Ciò consentirebbe, fra l'altro, la costituzione di una "banca dati" cui riferirsi anche per la creazione di "mappe di infestazioni" da più parti e da molto tempo invocate, ma a tutt'ora non ancora disponibili. Anche alla base di questo monitoraggio sta la corretta individuazione delle varie componenti floristiche (Viggiani, 1990).

Il riconoscimento di una specie si basa prevalentemente sull'analisi morfologica degli organi della pianta. Il carattere "forma" però, in molti casi è insufficiente per giungere all'identificazione per cui occorre considerare anche altre caratteristiche; fra queste assumono particolare rilievo:

- dimensioni;
- presenza od assenza di peli o spine;
- rugosità e scabrosità;
- portamento della pianta e disposizioni particolari dei vari costituenti;
- presenza di strutture perennanti (rizomi, stoloni, bulbi, tuberi, ecc.);
- colori particolari.

Sono utili anche alcuni accorgimenti pratici, rilevando, in particolare:

- brillantezza od opacità;
- odori particolari;
- secrezioni laticifere o presenza di linfa colorata;
- consistenza degli organi.

L'opportunità di avvalersi delle caratteristiche elencate, a prescindere dalla forma, si deduce dal fatto che durante il ciclo vegetativo della maggior parte delle specie intervengono evoluzioni morfologiche che interessano tutti gli organi della pianta. Ne deriva che per riconoscere una data specie occorre adottare tecniche diverse a seconda dello stadio vegetativo, considerando, volta per volta, i caratteri più evidenti e determinanti.

L'identificazione delle piante è relativamente semplice quando esse sono in fioritura ma è alquanto complessa negli stadi precedenti, allorchè gli elementi utili allo scopo riguardano organi, come fusti e foglie, più difficilmente differenziabili rispetto ai fiori. In questa relazione perciò concentreremo l'attenzione sulle piante "giovani", facendo una prima e basilare distinzione tra dicotiledoni e monocotiledoni graminacee.

Le **dicotiledoni**, così dette per avere nel seme due foglioline rudimentali chiamate cotiledoni, sono anche dette piante a foglia larga perchè hanno (generalmente) lamina fogliare espansa.

Le **monocotiledoni graminacee**, caratterizzate da un solo cotiledone nel seme, sono anche dette a foglia stretta perchè hanno lamina fogliare lanceolata, molte volte più lunga che larga.

Le specie dicotiledoni si distinguono fra loro più facilmente di quelle

Schema 1 - Materiale grafico originale e quadri sinottici utilizzati per il riconoscimento.

Infestanti dicotiledoni

- Elenco delle specie Tab. 1
- **Riconoscimento allo stadio di plantule**
 - Rappresentazione delle foglie cotiledonari e delle prime foglie vere Fig. 1
 - Similitudini morfologiche fra specie diverse Tab. 2
- **Riconoscimento allo stadio giovanile (prefioritura)**
 - Rappresentazione tipologie fogliari Fig. 2
 - Chiave analitica descrittiva Schema 2
 - Similitudini morfologiche fra specie diverse Tab. 3

Infestanti monocotiledoni graminacee

- Elenco delle specie Tab. 4
- Elementi utili per l'interpr. delle Figg. 3, 4 e 5 e degli Schemi 3, 4 e 5 Fig. 3
- **Riconoscimento delle plantule con 1-2 foglie**
 - Rappresentazione plantule e sezioni fogliari Fig. 4
 - Chiave analitica descrittiva Schema 3
- **Riconoscimento delle plantule con 2-4 foglie**
 - Rappresentazione di ligule ed auricole Fig. 5a
 - Chiave analitica descrittiva Schema 4
- **Riconoscimento delle piante in accostimento**
 - Rappresentazione di ligule ed auricole Fig. 5b
 - Chiave analitica descrittiva Schema 5
- **Riconoscimento delle piante adulte in base a ligule e auricole** Fig. 5c

graminacee perchè rispetto a queste ultime sono caratterizzate da notevole variabilità, particolarmente per ciò che riguarda la forma delle foglie che varia oltre che in funzione della specie anche in relazione allo stadio di sviluppo della stessa.

Le specie graminacee, contrariamente alle precedenti, sono difficilmente distinguibili fra loro (in particolare quelle citate in questa relazione) se si considera solo il carattere "forma" delle lamine fogliari, anche in considerazione del fatto che sotto questo aspetto esiste poca variabilità sia fra le specie, sia nei diversi stadi di sviluppo.

Da quanto detto si intuisce che le tecniche di riconoscimento sono basate su principi diversi che dipendono prevalentemente dal momento (stadio vegetativo) e dal tipo di pianta (dicotiledoni o graminacee) sul quale si effettua l'indagine. Allo scopo di evidenziare tali differenze sono, di seguito, riportate alcune informazioni, riassunte inizialmente nello **schema 1**, al quale occorre riferirsi per l'ordine imposto agli argomenti trattati.

Per quanto riguarda le dicotiledoni sono da rilevare, negli stadi vegetativi in esame, tre tipologie fogliari:

- 1) **foglioline cotiledonari**, visibili durante la nascita delle piantine;
- 2) **prime 2 o 3 foglioline "vere"**, che emergono subito dopo quelle cotiledonari e che, con queste ultime, caratterizzano lo stadio di "plantula";
- 3) **foglie "vere" successive**.

Il metodo classico per distinguere le dicotiledoni in fase di emergenza è basato sulla constatazione che la forma delle foglioline cotiledonari varia a seconda della specie (figura 1). In questa fase tuttavia molte specie si confondono perchè hanno foglie cotiledonari di forma simile, perciò è più opportuno attendere la comparsa delle prime due o tre foglioline "vere" (figura 1) che sono di diversa forma nelle varie specie.

I problemi di similitudini fra specie diverse sussistono sia in fase di emergenza (tabella 2), sia in stadio più avanzato (tabella 3), pertanto occorre far riferimento, oltre che alla forma delle foglie (figura 2), anche ad altre caratteristiche delle piante (schema 2).

Relativamente alle graminacee (tabella 4), durante l'emergenza, non ci si

Tab. 1 - Infestanti dicotiledoni diffuse nelle colture di frumento. (I numeri che precedono le specie si riferiscono alle Figg. 1 e 2, Tabb. 2 e 3 e Schema 2).

Numero di riferim.	Specie	Nome comune	Famiglia botanica	Ciclo vegetativo	Grado di diffusione
1)	<i>Bifora radians</i> Bieb.	Coriandolo puzzolente	<i>Umbelliferae</i> (= <i>Apiaceae</i>)	Annuale	localmente diffusa
2)	<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medicus	Borsapastore comune	<i>Cruciferae</i> (= <i>Brassicaceae</i>)	Biennale	localmente diffusa
3)	<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	Stoppione, cardo campestre	<i>Compositae</i> (= <i>Asteraceae</i>)	Perenne	diffusa
4)	<i>Convolvulus aversnis</i> L.	Vilucchio comune	<i>Convolvulaceae</i>	Perenne	localmente diffusa
5)	<i>Fallopia convolvulus</i> (L.) Holub. (a)	Poligono convolvolo	<i>Polygonaceae</i>	Annuale	diffusa
6)	<i>Fumaria officinalis</i> L.	Fumaria, fumosterno	<i>Papaveraceae</i>	Annuale	diffusa
7)	<i>Galium aparine</i> L.	Caglio, attaccaveste	<i>Rubiaceae</i>	Annuale	molto diffusa
8)	<i>Matricaria chamomilla</i> L. (b)	Camomilla comune	<i>Compositae</i> (= <i>Asteraceae</i>)	Annuale	molto diffusa
9)	<i>Papaver rhoeas</i> L.	Papavero comune, rosolaccio	<i>Papaveraceae</i>	Annuale	molto diffusa
10)	<i>Polygonum aviculare</i> L. (c)	Correggiola. Poligono degli uccellini	<i>Polygonaceae</i>	Annuale	localmente diffusa
11)	<i>Ranunculus arvensis</i> L.	Ranuncolo dei campi	<i>Ranunculaceae</i>	Annuale	localmente diffusa
12)	<i>Raphanus raphanistrum</i> L.	Ravanetto selvatico	<i>Cruciferae</i> (= <i>Brassicaceae</i>)	Annuale	localmente diffusa
13)	<i>Scandix pecten-venenis</i> L.	Pettine di Venere	<i>Umbelliferae</i> (= <i>Apiaceae</i>)	Annuale	localmente diffusa
14)	<i>Sinapis arvensis</i> L. (d)	Senape selvatica	<i>Cruciferae</i> (= <i>Brassicaceae</i>)	Annuale	molto diffusa
15)	<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	Centocchio comune	<i>Caryophyllaceae</i>	Ann. o bien.	diffusa
16)	<i>Veronica hederifolia</i> L.	Veronica con foglie d'edera	<i>Scrophulariaceae</i>	Annuale	diffusa
17)	<i>Veronica persica</i> Poiret (e)	Veronica comune	<i>Scrophulariaceae</i>	Annuale	diffusa
18)	<i>Vicia sativa</i> L.	Veccia	<i>Leguminosae</i> (= <i>Fabaceae</i>)	Annuale	localmente diffusa

(a) - Sinonimi = *Polygonum convolvulus* L.; *Bilderdikia convolvulus* Dumort.

(b) - Sinonimo = *Chamomilla recutita* (L.) Rauschert.

(c) - Sinonimo = *P. heterophyllum* Lindman

(d) - Sinonimi = *Brassica arvensis* Rabenh.; *Brassica sinapistrum* Boiss.

(e) - Sinonimi = *V. tournefortii* Gmelin; *V. buxbaumii* Ten.

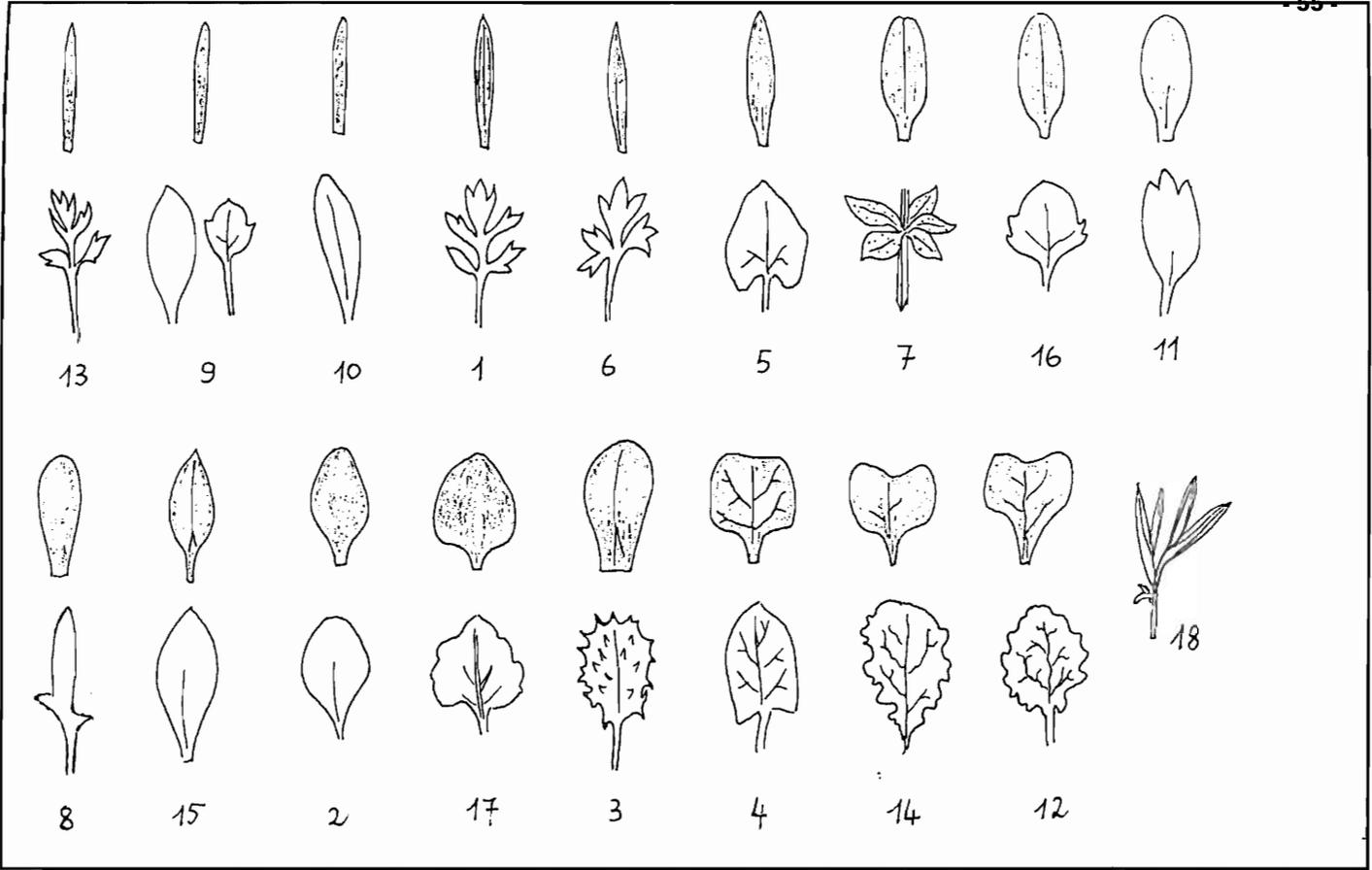


Fig. 1 - Rappresentazione delle foglie cotiledonari (in scuro) e delle prime foglie vere (in chiaro) relative alle plantule dicotiledoni infestanti le colture di frumento in Italia. (A cura di P. Viggiani).

(I numeri contraddistinguono le specie nelle Tabb. 1 e 2)

Tab. 2 - Similitudini morfologiche fra gruppi di specie dicotiledoni diverse allo stadio di plantula. (I numeri che precedono le specie si riferiscono alla Tab. 1 e alla Fig. 1).

N° di rif. <u>Tab. 1</u> e gruppi	Specie simili (5 gruppi)	Caratteri distintivi (vedi anche <u>Fig. 1</u>)
GRUPPO A	1) <i>Bifora radians</i> 6) <i>Fumaria officinalis</i> 13) <i>Scandix pecten-veneris</i>	Foglie cotiledonari arcuate, di colore verde-brillante, con nervature evidenti Foglie cotiledonari non arcuate, di colore verde-azzurrognolo, senza nervature evidenti Foglie cotiledonari lunghe e sottili, erette od arcuate, di colore verde intenso
GRUPPO B	9) <i>Papaver rhoeas</i> 2) <i>Capsella bursa-pastoris</i>	Foglie cotiledonari lanceolate Foglie cotiledonari ovali
GRUPPO C	4) <i>Convolvulus arvensis</i> 5) <i>Fallopia convolvulus</i>	Foglie cotiledonari quadrangolari, con nervature evidenti Foglie cotiledonari lanceolate, con nervature poco evidenti
GRUPPO D	12) <i>Raphanus raphanistrum</i> 14) <i>Sinapis arvensis</i>	Foglie cotiledonari con piccioli lunghi e lamina cuoriforme Foglie cotiledonari con piccioli corti e lamina reniforme
GRUPPO E	16) <i>Veronica hederifolia</i> 17) <i>Veronica persica</i>	Foglie cotiledonari ellittiche Foglie cotiledonari ovali

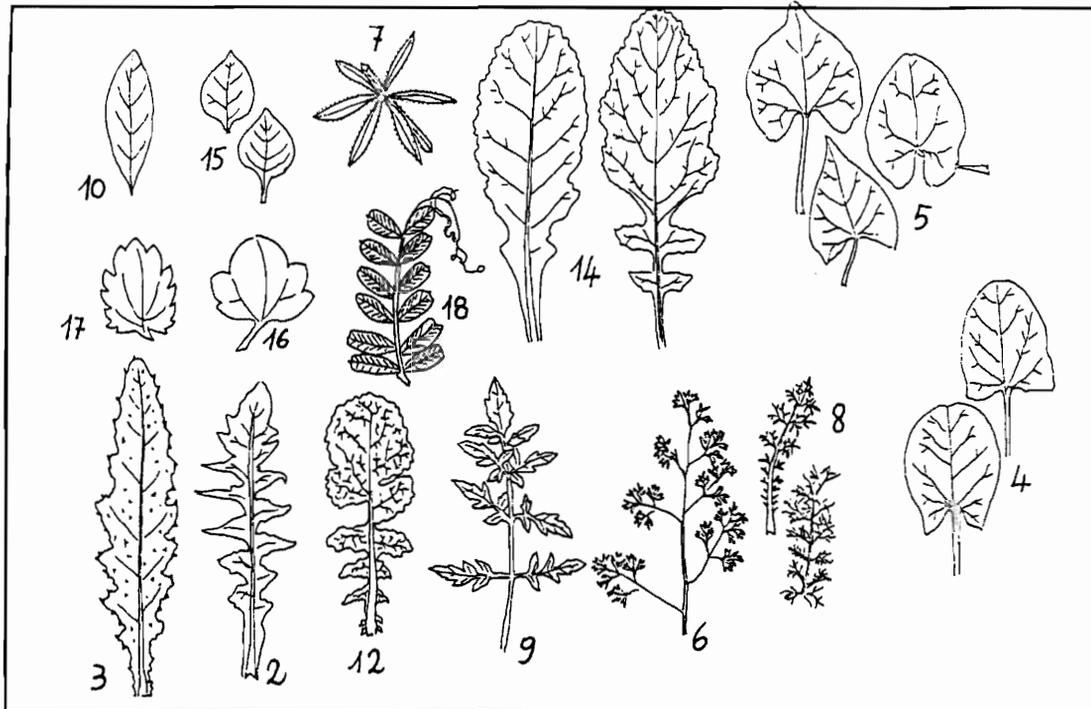
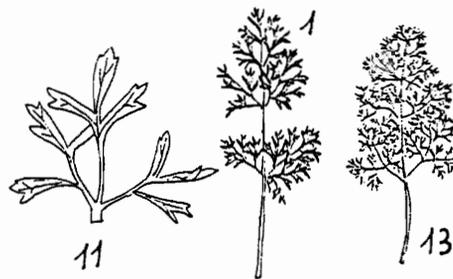


Fig. 2 - Rappresentazione delle tipologie fogliari relative alle specie dicotiledoni diffuse nelle colture di frumento in Italia. (A cura di P. Viggiani).
(I numeri si riferiscono alle Tabb. 1 e 3, e allo Schema 2).



- Piante con fusti e rami fogliosi evidenti	
- Fusti e rami adagiati quasi completamente sul terreno	
- Fusti e rami contorti e se in presenza di tutori avvolti su essi	
- Fusti e rami cilindrici	
- Fusti e rami con evidenti nodi avvolti da brattee (ocree). Piante annuali, senza rizomi	<i>Fallopia convolvulus</i> (5)
- Fusti e rami senza nodi evidenti, lattiginosi se rotti. Piante perenni, rizomatose	<i>Convolvulus arvensis</i> (4)
- Fusti e rami spigolosi. Foglie composte da un numero pari di segmenti e con cirri terminali	<i>Vicia sativa</i> (18)
- Fusti e rami non contorti e non avvolti su possibili tutori	
- Fusti e rami cilindrici o poco compressi	
- Fusti e rami con evidenti nodi avvolti da brattee (ocree). Foglie flosce	<i>Polygonum aviculare</i> (10)
- Fusti e rami senza nodi evidenti o se evidenti non avvolti da brattee	
- Lamina fogliare con bordo intero, lucida. Fusti e rami spesso arrossati	<i>Stellaria media</i> (15)
- Lamina fogliare con bordo dentato, opaca. Fusti verde-chiari	
- Bordo laminare con denti triangolari	<i>Veronica persica</i> (17)
- Bordo laminare con denti arrotondati (lamina lobata)	<i>Veronica hederifolia</i> (16)
- Fusti e rami quadrangolari, spinulosi. Foglioline verticillate, spinuose	<i>Galium aparine</i> (7)
- Fusti e rami non adagiati sul terreno	
- Foglie con lamina intera, spinuosa, con bordi dentati	<i>Cirsium arvense</i> (3)
- Foglie con lamina profondamente incisa in segmenti palmati, non spinuosa	<i>Ranunculus arvensis</i> (11)
- Piante con fusti e rami non evidenti. Foglie disposte "in rosetta" adagiate sul terreno	
- Odori particolari emanati dalle foglie strofinate tra le dita	
- Odore di "senape" o di "cavolo". Lamina fogliare rugosa	
- Lamina fogliare intera o con qualche segmento laminare alla base	<i>Sinapis arvensis</i> (14)
- Lamina fogliare profondamente incisa in segmenti dei quali quello apicale è il più grande	<i>Raphanus raphanistrum</i> (12)
- Odore nauseante. Foglie con lamina ovale profondamente incisa in segmenti settati	<i>Bifora radians</i> (1)
- Odore gradevole (di camomilla). Foglie clavate, sessili o quasi, profondamente incise in segmenti ulteriormente divisi in setti clavati o laciniati	<i>Matricaria chamomilla</i> (8)
- No odori particolari emanati dalle foglie. Lamina fogliare profondamente incisa in segmenti	
- Lamina fogliare lanceolata, con segmenti regolari e non suddivisi	<i>Capsella bursa-pastoris</i> (2)
- Lamina fogliare triangolare od ovale, con segmenti a loro volta incisi	
- Segmenti laminari suddivisi una sola volta, con piccoli corti	<i>Papaver rhoeas</i> (9)
- Segmenti laminari suddivisi più volte	
- Segmenti laminari con piccoli corti e suddivisi in lacinie. Foglie verdi	<i>Scandix pecten-veneris</i> (13)
- Segmenti laminari con piccoli lunghi e non suddivisi in lacinie. Foglie verde-azzurrognole	<i>Fumaria officinalis</i> (6)

Tab. 3 - Similitudini morfologiche fra gruppi di specie dicotiledoni diverse allo stadio giovanile (pre-fioritura). (I numeri che precedono le specie si riferiscono alla Tab. 1, Schema 2 e Fig. 2).

N° di rif. <u>Tab. 1</u> e gruppi	Specie simili (4 gruppi)	Caratteri distintivi (vedi anche <u>Fig. 2</u> e <u>Schema 1</u>)
GRUPPO A	1) <i>Bifora radians</i> 8) <i>Matricaria chamomilla</i> 13) <i>Scandix pecten-veneris</i>	Lamina fogliare lungamente picciolata, di odore fetido se strofinata Lamina fogliare sessile o quasi, di odore gradevole se strofinata Lamina fogliare lungamente picciolata, senza odori particolari
GRUPPO B	5) <i>Fallopia convolvulus</i> 4) <i>Convolvulus arvensis</i>	Lamina fogliare cuoriforme. Senza rizomi Lamina fogliare astata. Con rizomi (specie perenne)
GRUPPO C	12) <i>Raphanus raphanistrum</i> 14) <i>Sinapis arvensis</i>	Lamina fogliare settata, con molti segmenti basali Lamina fogliare quasi intera o con pochi segmenti basali
GRUPPO D	16) <i>Veronica hederifolia</i> 17) <i>Veronica persica</i>	Lamina fogliare lobata (denti del bordo arrotondati) Lamina fogliare dentata sul bordo (denti triangolari)

può avvalere della forma dell'unica foglia cotiledonare perchè essa non emerge mai dal terreno; in alternativa si prende in esame la **guaina basale** della plantula (figura 3) che assume colorazione diversa a seconda della specie. In questo stadio, inoltre, si può giungere all'identificazione tramite l'analisi della cariosside attaccata alla radichetta (estratta con accortezza dal terreno), considerando anche la dimensione delle plantule e, con l'ausilio di una lente di ingrandimento, la forma della sezione laminare della prima fogliolina emessa (figura 4). Un ulteriore contributo si ottiene rilevando altre caratteristiche delle plantule (schema 3). Poco attendibili in questo stadio sono invece le indicazioni riguardanti la ligula, ancora poco visibile, e le auricole, assenti.

Durante gli stadi successivi all'emergenza la parte della pianta che più delle altre agevola l'identificazione è la porzione di foglia compresa tra la base laminare e la sommità della guaina; qui si distinguono (figura 3): ligula, auricole e collare.

La **ligula** è tradizionalmente utilizzata per il riconoscimento delle graminacee (in particolare negli stadi giovanili); essa infatti varia, in funzione della specie, per dimensioni, forma e disegno del bordo. L'utilizzazione delle ligule per questi fini merita tuttavia alcune considerazioni. Solitamente le ligule rappresentate sui testi disponibili sono quelle delle piante in avanzato stadio di sviluppo (levata o spigatura) ed, in genere, a tali rappresentazioni si fa riferimento anche per riconoscere le piante in stadi precedenti, generando notevoli confusioni in quanto, oltre ad una variabilità di natura interspecifica, la ligula presenta una notevole variabilità nelle dimensioni e nella forma anche a seconda degli stadi vegetativi della medesima specie ed una ulteriore variabilità, soprattutto per le dimensioni, nell'ambito della stessa pianta. In particolare sono fuorvianti i riferimenti bibliografici sulle dimensioni, di solito varianti in un intervallo di uno o pochi millimetri: più opportuno sarebbe considerare le dimensioni della ligula, non in valore assoluto, ma rispetto all'altezza del collare (schema 4).

Considerazioni analoghe riguardano anche le **auricole** che, dove presenti, compaiono solo verso l'inizio dell'accestimento e mutano di forma e di dimensione nel corso del ciclo vegetativo delle specie che ne sono provviste (schema 5).

A queste considerazioni si devono le numerose discordanze, spesso

Tab. 4 - Infestanti graminacee diffuse nelle colture italiane di frumento. (I numeri che precedono le specie si riferiscono alle Figg. 4 e 5 e Schemi 3, 4 e 5).

Numero di riferimento	Specie	Nome comune	Ciclo vegetativo	Grado di diffusione
19)	<i>Alopecurus myosuroides</i> Hudson (a)	Coda di volpe	Annuale	molto diffusa
20)	<i>Apera spica-venti</i> (L.) Beauv. (b)	Capellini dei campi	Annuale	localmente diffusa
21)	<i>Avena fatua</i> L.	Avena selvatica	Annuale	localmente diffusa
22)	<i>Avena sterilis</i> L.	Avena maggiore, a. rossa	Annuale	molto diffusa
23)	<i>Bromus sterilis</i> L.	Forasacco rosso	Annuale	sporadica
24)	<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	Loglio maggiore, loglietto	Annuale o perenne	molto diffusa
25)	<i>Phalaris brachystachys</i> Link	Scagliola cangiante	Annuale	molto diffusa (centro-sud)
26)	<i>Phalaris minor</i> Retz.	Scagliola minore	Annuale	diffusa (centro-sud)
27)	<i>Phalaris paradoxa</i> L.	Scagliola sterile	Annuale	diffusa (centro-sud)
28)	<i>Poa trivialis</i> L.	Fienarola comune	Annuale o perenne	sporadica

(a) - Sinonimo = *A. agrestis* L.

(b) - Sinonimo = *Agrostis spica-venti* L.

TRACCE DI SCI

Strisci chiare ai lati della nervatura centrale o della lamina ostervata in controluce.

SCABROSITA'

Si rileva sfiorando la foglia dal basso verso l'alto (A) oppure dall'alto verso il basso (B).

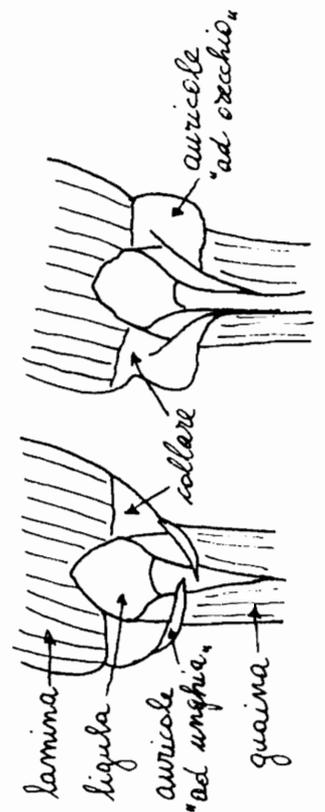
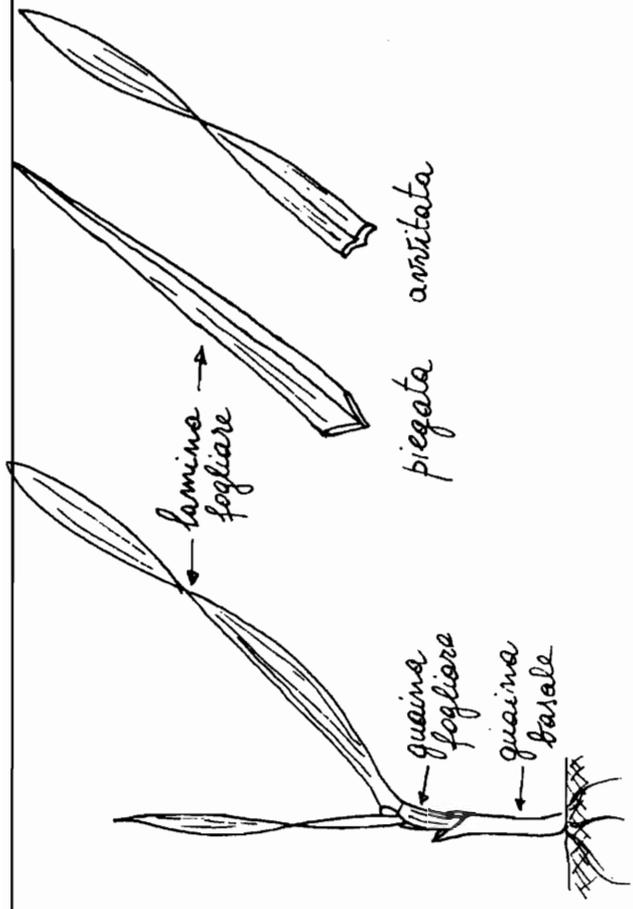


Fig. 3 - Elementi utili per l'interpretazione delle Figg. 3, 4 e 5 e degli Schemi 3, 4 e 5.

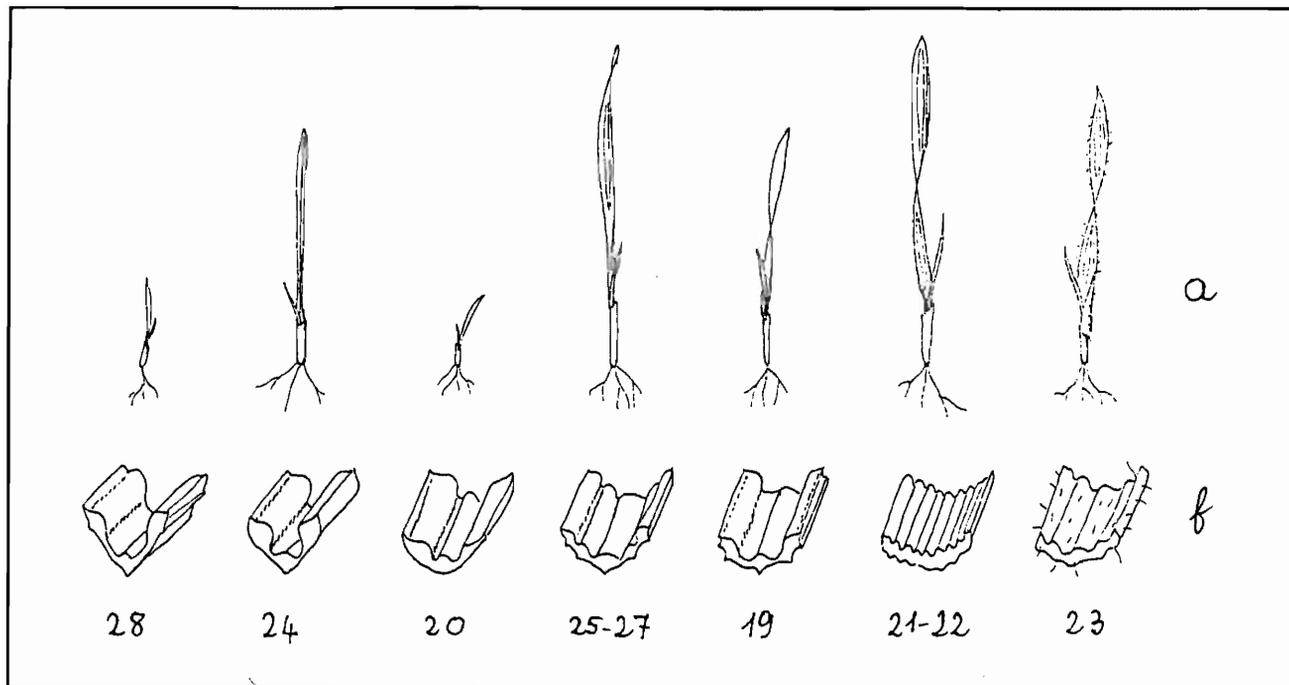


Fig. 4 - Rappresentazione di graminacee allo stadio di 1-2 foglie (a) ($\frac{1 \text{ cm}}$) e delle sezioni delle lamine fogliari (b) eseguite in prossimità della base laminare. (A cura di P. Viggiani)
(I numeri contraddistinguono le specie nella Tab. 4 e nello Schema 4).

Schema 3 - Chiave analitica descrittiva delle infestanti graminacee, allo stadio di 1-2 foglie. (Vedi Fig. 4). (I numeri che seguono il nome delle specie si riferiscono alla Tab. 4 e alla Fig. 4).

- **Lamina fogliare piegata con pagina inferiore lucida.** Guaina basale violacea o verde-violacea. Plantule glabre
 - Lamina fogliare larga meno di 1 mm, con "tracce di sci" e pagina superiore con 3-5 nervature evidenti *Poa trivialis* (28)
 - Lamina fogliare larga 1-1,5 mm, verde-violacea alla base, con pag. inferiore liscia e pag. superiore con 3-5 nervature evidenti. No "tracce di sci" *Lolium multiflorum* (24)
- **Lamina fogliare non lucida**
 - Plantule glabre o con pochi peli sparsi
 - Guaina basale violacea o verde-violacea
 - Lamina fogliare larga meno di 1 mm, piegata, con 3 nervature evidenti sulla pagina superiore..... *Apera spica-venti* (20)
 - Lamina fogliare larga più di 1 mm, spesso "avvitata" in senso orario.
 - Emissione di linfa rossa dal fusto e dalla foglia recisi trasversalmente; pag. inferiore finemente nervata e pag. superiore con 5 nervature evidenti
 - Lamina larga 1-1,5 mm
 - radichette con apici rossi (antocianature) *Phalaris minor* (26)
 - radichette senza antocianature..... *Phalaris brachystachys*(25)
 - Lamina larga circa 2 mm; radichette senza antocianature..... *Phalaris paradoxa* (27)
 - No linfa rossa da fusto e foglia recisi. Lamina larga circa 2 mm, con pag. inferiore costata e pag. superiore con 3-5 nervature evidenti *Alopecurus myosuroides*(19)
 - Guaina basale di colore verde chiaro. Lamina non piegata ma "avvitata" in senso orario, larga 3 mm o più. Plantule glabre o con pochi peli sparsi
 - Plantule singole, con un'unica cariosside attaccata alla radichetta *Avena fatua* (21)
 - Plantule normalmente accoppiate, con 2 o più cariossidi saldate insieme ed attaccate alla radichetta *Avena sterilis* (22)
 - Plantule pelose. Lamina verde-violacea, non "piegata" ma "avvitata", larga 2,5-3 mm. Guaina basale verdastra striata di viola *Bromus sterilis* (23)

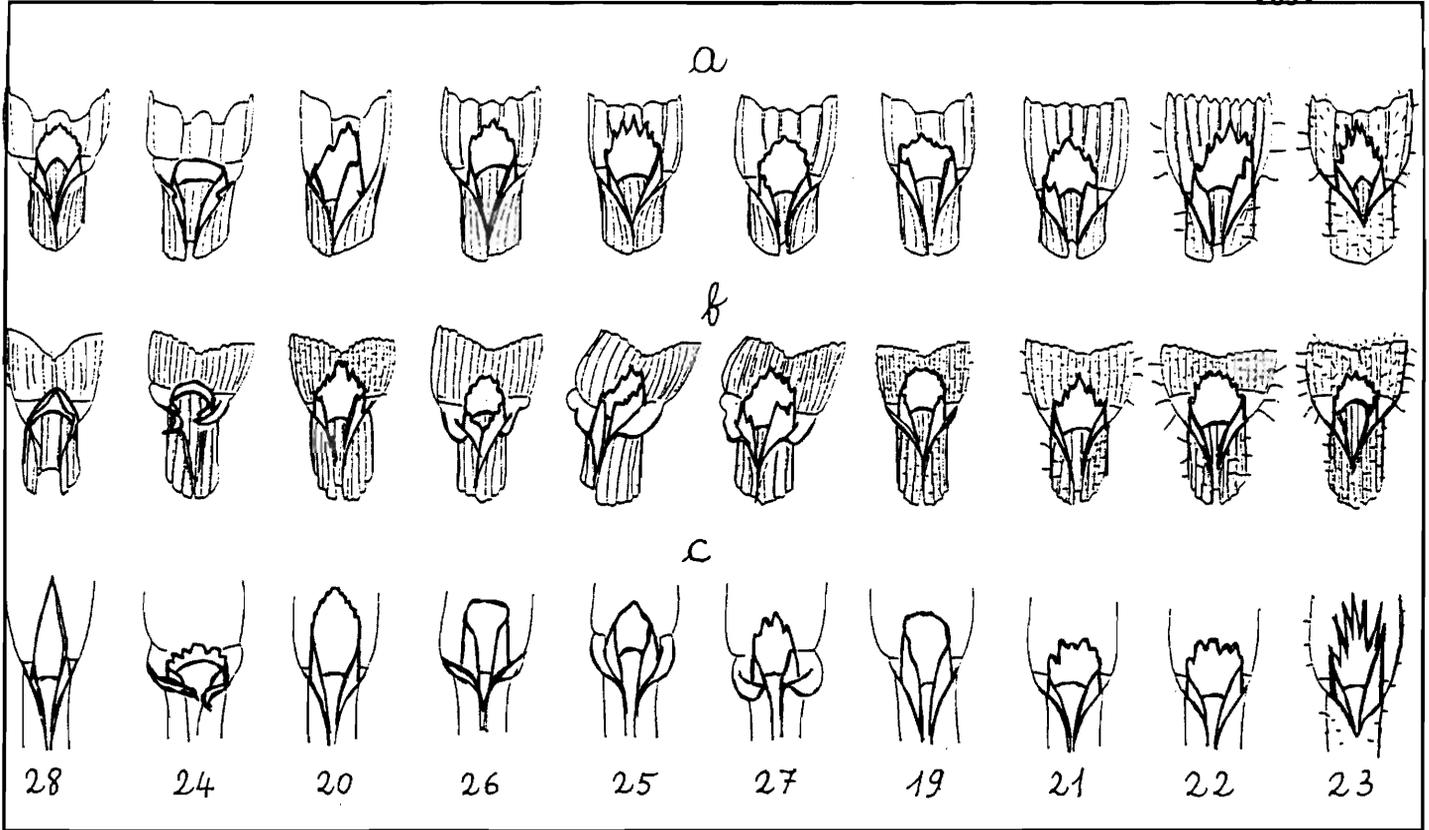


Fig. 5 - Rappresentazione di ligule ed auricole di graminacee in diversi stadi vegetativi: a = plantule con 2-4 foglie; b = piante in accestimento; c = piante adulte (analisi effettuata sull'ultima foglia). (A cura di P. Viggiani).

(I numeri contraddistinguono le specie in Tab. 4 e negli Schemi 3, 4 e 5.)

Schema 4 - Chiave analitica descrittiva delle infestanti graminacee, allo stadio di 2-4 foglie (pre-accestimento). (I numeri che precedono il nome delle specie si riferiscono alla Tab. 4, allo Schema 3 e Fig. 5a).

I caratteri delle foglie sono quelli elencati nello Schema 3.

Di seguito sono descritte le caratteristiche delle basi laminari (riferiti alla 1^a foglia emessa) (Fig. 5a)

- 19) *Alopecurus myosuroides* - Ligula tronca alla sommità, più alta del collare, con bordo seghettato
- 20) *Apera spica-venti* - Ligula acuta alla sommità, più alta del collare, con bordo dentato
- 21) *Avena fatua* - Ligula acuta alla sommità, più alta del collare, con bordo dentato
- 22) *Avena sterilis* - Ligula arrotondata alla sommità, più alta del collare, con bordo dentato
- 23) *Bromus sterilis* - Ligula arrotondata alla sommità, più alta del collare, con bordo dentato
- 24) *Lolium multiflorum* - Ligula tronca alla sommità, alta come il collare, con bordo intero. Accenno di auricole su 3^a - 4^a foglia
- 25) *Phalaris brachystachys* - Ligula arrotondata alla sommità, più alta del collare, con bordo vistosamente dentato
- 26) *Phalaris minor* - Ligula arrotondata alla sommità, più alta del collare, con bordo poco dentato
- 27) *Phalaris paradoxa* - Ligula arrotondata alla sommità, più alta del collare, con bordo intero od ondulato
- 28) *Poa trivialis* - Ligula acuta, più alta del collare, con bordo seghettato

Schema 5 - Chiave analitica descrittiva delle infestanti graminacee, allo stadio di accostimento. (I numeri che seguono il nome delle specie si riferiscono alla Tab. 4 e alla Fig. 5b).

- **Lamina fogliare con pag. inferiore lucida** e con "tracce di sci". Piante glabre.
 - No auricole. Lamine fogliari con nervature poco evidenti su entrambe le pagine. Ligula triangolare, con bordo intero ____ *P. trivialis* (28)
 - Auricole ad "unghia". Nervature evidenti sulla pag. superiore della lamina. Ligula tronca, con bordo intero *L. multiflorum* (24)
- **Lamina fogliare non lucida**
 - Piante glabre
 - No auricole
 - Ligula con bordo dentato. Foglie con guaine gonfie non scabre e con lamine scabre (↓) sui bordi e sulla pag. superiore *A. spica-venti* (20)
 - Ligula con bordo seghettato. Foglie scabre su guaina (↑), bordi laminari (↑) e sulla pag. superiore della lamina (↓) *A. myosuroides* (19)
 - Auricole ad "orecchio" (= false auricole). Colletto rosato, con emissione di linfa rossa se tagliato trasversalmente. Lamina fogliare con pag. inferiore finemente nervata
 - Ligula con bordo intero o poco dentato. Portamento eretto o prostrato *Ph. minor* (26)
 - Ligula con bordo seghettato. Portamento eretto *Ph. brachystachys* (25)
 - Ligula con bordo dentato. Portamento prostrato *Ph. paradoxa* (27)
 - Piante pelose, almeno in parte. Ligule dentate
 - Foglie pelose completamente, con guaine chiuse, striate di violaceo, gonfie in corrispondenza delle striature e con lamine non scabre *B. sterilis* (23)
 - Foglie pelose solo sulla guaina e sui bordi laminari, con guaine verdastre
 - Ligule con denti irregolari. Lamina fogliare scabra (↓) sui bordi e pag. superiore *A. fatua* (21)
 - Ligule con denti regolari. Lamina fogliare scabra (↓) su entrambe le pagine ma non (o poco) sui bordi *A. sterilis* (22)

sostanziali, fra i diversi riferimenti bibliografici.

In figura 5 sono schematizzate le ligule delle graminacee descritte in questa nota mostrandone la variabilità a seconda della specie ed a seconda di alcuni stadi vegetativi.

2. Lavorazioni del terreno

Qualsiasi intervento meccanico al terreno interferisce con la dinamica delle piante infestanti e condiziona l'attività (efficacia, selettività e persistenza) dei diserbanti (Witt, 1984; Koskinen e McWorther, 1986; Triplett e Worsham, 1986). Un'approfondita conoscenza di queste interazioni può fornire, anche per la coltivazione del frumento, la base di moderne strategie di lotta integrata, condotte allo scopo di ridurre la quantità di erbicidi immessa nell'ambiente (Koch, 1979; Schreiber, 1982; Covarelli, 1989).

2.1 Effetti delle lavorazioni sulle infestanti

Oltre all'eliminazione delle piante emerse per interrimento o disseccamento in seguito a danni meccanici, che può essere più o meno completa a seconda dello sviluppo delle piante e delle condizioni pedoclimatiche al momento dell'intervento (Kouwenhoven e Terpstra, 1979; Rasmussen, 1990), le lavorazioni svolgono una rilevante azione sui semi contenuti nel terreno, che rappresentano la porzione preponderante dell'infestazione complessiva (Beuret, 1984; Lambelet-Haueter, 1986). Gli effetti degli interventi meccanici sui semi possono essere diretti (contatto e traslazione all'interno del terreno) o indiretti (modifiche dell'ambiente microclimatico e pedologico) e la loro azione principale è quella di interrompere la dormienza, stimolando la germinazione (Chepil, 1946; Roberts e Feast, 1972; Chadoeuf-Hannel, 1985). Tra le cause dell'interruzione della dormienza si possono includere: scarificazione dei tegumenti seminali (Foley, 1987), volatilizzazione di inibitori endogeni (Holm, 1972), esposizione alla luce (Wesson e Wareing, 1969; Taylorson, 1972) e una maggiore aereazione (Popay e Roberts, 1970), unita a più ampie fluttuazioni di temperatura (Thompson et al., 1977) e di umidità (Stoller e Wax, 1973) del terreno. Nel caso di infestanti perenni, il germogliamento può venir stimolato anche dalla frammentazione degli apparati vegetativi sotterranei (rizomi, stoloni o radici fittonanti), che interrompe il sistema di dominanza apicale (Chancellor, 1974; Håkansson, 1977 e 1982; Montegut, 1985).

L'effetto principale delle lavorazioni sulla dinamica delle infestanti è dunque quello di favorire l'emergenza di plantule a scapito dell'infestazione potenziale (figura 6). La percentuale di semi e propaguli che germina dopo una

lavorazione è però variabile a seconda delle specie e, all'interno di queste, anche di singoli individui, a causa di complesse interazioni tra fattori genetici ed ambientali che comportano un'emergenza scalare, preservando la banca dei semi da un rapido depauperamento (Chancellor, 1984; Beuret, 1984; Egley, 1986; Debaeke, 1988).

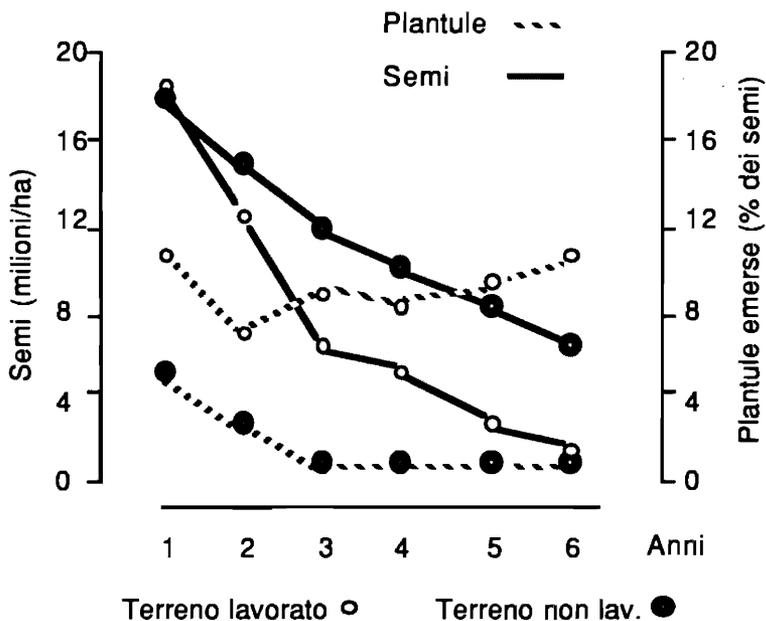


Figura 6. Influenza delle lavorazioni sul contenuto di semi vitali di infestanti nello strato 0 - 25 cm di terreno e sulla quantità di plantule emerse (da Roberts e Dawkins, 1967)

La germinazione interessa, quindi, una quota generalmente ristretta dell'infestazione potenziale, che aumenta con le lavorazioni: in esperienze inglesi le piante emerse hanno rappresentato, mediamente, solo l'1% dei semi vitali contenuti nei primi 10 cm di terreno indisturbato e tale percentuale è salita

al 5% dopo una singola coltivazione, al 7% dopo due lavorazioni e al 9% in seguito a 4 lavorazioni ripetute ogni anno (Roberts e Dawkins, 1967; Roberts e Feast, 1972 e 1973; Roberts e Ricketts, 1979; Froud-Williams et al., 1983). In Francia è germinato circa l'8% del totale dei semi nello strato 0-10 cm di un terreno indisturbato e il 12%, in media, dopo un'erpicazione o un'aratura profonda (Barralis e Salin, 1973; Barralis e Chadoeuf, 1980).

In assenza di nuovi apporti, il calo della banca dei semi assume un andamento esponenziale (Roberts, 1981; Egley e Williams, 1990), risulta più veloce nei terreni lavorati rispetto a quelli indisturbati (Froud-Williams et al., 1983; Warnes e Andersen, 1984; Bridges e Walker, 1985) e il tasso di declino è direttamente proporzionale al numero di lavorazioni (Roberts e Feast, 1973; Roberts, 1981; Cook, 1980), anche se la variabilità fra le specie è elevata (Egley e Williams, 1990). In Inghilterra, ad esempio, per un'infestazione mista si è registrata una perdita annuale di semi pari al 22% nei terreni non lavorati, al 36% in quelli lavorati 1 volta all'anno e di oltre il 60% in quelli "disturbati" ogni mese (Roberts e Dawkins, 1967). Barralis e coll. (1988), impedendo per 5 anni qualsiasi apporto di seme in un terreno coltivato, hanno distinto, in funzione della velocità di riduzione della banca semi, due gruppi di infestanti: specie con evoluzione rapida, con circa l'80% di calo annuale, per le quali l'emergenza delle plantule interessa ogni anno, mediamente, il 15% dell'infestazione potenziale (*Alopecurus myosuroides*, *Avena fatua*, *Centaurea cyanus*, *Galium aparine*, *Lapsana communis* e *Matricaria perforata*), e specie con declino più lento, pari a circa il 40% all'anno, dotate di semi più longevi e con un'emergenza annuale minore, in media l'8% dei semi contenuti nel terreno (*Aethusa cynapium*, *Amaranthus retroflexus*, *Capsella bursa-pastoris*, *Chenopodium album*, *Euphorbia exigua*, *Fallopia convolvulus*, *Kickxia spuria*, *Papaver rhoeas*, *Polygonum persicaria*, *Sinapis arvensis* e *Viola arvensis*).

La capacità di stimolare il calo dell'infestazione potenziale mediante lavorazioni lascerebbe supporre la possibilità di esaurire la banca dei semi con sole operazioni meccaniche, soprattutto nel caso di specie a evoluzione rapida; un'eliminazione completa delle piante emerse è però praticamente impossibile e il seme prodotto dalle piante infestanti è generalmente così copioso (Stevens, 1932; Cavers e Benoit, 1989) che anche i pochi individui superstiti da un'intensa lotta chimica possono facilmente reintegrare le perdite naturali (Roberts, 1968; Leguizamon e Roberts, 1982; Warnes e Andersen, 1984; Moss, 1985; Schweitzer et

al., 1989). In alcune esperienze negli Stati Uniti (tabella 5) la prevenzione dell'apporto di nuovi semi ha quasi annullato, nel giro di tre anni, l'infestazione potenziale, ma questa si è velocemente ricostituita in seguito all'abbandono del controllo completo della disseminazione e all'adozione di normali pratiche di diserbo (Schweizer e Zimdahl, 1984 a, b; Burnside et al., 1986).

Tabella 5. Effetti di 3 anni di eliminazione completa delle malerbe (1975-77), seguiti dall'adozione (dal 1978 al 1980) di 4 livelli di diserbo chimico in monosuccessioni di mais nel Nebraska. I dati relativi al 1978-79-80 sono le medie dei 4 livelli di diserbo (da Burnside et al., 1986)

Anni	Semi vitali/452 g di terreno (strato 0-20 cm)			Infestanti (kg.ha ⁻¹)	Rese di mais (kg.ha ⁻¹)
	Dicot.	Monocot.	Totale		
1975	14	4	18	-	-
1976	9	1	10	-	-
1977	7	1	8	-	-
1978	9	17	26	200	8250
1979	13	12	25	900	6870
1980	10	15	25	800	5140
D.M.S. P<0,05	5	7	9	300	360

Sebbene le lavorazioni non possano, da sole, contenere le piante infestanti, il più elevato rapporto fra infestazione attiva e potenziale che esse provocano può facilitare l'azione dei diserbanti, che hanno un'efficacia limitata sui semi in stato quiescente (Schweizer e Zimdahl, 1984 a; Egley, 1986, Dessaint et al., 1990 a). D'altro canto, l'adozione di una lotta chimica adeguata, che controlli ogni anno efficacemente le infestazioni in diverse colture in rotazione, può ridurre l'importanza di lavorazioni profonde, stabilizzando le rese colturali negli anni (figura 7).

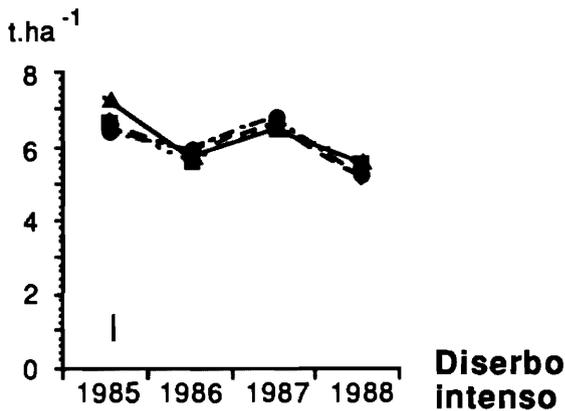
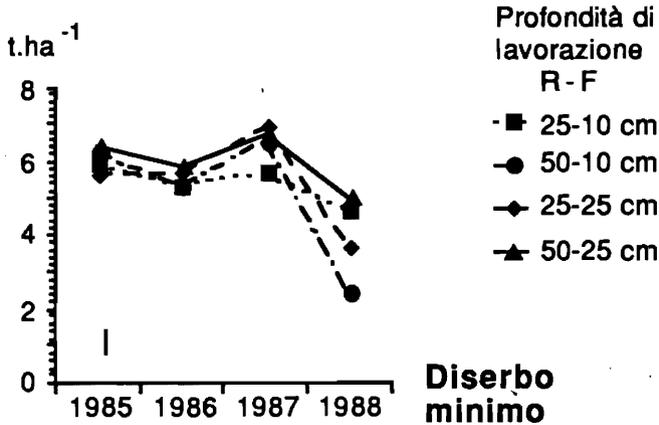


Figura 7. Rese di frumenti inseriti in rotazione quadriennale (mais - grano - bietola - grano) su cui si sono attuate sequenze di lavorazioni a diversa profondità per i rinnovi (R) e i frumenti (F) e intensità di lotta chimica differenziate:

Diserbo minimo = trifluralin+linuron (preemergenza) nel frumento; metamiltron (pre) e phenmediphan (post) nella bietola; atrazina (pre) nel mais

Diserbo intenso = trifluralin+linuron (pre); ioxynil+mecroprop (post); flamprop (post) nel frumento; metamiltron (pre), phenmediphan+chloridazon (1° post); phenmediphan (2° post) nella bietola; atrazina+alachlor (pre), 2,4-D+MCPA (post) nel mais

(Dati originali dell'Istituto di Agronomia e Coltivazioni erbacee di Bologna)

74

Gli effetti delle lavorazioni del terreno sulla dinamica delle infestanti sono però variabili; condizionati non solo dalla lotta chimica praticata, ma anche dalla biologia ed ecologia delle specie (Mortimer, 1976; Froud-Williams et al., 1981 e 1983; Montegut, 1984; Stainforth e Wiese, 1985; Barralis et al., 1988), dalle condizioni pedo-climatiche (Pessala, 1978; Mortimer, 1979; Beuret, 1989) e dalle pratiche agronomiche adottate (Wilson et al., 1979; Cantele et al., 1986). Un'importanza fondamentale viene inoltre rivestita dalla profondità, dall'epoca, dalla frequenza di intervento e dal tipo di attrezzo impiegato (Håkansson, 1977; Beuret, 1984; Covarelli e Peccetti, 1986).

2.2 Lavorazioni principali

Molto si è dibattuto, in questi ultimi anni, sulla possibilità di ridurre, anche in Italia, l'intensità delle lavorazioni principali (Toderi e Bonari, 1986 a, b). Le tecniche proposte sono numerose: arature superficiali e lavorazioni a due strati, sostituzione dell'aratura con ripuntature, erpicature o fresature, pratiche di "ridge till" o di non lavorazione (semina su sodo), con una progressiva diminuzione dei costi energetici, di impegno di manodopera (Manfredi e Baraldi, 1986) e di "disturbi" all'ambiente.

Nei riguardi della lotta alle piante infestanti, a carico dell'aratura vengono riconosciute tre azioni fondamentali (Cussans, 1966): interrimento della vegetazione e dei residui colturali presenti sulla superficie del terreno, creazione di un ambiente pedologico favorevole all'emergenza di plantule e inversione degli strati di terreno, con conseguente approfondimento di semi superficiali e riesumazione di quelli profondi (Van Esso et al., 1986). L'inversione degli orizzonti ha un forte impatto sulla dinamica dell'infestazione potenziale: la maggior parte dei semi trasportati in profondità, più del 50% dei semi prodotti nell'anno (Van Esso et al., 1986; Moss, 1988), entra in uno stato di quiescenza (dormienza imposta o indotta) che ne accresce la longevità (Chancellor, 1984; Barralis et al., 1988), quelli riportati in superficie, circa il 38% dei semi dell'anno precedente, possono germinare, venir asportati per predazione (Edwards, 1975; House e Brust, 1989) o essere devitalizzati sia ad opera di microorganismi (Pitty et al., 1987) sia da condizioni ambientali avverse (Schafer e Chilcote, 1970; Moss, 1985).

L'aratura, inoltre, non solo interra i semi più profondamente, ma li incorpora in aggregati più grossi e tenaci rispetto alle erpicature (Pareja et al., 1985); un effetto, questo, tanto più marcato quanto maggiore è la profondità di lavorazione. I semi nelle zolle di grandi dimensioni si trovano in condizioni microambientali (elevata umidità e carenza di ossigeno) che favoriscono la perdita di vitalità poiché interrompono la dormienza ma impediscono la germinazione (Pareja e Stainforth, 1985; Terpstra, 1986).

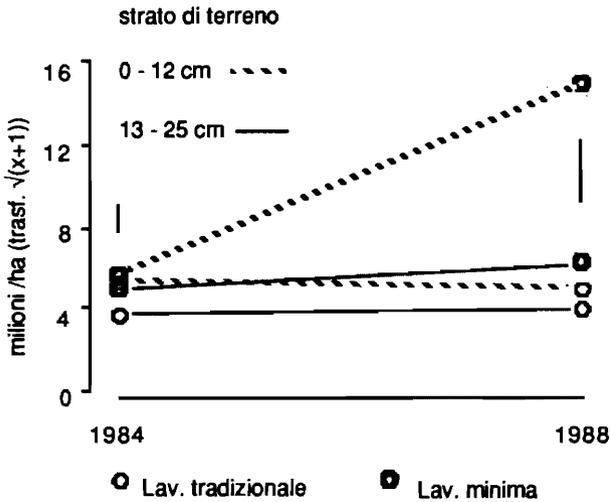


Figura 8. Influenza delle lavorazioni in una monosuccessione di frumento sul posizionamento dei semi infestanti nel terreno. Lav. minima= erpice rotante a 15 cm, in autunno, Lav. tradizionale = aratura estiva a 45 cm + 2 erpicature autunnali. (da Catizone et al., 1990)

Tutti questi effetti possono spiegare perché la banca dei semi sia in genere quantitativamente minore nei terreni arati rispetto ai terreni sottoposti a lavorazioni ridotte (Roberts, 1963 a, b; Roberts e Stokes, 1965; Beuret, 1984). Inoltre, considerando che l'aratura implica in genere l'esecuzione di lavori complementari, quali estirpature e erpicature, che concorrono al depauperamento della flora potenziale, si comprende perché la lavorazione tradizionale comporti spesso infestazioni "gestibili" con una lotta chimica meno

intensa rispetto alla minima o nulla lavorazione (Roberts e Feast, 1973; Vez, 1981; Cantele et al., 1986; Mosca et al., 1986; Ball e Miller, 1990; Catizone et al., 1990).

Con le lavorazioni ridotte i semi di infestanti si accumulano negli strati più superficiali (figura 8) (Roberts e Stokes, 1965; Froud-Williams et al., 1983; Wicks e Somerhalder, 1985; Cantele et al., 1986; Van Esso et al., 1986; Moss, 1988), soprattutto nel caso di terreni argillosi (Beuret, 1980). L'aumento dell'infestazione potenziale può interessare i primi 20 cm di profondità in seguito a erpicature o fresature, oppure, con la semina su sodo, lo strato di terreno da 0 a 10 cm (figura 9) (Roberts e Stokes, 1965; Moss, 1988; Dessaint et al., 1990 a), cioè la massima profondità da cui molte infestanti annuali possono germinare (Chancellor, 1964; King, 1966; Cussans et al., 1979). Nel "ridge tillage", o coltivazione a porche permanenti (Giardini, 1988) i semi si accumulano nel terreno che viene trasportato alternativamente sugli arginelli e nei solchetti dagli "scalping" e dalle successive rincalzature (Forcella e Lindstrom, 1988 a, b), quindi in una frazione di terreno molto piccola, soggetta a continui "disturbi".

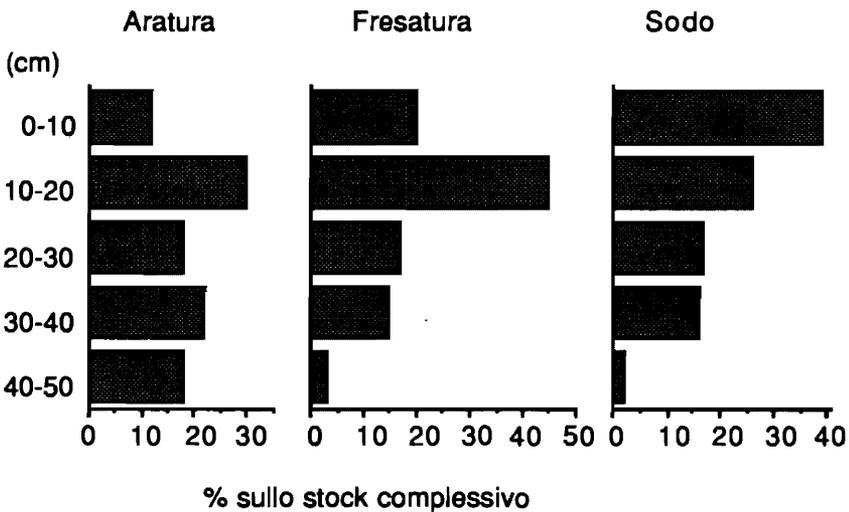


Figura 9. Distribuzione dei semi lungo il profilo del terreno dopo 7 anni di diverse lavorazioni (da Cantele et al., 1986)

Adeguati trattamenti diserbanti possono ridurre il pericolo di un eccessivo incremento dell'infestazione potenziale negli appezzamenti su cui si pratica la minima o nulla lavorazione: per i primi anni sembra necessario adottare una intensa lotta chimica per evitare la disseminazione e ridurre la banca dei semi negli strati superficiali; in seguito i diserbi possono divenire più blandi, a patto di non eseguire arature che riportino in superficie semi dormienti (Jan et al., 1976; Fourbet et al., 1979; Schweizer e Zimdahl, 1984 b; Cantele et al., 1986; Vullioud e Maillard, 1988; Dessaint et al., 1990 a; Legere et al., 1990; Ball e Miller, 1990; Verdier, 1990).

Gli effetti delle lavorazioni principali sono però variabili in funzione della biologia delle singole specie (Mortimer, 1976; Håkansson, 1977; Cussans et al., 1979) e ciò comporta una pressione selettiva che incide sulla composizione della flora infestante attiva e potenziale (Cussans, 1976; Jan et al., 1976; Froud-Williams et al., 1981; Pollard et al., 1982; Knab e Hurle, 1986; Dessaint et al., 1990 b).

Tabella 6. Influenza della lavorazione del terreno sulla densità di *Polygonum aviculare* in una monosuccessione di orzo primaverile (plantule. m⁻²) (da Cussans et al., 1979)

	1969	1970	1971	1972	1973
Semina diretta	0,46	3,62	4,94	0,61	0,72
Erpicatura superficiale	1,62	19,99	8,40	5,38	3,32
Erpicatura profonda	2,78	32,11	12,22	9,22	7,74
Aratura	10,65	24,88	21,73	22,96	14,40

Per quanto riguarda le infestanti dei cereali autunno-vernini, in molti esperimenti si è dimostrato che l'abbandono dell'aratura riduce la frequenza di specie dicotiledoni annuali come, ad esempio, *Papaver rhoeas*, *Fumaria officinalis*, *Sinapis arvensis*, *Chenopodium album*, *Anagallis arvensis*, *Polygonum aviculare*, *Plantago major*, *Galium aparine* e *Veronica* spp. (Jones, 1966; Cussans, 1966 e 1975; Bachthaler, 1974; Pollard e Cussans, 1976 e 1981; Beuret, 1980; Koskinen e McWorther, 1986). I semi di queste infestanti sono in genere dotati di elevata dormienza e longevità (Catizone e Baldoni, 1981;

Barralis et al., 1988, Debaeke, 1988) e risultano adatti alla dinamica imposta dall'aratura, cioè a trascorrere lunghi periodi interrati profondamente e a germinare solo se portati in superficie in determinati periodi dell'anno. Nei sistemi di non lavorazione, inoltre, la presenza sul terreno di residui colturali, in particolar modo paglia di cereali, può causare la devitalizzazione di molti semi di specie dicotiledoni, sia tramite il rilascio di sostanze allelopatiche (Putnam e DeFrank, 1983; Shilling et al., 1985; Crutchfield et al., 1986), sia per la maggior presenza di insetti predatori (Carabidi, *Gryllus* spp., ecc.) (Edwards, 1975; House e Brust, 1989).

La lotta chimica alla maggior parte di infestanti annuali a foglia larga non presenta comunque eccessiva difficoltà nelle colture cerealicole. In alcuni esperimenti, le infestazioni di queste specie in orzo e frumento non hanno mostrato risposte cumulative al ripetersi delle arature, ma si sono comportate come se un'infinita riserva di semi reagisse ogni anno nello stesso modo alle lavorazioni, (tabella 6) (Pollard e Cussans, 1976 e 1981; Cussans, 1976). Ciò dimostrerebbe da una parte la consistenza e la longevità delle loro banche dei semi, dall'altra l'importanza di erbicidi efficaci, che, contenendo l'infestazione attiva, possono ridurre l'apporto di nuovi semi al terreno.

Tabella 7. Influenza della lavorazione del terreno sui semi contenuti nel terreno e sulle plantule di *Avena fatua* in una monosuccessione di orzo primaverile. (da Wilson, 1981)

	Semi vitali. m ⁻²				Plantule. m ⁻²			
	1975	1976	1977	1978	1975	1976	1977	1978
Aratro (a)	528	56	12	1	8	68	4	1
Erpice a denti rigidi (a)	371	9	1	1	30	51	3	0
Semina su sodo (a)	561	25	2	0	46	57	3	0
Semina su sodo (b)	542	88	17	6	1	1	0	0

(a) 1000 semi posti a 5 cm di profondità nel terreno nell'autunno 1974

(b) 1000 semi posti a 25 cm di profondità nel terreno nell'autunno 1974

Anche *Avena fatua* rientra nel gruppo di specie non incrementate dalla semina su sodo (tabella 7): i suoi semi perdono rapidamente vitalità sulla superficie del terreno (Wilson, 1972; Elliot, 1974, Zoner et al., 1984), mentre

possono persistere per 2-3 anni se vengono interrati dalle lavorazioni (Wilson, 1978 e 1981).

Per il contenimento delle avene nei cereali autunno-vernini sembra dunque consigliabile la semina su sodo oppure l'esecuzione di leggere erpicature estive, atte a devitalizzare i semi senza interrarli in profondità, seguite da semine autunnali ritardate, per eliminare eventuali plantule emerse (Wilson e Cussans, 1975; Oliphant, 1977; Wilson e Scott, 1982). Un ritardo eccessivo delle semine può però ridurre il potere competitivo della coltura e favorire l'infestante (Orson, 1989). La disponibilità di avenicidi specifici, efficaci e selettivi nei confronti dei cereali coltivati, ha comunque ridotto la pericolosità delle avene selvatiche e la loro diffusione nelle coltivazioni italiane sembra destinata a decrescere (Zanin et al., 1985).

Le pratiche di lavorazione ridotta favoriscono altre graminacee annuali (tabella 8), particolarmente *Poa annua*, *Alopecurus myosuroides*, *Bromus* spp., *Phalaris* spp., *Apera spica-venti* e *Lolium multiflorum* (Bachthaler, 1967; Hammerton, 1968; Pfeiffer, 1968; Donaghy e Stobbe, 1972; Wicks, 1974; Cussans et al., 1979; Beuret, 1980; Froud-Williams, 1983; Wrucke e Arnold, 1985; Zanin et al., 1985).

Tabella 8. Influenza della lavorazione del terreno sulla densità di *Poa annua* in una monosuccessione di orzo primaverile (plantule. m⁻²) (da Cussans et al., 1979)

	1974	1975	1976
Semina diretta	21,8	90,3	106,2
Erpicatura superficiale	23,7	50,0	52,3
Erpicatura profonda	21,8	56,3	37,8
Aratura	23,9	16,7	8,1

I semi di queste specie, dotati in genere di scarsa dormienza, vengono rapidamente devitalizzati se interrati in profondità (Froud-Williams, 1981; Moss, 1981; Barralis et al., 1988), soprattutto in terreni argillosi (Beuret, 1989). La loro presenza nelle colture su cui si pratica la minima lavorazione può aumentare rapidamente se non si adotta un adeguato controllo chimico (figura

10), e ciò può essere difficoltoso nelle rotazioni con prevalenza di cereali (Bond et al., 1971; Pollard e Cussans, 1981) o per specie resistenti agli erbicidi, come, ad esempio, *Alopecurus myosuroides*, *Poa annua*, *Bromus* spp. e *Phalaris* spp. (Rule, 1981; Budd, 1981; Wilson e Scott, 1982; Martindale e Livingstone, 1982).

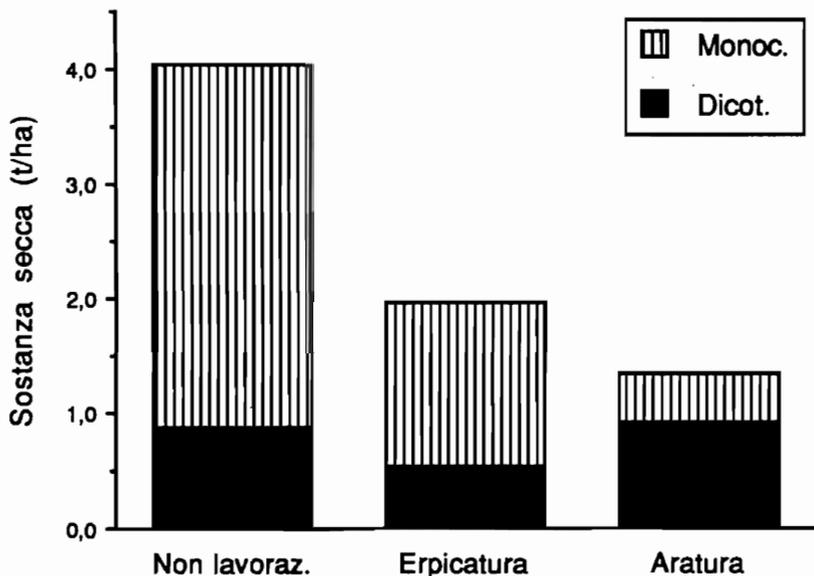


Figura 10. Risposta dell'infestazione attiva a lavorazioni del terreno ripetute per un quinquennio su una rotazione mais-soia (da Wrucke e Arnold, 1985)

Favorite da pratiche di minima lavorazione sono risultate anche le seguenti dicotiledoni: *Stellaria media*, *Senecio vulgaris*, *Capsella bursa pastoris*, *Matricaria recutita*, *Matricaria matricarioides*, *Aphanes arvensis*, *Chenopodium album* e *Picris echioides* (Cussans, 1966 e 1975; Bozic, 1974). L'influenza delle lavorazioni del terreno sulla dinamica delle diverse infestanti annuali è stata

confermata in ambienti collinari dell'Italia Centrale anche a livello di flora potenziale (tabella 9).

Tabella 9. Contenuto di semi di alcune infestanti in funzione del tipo di lavorazione eseguita per 4 anni in una rotazione biennale girasole - frumento. (da Covarelli e Tei, dati originali)

	Migliaia di semi.m ⁻² nello strato 0-15 cm di terreno				
	<i>Phalaris</i> spp.	<i>Sinapis</i> <i>arvensis</i>	<i>Polygonum</i> <i>aviculare</i>	<i>Picris</i> <i>echioides</i>	<i>Fallopia</i> <i>convolvulus</i>
Lavorazione minima (1)	3,45	0,44	1,95	7,61	6,55
Arature superficiali (2)	1,06	0,80	1,77	3,01	1,95
Arature profonde (3)	1,68	0,80	1,68	2,83	3,27

(1) erpicatura per il frumento, lavorazione a due strati per il girasole

(2) arature a 20 cm per il frumento e a 35 cm per il girasole

(3) arature a 45 cm per il frumento e a 55 cm per il girasole

Se sulle infestanti annuali i pareri sono a volte discordi, il vantaggio conferito dalle minime e, soprattutto, non lavorazioni alle specie perenni trova una concordanza generalizzata (Fryer e Chancellor, 1970; Triplett e Lytle, 1972; Jan et al.; 1976, Fourbet et al., 1979; Froud-Williams et al., 1981; Håkansson, 1982; Montegut, 1985; Cantele et al., 1986; Koskinen e McWorther, 1986).

Tabella 10. Influenza di lavorazioni del terreno ripetute dal 1970 sulla densità di culmi di *Elymus repens* in una monosuccessione di orzo primaverile (culmi. m⁻²) (da Cussans, 1976)

	Luglio 1971	Luglio 1972
Semina su sodo	23	246
Erpicatura presemina	7	46
Aratura	7	17
Aratura + erpicatura presemina	0,4	0,4

Il terreno meno "disturbato" rappresenta un ambiente ideale per piante come *Elymus repens*, *Agrostis gigantea*, *Arrhenatherum elatius*, *Cirsium arvense*, *Convolvulus arvensis*, *Sorghum halepense*, *Rumex* spp., *Cynodon dactylon*, *Artemisia vulgaris*, *Conyza canadiensis*, *Tussilago farfara* e *Equisetum* spp., i cui apparati vegetativi sotterranei possono dar vita a germogli dalla vigorosa crescita, capaci di competere fortemente sia nei riguardi della coltura sia nei confronti di altre infestanti (Lolas e Coble, 1980; Hill, 1980).

Rapporto (densità 1988/densità 1984)

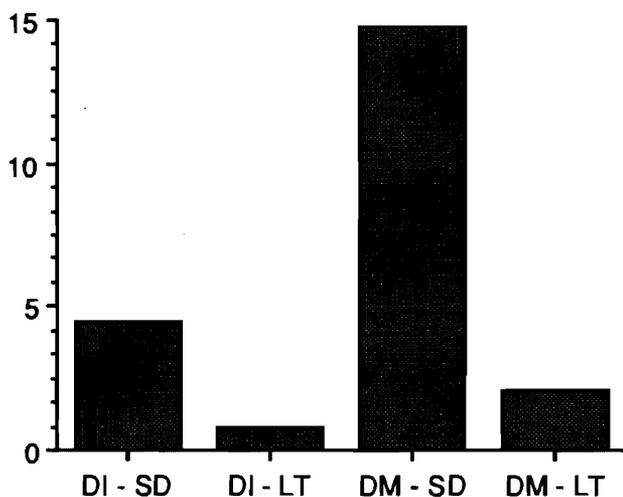


Figura 11. Influenza di lavorazioni (SD= semina diretta; LT= Lavorazione tradizionale) e di livelli di diserbo (DI= diserbo intenso; DM= diserbo minimo) ripetuti dal 1984 al 1988 in una rotazione quadriennale (sorgo - grano- girasole - grano) sulla presenza di *Convolvulus arvensis* nel frumento. La densità media dell'infestante nel 1984 corrispondeva a 2,6 piante.m⁻². (da Verdier, 1990)

Contro le perenni le arature hanno una buona efficacia (tabella 10), che si protrae spesso per più anni, sia perché interessano strati di terreno più profondi,

e in genere gli organi perennanti possono germogliare da profondità maggiori rispetto ai semi (Mukula, 1963; Hamcloun, 1972; Håkansson, 1982), sia perché portano i propaguli vegetativi alla superficie del terreno ove, se si interviene in epoca opportuna, vi sono condizioni ambientali che favoriscono la devitalizzazione (McWorther e Hartwig, 1965; Thomas, 1969; Stoller, 1977; Williams, 1979).

Le infestanti perenni hanno inizialmente rappresentato il maggiore ostacolo alla diffusione di pratiche di minima lavorazione (Cussans, 1975; Worsham, 1980); la recente disponibilità di principi attivi traslocabili ed efficaci contro queste specie, sia totali, come dalapon, glyphosate, asulam, sia specificatamente graminicidi (fluazifop, sethoxydim, quizalofop, ecc.), ha però ridotto la loro importanza (figura 11) (Baird et al., 1971; Tiedau et al., 1974; Toderi e Catizone, 1975; Rapparini e Fabbri, 1985). A causa del costo elevato, l'impiego di molti di questi prodotti non è però sempre conveniente. Vi sono, inoltre, alcune infestanti vivaci, ad esempio *Tussilago farfara*, *Equisetum* spp., *Cirsium arvense*, *Pteridium aquilinum* e *Sonchus arvensis* tuttora poco sensibili alla maggior parte dei diserbanti disponibili, delle quali si prevede un aumento di diffusione in un prossimo futuro (Boyll, 1983; McWorther, 1984).

Un problema nelle minime lavorazioni può essere rappresentato dalle piante coltivate che emergono nelle colture in successione ("volunteer crop plants"). Per la scarsa dormienza, i semi di molte specie coltivate perdono rapidamente vitalità se interrati profondamente (Toole e Brown, 1946), mentre possono facilmente germinare nella coltura seguente in caso di lavorazioni superficiali o non lavorazioni (Cussans, 1978). Fanno eccezione i semi di barbabietola, che sono molto longevi (Roberts, 1983). Per questa specie, in presenza di una disseminazione elevata, come può accadere con estese prefioriture o nelle coltivazioni da seme, conviene astenersi dall'aratura per non caricare il terreno di semi che possono germinare, quando riportati alla superficie, per oltre 7 anni (Gunn, 1982). Le piante della coltura precedente possono essere particolarmente dannose quando sia esclusa la possibilità della loro eliminazione con erbicidi, come avviene, ad esempio, negli avvicendamenti di specie simili (es. orzo-grano) o di diverse varietà in monosuccessioni di colture da seme (frumento, bietola, cavoli, carote, ecc.) (Cussans, 1978).

Per quanto riguarda l'influenza delle lavorazioni principali sul comportamento degli erbicidi, essa è principalmente imputabile alla quantità e al posizionamento dei residui colturali che rimangono in campo e al grado di inversione degli orizzonti di terreno (Witt, 1984; Koskinen e McWorther, 1986). Da questo punto di vista, le maggiori differenze si hanno fra tecnica tradizionale, in cui i residui colturali vengono interrati profondamente e la mineralizzazione è favorita da condizioni aerobiche, e la semina su sodo, che comporta un accumulo di residui di vegetazione sulla superficie, senza alcuna inversione degli strati di terreno. Le pratiche di minima lavorazione risultano intermedie fra questi due estremi e i loro effetti sono variabili a seconda del tipo di attrezzo impiegato e dell'epoca di intervento. Le caratteristiche del terreno che vengono principalmente influenzate dalle lavorazioni sono: umidità, pH, contenuto di sostanza organica e popolazione microbica (Toderi e Bonari, 1986 a, Prasad e Power, 1991); queste, a loro volta hanno effetti diversi sui prodotti diserbanti a seconda delle proprietà fisico-chimiche dei principi attivi e delle formulazioni.

Tabella 11. Umidità del terreno nei primi 15 cm di profondità in primavera-estate in funzione della lavorazione per il mais (da Phillips, 1981)

Periodo	Umidità del terreno (%)			Pioggia (mm)
	Lav. Minima	Lav. Tradiz.	LM - LT	
18/5 - 8/6, 1970	36,0	29,4	6,6	54,4
8/6 - 29/6, 1970	29,6	23,2	6,4	39,4
29/6 - 21/7, 1970	19,8	6,3	13,5	52,3
21/7 - 18/8, 1970	14,7	12,7	2,0	27,7
14/5 - 1/6, 1971	36,6	31,2	5,4	40,6
1/6 - 26/7, 1971	34,1	26,1	8,0	243,8
26/7 - 25/8, 1971	27,2	18,8	8,4	41,9
31/5 - 5/7, 1972	37,8	31,6	6,2	70,1
5/7 - 1/8, 1972	32,1	27,3	4,8	56,6
1/8 - 22/8, 1972	25,1	22,4	2,7	35,6

Per la presenza di residui colturali l'umidità degli strati superficiali del terreno non lavorato è generalmente maggiore di quello arato (tabella 11) (Toderi et al., 1986 b), sia per un minore ruscellamento (Brown et al., 1985), sia per un rallentamento delle prime fasi del processo evaporativo (Lemon, 1956). Il maggior contenuto di acqua favorisce la degradazione microbica di molti erbicidi, quindi ne riduce l'attività fitotossica e la persistenza (Hurle e Walker, 1980), ma ne incrementa la percolazione, e ciò accresce il pericolo di contaminazione delle falde ipodermiche (McMahon e Thomas, 1976; Hall et al., 1989; Steenhuis et al., 1990). Comunque, a causa del minor ruscellamento ed erosione che si osservano in presenza di residui di vegetazione, specialmente in ambienti freddi e umidi (tabella 12), nei terreni non lavorati si ha un minor rischio di inquinamento delle acque superficiali (Weber et al., 1980; Hall et al., 1984; Brown et al., 1985). Kenimer e coll. (1986), ad esempio, hanno rilevato una perdita per "runoff" dell'atrazina pari al 2,85% della dose impiegata da un terreno lavorato tradizionalmente, contro lo 0,28% di un terreno non lavorato, e per il 2,4-D le corrispondenti percentuali sono risultate dello 0,27% e dello 0,02%.

Tabella 12. Influenza della presenza di residui colturali sulla superficie del terreno sull'erosione e sulle perdite di acqua per ruscellamento (da Meyer e Mannering, 1967)

Residui colturali (t.ha ⁻¹)	Erosione (t.ha ⁻¹)	Riduzione della erosione (%)	Ruscellamento (mm)	Riduzione del ruscellam. (%)
0	35,8	-	84	-
0,62	14,3	60	71	15
1,24	9,1	74	61	27
2,48	4,2	88	51	39

L'adozione continuativa di pratiche di non lavorazione tende ad abbassare il pH del terreno (Blevins et al., 1977), soprattutto in presenza di concimazioni con azoto ammoniacale e in ambienti piovosi (Lowder e Weber, 1979). Una maggiore acidità (tabella 13) aumenta l'adsorbimento di diserbanti come le triazine, gli acidi deboli (2,4-D, solfoniluree e imidazolinoni) e i derivati ureici

(chlortoluron, isoproturon, linuron, ecc.) (Nearpass, 1965; Banks e Robinson, 1982, Mersie e Foy, 1985 e 1986) e favorisce l'idrolisi delle triazine e delle solfoniluree (Ghadiri et al., 1984; Weber e Lowder, 1985, Hiltbold e Buchanan, 1977). Con la non lavorazione l'efficacia erbicida di alcuni di questi diserbanti può dunque risultare minore (Schnappinger et al., 1977; Kells et al., 1980) e meno prolungata (Parochetti, 1978; Burnside e Wicks, 1980) rispetto alla lavorazione tradizionale.

Tabella 13. Influenza della lavorazione in una rotazione triennale (grano - sorgo - maggese) sul contenuto di sostanza organica e sul pH del terreno e coefficiente di adsorbimento (K_d) dell'atrazina a varie profondità (da Ghadiri et al., 1984)

Profondità di prelievo (cm)	Sost. organica (g.kg ⁻¹)		pH (in H ₂ O)		Coeff. di adsorb. (K_d)	
	L. tradiz.	Non lav.	L. tradiz.	Non lav.	L. tradiz.	Non lav.
0 - 2,5	2,2	3,3	5,6	5,2	7,4	7,8
2,5 - 5	2,2	2,6	5,2	5,0	7,5	7,1
5 - 10	2,0	1,8	5,7	5,8	7,6	7,0
10 - 15	1,9	1,8	6,2	6,2	6,7	7,3
15 - 20	1,8	1,8	6,3	6,3	6,5	7,0
20 - 25	1,4	1,4	6,6	6,5	6,5	6,2
25 - 30	1,2	1,2	6,7	6,7	6,0	6,1
30 - 35	0,9	1,1	6,9	6,8	5,7	5,8
35 - 40	0,8	1,0	7,0	6,9	5,5	5,8

A causa dell'accumulo di residui colturali e della più lenta mineralizzazione, i terreni non lavorati presentano un incremento del contenuto di sostanza organica negli strati più superficiali (tabella 13), che può essere, nei primi 5 cm di profondità, il 50% in più rispetto a quelli arati (Blevins et al., 1977, Dick, 1983, Toderi et al., 1986 b, Bonciarelli et al., 1986). Ciò comporta un maggiore adsorbimento degli erbicidi, con loro conseguente inattivazione (Slack et al., 1978, Basile, 1981). I residui di vegetazione, inoltre, possono intercettare una frazione consistente dei diserbanti, oltre al 50% della dose distribuita secondo Banks e Robinson (1982), favorendone la volatilizzazione

(trifluralin, dinitramine, ormonici) o la degradazione sia fotochimica, come nel caso di dinitroaniline e dicamba (Webster e Reimer, 1976), sia enzimatica (Phillips et al., 1980).

All'aumento di sostanza organica si accompagna, in genere, un incremento della popolazione di microrganismi, soprattutto anaerobici (tabella 14).

Tabella 14. Rapporto tra le popolazioni microbiche di un terreno sottoposto a non lavorazione e quelle di un terreno lavorato tradizionalmente (da Doran, 1980)

Profondità (cm)	Rapporto (Non lavorazione / Lavorazione tradizionale)				
	Totale aerobi	Ossidanti di NH ₄	Funghi	Anaerobi facoltativi	Denitrificatori
0-7,5	1,35	1,25	1,57	1,57	7,31
7,5-15	0,71	0,55	0,76	1,23	1,77

Un'elevata carica microbica implica una veloce dissipazione di molti diserbanti (Weber e Lowder, 1985), ma l'importanza della degradazione biologica, che agisce solo sulla frazione dei diserbanti in soluzione, può essere ridotta dal maggior adsorbimento di alcuni prodotti (triazine, dinitroaniline e derivati ureici) nei terreni non lavorati (Ghadiri et al., 1984; Harris et al., 1985).

Tabella 15. Effetti residui di dosi di trifluralin impiegato nella soia sulla crescita radicale del seguente mais in funzione delle lavorazioni del terreno (da Hartzel et al., 1989)

Dosi di trifluralin (kg.ha ⁻¹ p.a.)	Radici di mais (scala: 0=crescita normale - 5= nessuna crescita)		
	Aratura	Chisel	Non lavorazione
0,0	0,12	0,75	0,62
1,1	0,25	0,87	0,62
2,2	0,50	0,62	1,50
4,5	0,25	2,12	3,00

L'insieme degli effetti sopra citati tende a diminuire, nei terreni indisturbati, l'efficacia di molti erbicidi di presemina e preemergenza (Erbach e Lovely, 1975; Slack et al., 1978; Kells et al., 1980), tanto che spesso nelle minime lavorazioni risulta consigliabile aumentarne le dosi d'impiego. Vi è però da ricordare che, nel caso di elevate somministrazioni di prodotti dotati di attività residuale prolungata nel tempo la non aratura comporta maggiori rischi di fitotossicità su colture in successione (tabella 15) poiché eventuali residui rimangono concentrati in superficie, mentre una lavorazione profonda tende a diluirli in un maggior volume di terreno (Catizone et al., 1983, Bouchet e Jan, 1978; Hartzler et al., 1989; Vicari, 1990).

In conclusione, con i mezzi chimici oggi disponibili, le tecniche di lavorazione ridotta appaiono ormai ben adatte anche per le coltivazioni dei cereali autunno-vernini. Situazioni difficili, che possono comportare l'abbandono soprattutto della tecnica di non lavorazione, si possono avere con condizioni pedoclimatiche od agronomiche sfavorevoli alle colture (Jan e Faivre-Dupaigre, 1977; Basso et al., 1986; Toderi et al., 1986 a; Catizone et al., 1990) o in presenza di specie infestanti resistenti ai diserbanti (Triplett e Worsham, 1986). La dinamica delle infestazioni ed il comportamento degli erbicidi in assenza di aratura, lasciano prevedere, dopo i primi anni in cui occorrono prodotti molto efficaci, la possibilità nella minima lavorazione di "gestire" le infestazioni con una lotta chimica non particolarmente intensa, basata principalmente su interventi mirati, in postemergenza. E' comunque sempre necessario tenere sotto controllo l'evoluzione della flora infestante, in modo da rilevare prontamente la comparsa di specie di difficile controllo chimico.

2.3 Lavorazioni complementari

Le lavorazioni complementari vengono eseguite per eliminare le infestanti presenti sul terreno e per la preparazione del letto di semina. Attualmente, però, fresature, estirpature, erpicature e sfalci rivestono una rinnovata importanza per la gestione dei terreni posti in set-aside (Clarke e Froud-Williams, 1989; Wilson, 1988). Le lavorazioni complementari hanno un'efficacia erbicida strettamente legata all'epoca ed alla frequenza di esecuzione: in genere è preferibile intervenire dopo che è emerso un numero consistente di infestanti, ma prima della loro disseminazione o di un loro sviluppo così

avanzato da risultare poco sensibili ai danni meccanici. Importante inoltre non agire su terreno troppo secco o bagnato, oppure in condizioni tali da riportare alla superficie terreno zoloso e umido, soprattutto in prossimità della semina del cereale (Covarelli, 1989).

Per il contenimento di piante rizomatose o stolonifere, ad esempio *Elymus repens*, *Convolvulus arvensis*, *Equisetum* spp., *Cynodon dactylon*, *Sorghum halepense* e *Pteridium aquilinum*, più lavorazioni consecutive tendono a devitalizzare progressivamente gli organi propagativi, ricchi di sostanze di riserva (Horowitz, 1972; Timmons e Bruns, 1951; Boyall et al., 1981), ma l'eliminazione di queste specie con le sole lavorazioni richiederebbe tanti interventi da essere praticamente improponibile. Un indebolimento degli organi perennanti può comunque essere vantaggioso per una lotta chimica più efficace (tabella 16); a tal fine sono importanti l'epoca, la profondità e la frequenza delle lavorazioni, nonché il tipo di attrezzo impiegato (Mukula, 1963; Håkansson, 1977 e 1982; Leakey, 1981; Cloutier e Watson, 1985).

Tabella 16. Effetto di coltivazioni autunnali e diserbi sull'infestazione di *Elymus repens* in una monosuccessione di orzo primaverile (da Cussans e Ayres, 1977)

Aratura in dicembre	<i>Elymus repens</i> (culmi.m ⁻²)				
	1969	1970	1971	1972	1973
Trattamenti autunnali:					
Erpicazione rotativa	85,3	47,0	5,7	0,8	0,2
Estirpatura ripetuta	106,1	43,2	9,3	2,5	0,7
Erpicazione + estirpatura	102,2	39,1	3,1	1,7	1,3
Estirpatura + paraquat	94,5	60,9	10,0	0,7	0,4
Estirpatura + TCA	104,3	25,8	5,1	1,1	0,6
Paraquat ripetuto	70,6	119,9	23,7	9,2	2,4
Paraquat + TCA	125,1	29,2	24,7	7,8	6,1

Con le fresature si causa un'intensa frammentazione dei rizomi (Fail, 1956; Kouwenhoven, 1982; Milojevic e Bozic, 1982), che comporta l'interruzione della dominanza apicale e una conseguente stimolazione del germogliamento

(Chancellor, 1974; Giardini et al., 1978; Catizone e Baldoni, 1983, Baldoni, 1986). Se ciò può essere utile in presenza di erbicidi efficaci, questi interventi possono causare un aggravio delle infestazioni qualora non si riesca ad eliminare prontamente, con trattamenti chimici o con successive lavorazioni, le plantule emerse (McWorther e Hartwig, 1965; Håkansson, 1977; Giardini et al., 1978,). Negli ambienti italiani i migliori interventi meccanici contro le specie perenni appaiono le estirpature estive o invernali, che non frammentano eccessivamente gli organi propagativi, ma ne favoriscono la devitalizzazione, portandoli alla superficie del terreno in condizioni sfavorevoli alla sopravvivenza.

2.4 Lavorazioni consecutive

L'interesse per il contenimento delle infestanti ad opera di lavorazioni che si eseguono dopo l'emergenza della coltura è principalmente rappresentato dalle sarchiature meccaniche, che si possono eseguire solo nelle coltivazioni a file ben spaziate (almeno 40-50 cm). Oggi però, nell'ottica di una riduzione dell'impiego di diserbanti, si sta ravvivando una certa attenzione sulla possibilità di interventi meccanici per il controllo delle infestanti anche nei cereali autunno-vernini. L'esecuzione del diserbo meccanico nel frumento pone però dei problemi applicativi nella ricerca di un compromesso tra efficacia erbicida ed effetti sulla pianta coltivata e nell'individuazione delle condizioni agronomiche e floristiche in cui tale tecnica può essere praticata.

A tale proposito sono state condotte alcune prove sperimentali in Italia Centrale, i cui risultati sono riportati ed illustrati da Covarelli e Bonciarelli (1991) proprio in occasione di questo convegno e sulla base dei quali verranno fatte alcune considerazioni su tale sistema di lotta.

2.4.1 Attrezzi

Le sperimentazioni eseguite hanno messo in luce la possibilità d'impiego dei seguenti attrezzi per il diserbo meccanico:

- Erpice strigliatore

E' un tipo di erpice snodato in cui gli elementi lavoranti sono sottili denti in acciaio collegati in maniera flessibile tra loro. La profondità di lavorazione è di circa 5-8 cm.

- Erpice a maglia tipo "Howard"

E' anch'esso un tipo di erpice snodato in cui gli elementi sono dei tridenti collegati da anelli di ferro. Le punte dei tridenti sono taglienti da un lato e smussate dall'altro in modo da avere un'efficacia di lavoro diversa, a seconda di quale lato è a contatto del terreno. Anche in questo caso la profondità di lavoro è limitata a pochi centimetri.

- Rullo "cultipacker"

E' un rullo formato da due alberi paralleli posti in serie: quello anteriore porta dei dischi con denti incrociati per un efficace sminuzzamento delle zolle, quello posteriore porta dischi leggermente dentati per un leggero costipamento del terreno. La geometria dei dischi del rullo posteriore è tale da evitare la formazione di crosta sul terreno. Ciascun elemento con doppio rullo può essere utilizzato singolarmente, affiancato ad un altro o nella disposizione a triciclo.

2.4.2 Epoca di esecuzione degli interventi

L'epoca più idonea per l'esecuzione degli interventi meccanici dovrebbe essere quella che assicura il minor "disturbo" per la coltura e la massima efficacia erbicida verso le malerbe. Tale epoca sembra essere la fase di accostamento del cereale che dovrebbe coincidere con i primi stadi di sviluppo delle infestanti (graminacee a 1-3 foglie e dicotiledoni con rosette svernanti di 2-4 cm di diametro).

Un altro aspetto importante per la scelta del momento più opportuno d'intervento riguarda le condizioni di umidità del terreno che negli strati superficiali, interessati dagli organi lavoranti, deve essere ben asciutto. Questo fattore sembra condizionare soprattutto l'azione del rullo "cultipacker" che anche con terreno leggermente umido diviene poco consigliabile impiegare.

2.4.3 Efficacia erbicida

Gli interventi meccanici effettuati con l'erpice strigliatore e con l'erpice a maglia hanno presentato (Covarelli e Bonciarelli, l.c.) un'efficacia erbicida di circa il 40%, ma con notevoli differenze in funzione delle specie infestanti. Infatti le graminacee sono state controllate per il 5-10%, mentre il papavero, l'unica dicotiledone presente in quantità medio-elevate, è stato eliminato per il 75% circa dall'erpice strigliatore e per il 60% dall'erpice a maglia.

Questa diversa capacità di eliminazione delle malerbe può essere spiegata considerando che il papavero presenta una germinazione molto superficiale, un apparato radicale inizialmente non profondo ed espanso e una rosetta svernante facilmente intercettata dagli organi lavoranti. Le graminacee, invece, presentano fin dai primi stadi di sviluppo plantule con apparati radicali che offrono un buon ancoraggio al terreno e hanno un portamento "filiforme" che permette loro di meglio "sfuggire" ai "disturbi" degli erpici.

D'altronde, la somiglianza con la coltura, per crescita e sviluppo, non permette di effettuare interventi meccanici più energici per eliminarle. Inoltre, nel caso dell'avena selvatica, che può emergere da semi posti a profondità relativamente elevate (10-15 cm), l'azione meccanica sul terreno sembra addirittura creare condizioni più favorevoli alla germinazione, all'emergenza e alla crescita delle plantule.

Una possibilità di aumentare l'efficacia verso le graminacee (e anche verso le dicotiledoni) può essere quella di eseguire un secondo passaggio di erpice in senso contrario al primo.

Il rullo "cultipacker", sperimentato solo in alcune situazioni, è risultato, rispetto agli erpici, leggermente più efficace verso le graminacee ma inferiore verso il papavero.

Considerando perciò l'efficacia erbicida incompleta e differenziata in funzione delle specie presenti, il diserbo meccanico appare praticabile, con qualche probabilità di successo, soprattutto con infestazioni costituite da specie a germinazione superficiale, ad emergenza precoce e non molto scalare e con presenza quasi esclusiva di dicotiledoni. L'azione del diserbo meccanico, comunque, risulta sempre nettamente inferiore a quella del mezzo chimico.

2.4.4 Effetti sulla coltura

Gli interventi meccanici possono provocare l'estirpazione di una certa quantità di piante della coltura in quanto la loro azione difficilmente riesce ad interessare solo l'interfila delle piante coltivate. Nel complesso, però, la loro azione di "disturbo" non è troppo grave: infatti, il numero di spighe per metro quadrato ha evidenziato diminuzioni trascurabili rispetto al diserbo chimico e al testimone inerbito.

La limitata efficacia erbicida e la non perfetta "selettività" fanno sì che gli interventi meccanici non possono assicurare incrementi produttivi rispetto alla coltura inerbita salvo casi particolarmente favorevoli per intensità e tipo di

infestazione (forte infestazione di dicotiledoni tipo papavero).

Gli eventuali guadagni produttivi sono, comunque, molto lontani da quelli registrati con il diserbo chimico.

2.4.5 Prospettive e strategie

Per ovviare, o meglio, per compensare i danni che i passaggi meccanici determinano sul cereale si potrebbe pensare di aumentare la quantità di seme impiegato; ciò avrebbe anche il vantaggio di accrescere la capacità competitiva della coltura verso le erbe infestanti.

Inoltre anche la scelta delle cultivar, in funzione soprattutto della capacità di accostamento e del portamento fogliare, potrebbe "integrare" l'azione erbicida dei mezzi meccanici. Taluni propongono anche una diversa modalità di semina: per esempio a file binate o a file spaziate, così da intervenire con sarchiatrici a larghezza di lavoro molto piccola fra le file o fra le bine. Fra gli attrezzi che nel futuro possono essere sperimentati sembrano interessanti anche i rulli rompicrosta che presentano degli elementi dentati studiati appositamente per un trattamento energico del terreno fra le file e delicato sulla coltura ben insediata e sviluppata.

E' comunque evidente che l'impiego del diserbo meccanico dei cereali va inquadrato in una strategia generale di lotta "integrata", in cui l'adozione di razionali rotazioni è il perno centrale delle scelte agronomiche: pensare che gli interventi meccanici siano un'alternativa al mezzo chimico in ogni situazione appare, oltre che utopistico, piuttosto rischioso dal punto di vista tecnico-produttivo.

3. Innovazione chimica

Nell'ambito del diserbo chimico si sta assistendo ad un complesso processo di trasformazione e innovazione tecnologica che ha come obiettivi prioritari la riduzione delle dosi d'impiego dei diserbanti e una maggiore salvaguardia dell'ambiente e dell'operatore agricolo, correlati alla ricerca di un'ottimizzazione dell'efficacia erbicida dei prodotti disponibili.

E' importante rilevare che questo processo innovativo consiste non solo nell'introduzione sul mercato di nuovi prodotti, ma anche nello sviluppo e nel miglioramento di tecnologie già esistenti, al fine di costituire un sistema integrato di innovazioni le cui prestazioni, da un punto di vista qualitativo, vengono esaltate dall'apporto di ognuna. In particolare, le principali innovazioni nel settore del diserbo chimico del frumento sono rappresentate:

- dall'immissione sul mercato di nuovi erbicidi;
- dal miglioramento tecnologico dei formulati commerciali;
- da un più diffuso e razionale impiego di additivi e coadiuvanti;
- dall'impiego, ove possibile, degli isomeri otticamente attivi;
- dall'utilizzazione di antidoti per migliorare la selettività di alcuni erbicidi.

3.1. Nuovi erbicidi.

Nonostante i costi di sviluppo di nuovi prodotti siano aumentati negli ultimi anni, soprattutto per effetto dei maggiori costi richiesti dal dossier di registrazione, l'impegno dell'industria agrochimica nella messa a punto di nuove molecole ad attività erbicida, nel settore del diserbo del frumento, è ancora elevato. Tale sforzo é tuttavia motivato da considerazioni di carattere economico, agronomico e ambientale.

Innanzitutto bisogna considerare che nella ripartizione per colture delle vendite dei diserbanti il frumento rappresenta, per fatturato, il 4° mercato al mondo e il 1° in Italia (Catizone, 1991). Ciò, pertanto, lascia intravedere la possibilità che esista ancora un buon margine di profitto per l'industria allorchè si propongano nuove molecole dotate di buona efficacia e con un favorevole profilo tossicologico e ambientale.

La motivazione agronomica, invece, é legata alla necessità, avvertita negli

-95-

ultimi anni, di disporre di erbicidi efficaci nei confronti di malerbe difficilmente contenibili con i diserbanti attualmente commercializzati: è questo il caso, ad esempio, delle sempre più diffuse infestazioni di *Galium aparine*, *Viola arvensis* e *Veronica* spp., poco sensibili alla maggior parte dei diserbanti oggi in commercio. Nel settore dei graminicidi, inoltre, si avverte la necessità di dover integrare la loro azione con altri prodotti dotati di diverso spettro d'azione e di attività differenziata in relazione allo stadio di sviluppo delle infestanti.

Le pressanti esigenze di carattere ambientale, infine, hanno focalizzato l'interesse dell'industria agrochimica nella messa a punto di prodotti efficaci a bassi dosaggi, poco tossici per l'uomo e l'animale, a rapida degradabilità e contenuta mobilità nel sistema atmosfera-terreno-acqua.

Sulla spinta di queste motivazioni, nell'ultimo decennio sono stati scoperti e successivamente sviluppati una trentina di diserbanti selettivi per il frumento (Hopkins, 1989). In questa sede ci limiteremo ad analizzare principalmente i prodotti già commercializzati all'estero (tabella 17), per la maggior parte in corso di registrazione anche in Italia. Non è tuttavia da escludere che alcuni possano essere autorizzati entro la fine di quest'anno, andando ad aggiungersi ai più di 30 diversi principi attivi attualmente registrati per l'impiego su frumento (Catizone, 1991). Raggruppando le nuove molecole per famiglia o classe chimica di appartenenza, distinguiamo:

a) Solfoniluree.

Alla famiglia chimica delle solfoniluree appartengono 6 prodotti selettivi per il frumento. E' sorprendente notare come questa classe di erbicidi si sia rapidamente sviluppata negli ultimi anni: nel 1982 il solo chlorsulfuron, capostipite della famiglia, era posto in commercio in alcuni paesi, mentre, al momento attuale, ben 16 solfoniluree sono commercializzate e altre 5 sono sperimentate per l'uso su diverse colture, quali cereali autunno-vernini, riso, mais, colza, cotone e soia, e per l'impiego in aree non agricole. Questo rapido sviluppo è da ascrivere, in modo particolare, alle loro proprietà di essere attivi a dosi di pochi grammi per ettaro e di possedere un meccanismo d'azione specifico su un enzima, l'acetolattato sintetasi (ALS), presente nelle piante ma non nell'uomo (Matsunaka et al., 1985). Tali proprietà, pertanto, le rendono affidabili dal punto di vista tossicologico ed ambientale.

Per quanto riguarda, più in dettaglio, le solfoniluree indicate per il diserbo

Tabella 17 - Diserbanti del frumento commercializzati in altri paesi. - 96 -

Nome comune	Dose d'impiego (g/ha)	Epoca d'impiego
SOLFONILUREE		
metsulfuron	4 - 6	post-em.
tribenuron	20 - 25	post-em.
triasulfuron	15	post-em.
amidosulfuron	30 - 40	post-em.
thifensulfuron*	60	post-em.
DIFENILETERI		
bifenox	200-1000	pre- e post-em.
fluoroglyphofen	30 - 40	post-em.
BENZAMMIDI		
isoxaben	50 - 200	pre-em. post-em. precoce
FENOSSINICOTILANILIDI		
diflufenican	40 - 120	pre-em. post-em. precoce
TIOCARBAMMATI		
prosulfocarb	3000-4000	pre-em. post em. precoce
ACIDI ARILCARBOSSILICI		
fluroxypir	300 - 500	post-em.
ARILOSSIFENOSSI PROPIONATI		
fenoxaprop*	120-180	post-em.
isoxapyrifop	60 - 90	post-em.
CGA 184297**	40 - 80	post-em.
CICLOESENONI		
tralkoxydim	170-250	post-em.
ALTRI		
SN 106279**	100-200	post-em.
S 23121**	10 - 20	pre- e post-em.

* Commercializzato anche in Italia, ma non registrato per l'impiego su frumento.

** Prodotti non ancora in commercio, siglati dal numero di codice.

del grano, il **chlorsulfuron**, impiegato in pre-emergenza o ⁹⁷post-emergenza precoce alla dose di 10-15 g/ha, è sul mercato italiano dal 1986. E' dotato di una lunga persistenza d'azione e il suo impiego è limitato da restrizioni, chiaramente espresse in etichetta, onde evitare i rischi di attività residuale su colture in successione, che in alcuni ambienti pedoclimatici italiani sono risultati elevati (Vicari, 1989). Come quasi tutte le solfoniluree, è caratterizzato da un'elevata capacità a muoversi lungo il profilo del terreno (Walker e Welch, 1989; Vicari et al., 1991), poichè debolmente adsorbito sui colloidi del terreno (Mersie e Foy, 1985, 1986). Il **metsulfuron** presenta parametri ambientali molto simili al chlorsulfuron, sia per caratteristiche di persistenza che di mobilità (Anderson, 1985; Smith, 1986). Tuttavia, se si considera che l'attività biologica sulle specie sensibili si manifesta alle stesse dosi del chlorsulfuron (Roberts e Bond, 1981, 1983), i rischi di tossicità residua sono minori, poichè è impiegato a dosi tecniche più basse (4 - 6 g/ha). Gli effetti residuali, inoltre, sono ridotti in quanto ne è consigliato l'impiego in post-emergenza, epoca alla quale corrisponde, in genere, una più rapida degradazione del principio attivo perché una cospicua frazione dell'erbicida viene intercettata e assorbita dalla vegetazione, oltre che per effetto delle più favorevoli condizioni climatiche (temperatura, umidità del terreno) e per la maggiore attività dei microorganismi (Duffy et al., 1987; Nicholls et al., 1987). Il **triasulfuron** è un'altra solfonilurea ad attività residuale, con tempi di dimezzamento nel terreno compresi tra 15 e 30 giorni (Amrein e Gerber, 1985; Iwanzick e Amrein, 1988). Gli studi di Walker e Welch (1989) hanno rilevato una mobilità leggermente inferiore rispetto al chlorsulfuron e al metsulfuron. E' anch'esso consigliato per applicazioni in post-emergenza, per contenere i rischi di tossicità residua.

A differenza dei prodotti sopra menzionati, dotati di attività residuale, il **tribenuron** e il **thifensulfuron** sono caratterizzati da una scarsissima attività residuale. I tempi di dimezzamento del tribenuron variano tra i 5 e i 10 giorni (Beyer et al., 1987), quelli del thifensulfuron, ancora minori, tra 1 e 3 giorni (Smith et al., 1990). Il thifensulfuron è già commercializzato in Italia, ma registrato, almeno per ora, esclusivamente per l'impiego sul mais. Infine, l'**amidosulfuron**, nome comune non ancora approvato dall'I.S.O. ("International Organization for Standardization"), é una solfonilurea commercializzata da quest'anno in Francia (Gahier, 1991). Applicato in post-emergenza, risulta particolarmente attivo verso il *Galium aparine* ed altre infestanti dicotiledoni.

Per quanto riguarda le caratteristiche di persistenza, si viene a collocare in una posizione intermedia rispetto alle altre solfoniluree (Hacker et al., 1990).

b) Imidazolinoni.

A questa famiglia di diserbanti, che agiscono con lo stesso meccanismo d'azione delle solfoniluree (inibizione dell'ALS), appartiene l'imazamethabenz, in commercio in Italia dal 1988. Applicato in post-emergenza alla dose di 450-550 g/ha, é a prevalente attività gramnicida, ma controlla anche alcune infestanti dicotiledoni (Shaner et al., 1982). Presenta una prolungata attività residuale (Allen e Caseley, 1987), con persistenza fino a 10 mesi dal trattamento (Nillsson e Arvidsson, 1989; Fellows et al., 1990).

c) Difenileteri.

Vi appartengono 2 prodotti: il bifenox, commercializzato in Francia e Stati Uniti da più di un decennio, e il più recente fluoroglycofen. Entrambi ad azione di contatto, il bifenox é applicato in pre o post-emergenza per il controllo di infestanti dicotiledoni, mentre il fluoroglycofen, applicato in post-emergenza, é caratterizzato da uno spettro d'azione meno ampio, ma con spiccata attività erbicida su *Galium aparine*, *Viola tricolor* e *Veronica* spp. (Maigrot et al., 1989).

d) Benzammidi.

A questa classe appartiene l' isoxaben, a prevalente azione dicotiledonicida con parziale azione su *Galium aparine* (Huggenberger et al., 1982). Applicato in pre-emergenza, rimane confinato nei primi centimetri del terreno, in quanto fortemente adsorbito (Jamet, 1987). Ha una prolungata persistenza d'azione, e potrebbe creare qualche problema di tossicità residua su colture in successione (Nillsson e Arvidsson, 1989), soprattutto se crucifere (Huggenberger et al., 1982).

e) Fenossinicotilanilidi.

Il diflufenican é un una fenossinicotilanilide che agisce sulle piante sensibili inibendo la sintesi dei carotenoidi (Wightman e Haynes, 1985). Utilizzato in pre-emergenza o post-emergenza precoce, controlla prevalentemente infestanti dicotiledoni, tra le quali *Viola arvensis*, *Veronica* spp. e *Galium aparine* (Cramp et al., 1985). Risulta poco percolabile, in quanto fortemente adsorbito dai colloidi del terreno, ed é caratterizzato da una persistenza piuttosto elevata. In particolare, Nillsson e Arvidsson (1989) hanno osservato presenza di residui biologicamente attivi fino a 11 mesi dopo un trattamento in pre-emergenza. Gli studi di Rouchad et al. (1991) hanno tuttavia evidenziato che la persistenza del prodotto é notevolmente più bassa se il

prodotto viene applicato in post-emergenza precoce.

f) Carbammati.

Il **prosulfocarb** è un tiocarbammato che può essere applicato sia in pre- che in post-emergenza precoce del frumento. Risulta attivo verso una vasta gamma di malerbe graminacee e dicotiledoni, con particolare attività nei confronti di *Galium aparine* (Glasgow et al., 1987). E' praticamente immobile nel terreno, mentre per quanto riguarda la cinetica degradativa non sono ancora disponibili sufficienti informazioni.

g) Acidi arilcarbossilici.

Vi appartiene il **fluroxypir**, diserbante indicato per il controllo in post-emergenza delle più comuni infestanti dicotiledoni, compreso il *G. aparine*. Lehmann et al. (1990) hanno evidenziato, in laboratorio, tempi di dimezzamento piuttosto bassi, compresi tra 7 e 23 giorni. In prove di pieno campo, la persistenza del prodotto é risultata breve (West, 1989).

h) Arilossifenossi propionati e cicloesenoni.

A queste due classi chimiche appartengono alcuni importanti diserbanti caratterizzati da una spiccata attività gramnicida. Distribuiti in post-emergenza, agiscono per via sistemica, mediante l'inibizione della sintesi degli acidi grassi, interferendo l'azione dell'enzima acetil-CoA carbossilasi, catalizzatore della lipogenesi (Rendina e Felts, 1988; Secor e Cseke, 1988). Il **fenoxaprop**, recentemente autorizzato in Italia per il diserbo selettivo delle principali colture dicotiledoni, in altri paesi è impiegato sul frumento grazie all'associazione del prodotto con un antidoto, il fenchlorazole, che migliora la selettività del principio attivo nei confronti del grano e dell'orzo (Bieringer et al., 1989). Come gli altri diserbanti appartenenti a queste classi di erbicidi, è caratterizzato da un elevato adsorbimento, che limita la sua mobilità verticale (Toole e Crosby, 1989), e da tempi di dimezzamento molto bassi, compresi tra 1 e 5 giorni (Rahman et al., 1985; Assahauer et al., 1990). L'**isoxapyrifop** ha uno spettro d'azione simile al fenoxaprop (Ohyama et al., 1989), mentre il **CGA 184927**, ancora in fase di sperimentazione, fornisce un adeguato controllo delle graminacee infestanti il frumento in virtù della sua combinazione con l'antidoto CGA 185072, che garantisce una buona selettività del prodotto sul cereale (Amrein et al., 1989). Per questi ultimi due diserbanti non sono ancora disponibili sufficienti informazioni sulle principali caratteristiche ambientali, sebbene non dovrebbero differire di molto dagli altri composti arilossifenossi propionati. Il **tralkoxydim**, infine, è un

cicloesenone con caratteristiche non dissimili dai prodotti sopra menzionati, e, pertanto, a rapida degradazione nel terreno ed elevato adsorbimento (Warner et al., 1987).

i) Altre classi.

Un'ultima annotazione riguarda due prodotti, non ancora in commercio, ma in fase di avanzata sperimentazione, i cui numeri di codice sono **S-23121** e **SN-106279**. Il primo è un dicotiledonica di pre- e post-emergenza, anch'esso attivo verso *Galium aparine* e le altre infestanti poco sensibili ai derivati dell'urea (Hamada et al., 1989); il secondo, con uno spettro d'azione piuttosto simile, è indicato preferibilmente per trattamenti in post-emergenza (Arndt et al., 1989).

Nel complesso, volendo dare una valutazione critica ai prodotti che stanno per essere immessi sul mercato, bisogna rilevare che essi non devono essere considerati come prodotti sostitutivi dei prodotti già esistenti, bensì integrativi: amplieranno le possibilità d'intervento, soprattutto in post-emergenza, ma devono essere necessariamente utilizzati in rotazione e in miscela con gli altri erbicidi. Infatti, alcune delle famiglie alle quali questi prodotti innovativi appartengono, quali solfoniluree, imidazolinoni, difenileteri, arilossifenossi propionati e cicloesenoni, presentano un meccanismo di azione che si esplica a livello di siti altamente specifici: ciò, come ampiamente trattato nel capitolo successivo, aumenta la pressione di selezione e, di conseguenza, favorisce la possibilità d'insorgenza di fenomeni di resistenza in popolazioni di infestanti originariamente sensibili. Alcuni di questi prodotti, inoltre, presentano un'attività residuale prolungata nel tempo, un'elevatissima attività biologica sulle specie sensibili, e, soprattutto, vi sono erbicidi con uguale modo di azione che possono venire utilizzati sulle colture che seguono in rotazione il frumento, tutti fattori che rendono l'intensità della pressione selettiva molto più forte (Jauzein, 1989a, 1989b). Così, ad esempio, negli Stati Uniti e in Canada sono stati riscontrati genotipi di *Kochia scoparia*, *Lactuca serriola*, *Salsola iberica* e *Stellaria media* resistenti alle solfoniluree e, per effetto della resistenza incrociata, agli imidazolinoni, dopo soli 4 anni di trattamenti ripetuti di chlorsulfuron sul frumento (Reed et al., 1989, Mallory-Smith et al., 1990; Primiani et al., 1990); tra gli arilossifenossi propionati, il diclofop ha mostrato di essere tollerato da alcuni genotipi di *Lolium rigidum* e *Avena fatua*

(Heap e Knight, 1982, 1986; Powles e Howat, 1990); tra le feniloxifene, si sono evidenziati fenomeni di resistenza di *Alopecurus myosuroides* al chlorotoluron (Moss e Orson, 1988; Clarke e Moss, 1989) e, tra gli ormonici, di alcune dicotiledoni resistenti a 2,4-D e MCPA (Bourdot et al., 1989).

Ulteriori approfondimenti sull'estensione di tale fenomenologia, con particolare riferimento all'insorgenza di resistenze incrociate e multiple, possono essere desunti dall'esaurienti rassegne di Le Baron e Gressel (1982) e di Putwain e Mortimer (1989). Quello che invece in questa sede è importante sottolineare, è che l'obiettivo di una riduzione e di un rallentamento della comparsa dei fenomeni di resistenza può essere raggiunto solo attraverso l'impiego in rotazione di erbicidi a diversa modalità d'azione, con l'utilizzazione di miscele di diserbanti, e con la ricerca di nuove molecole che presentino siti d'azione multipli (Ritter, 1991). Ciò giustifica, pertanto, la tendenza in atto da parte delle industrie agrochimiche nel migliorare tecnologicamente anche i prodotti da più anni in commercio e il cui impiego rimarrà ancora per molto tempo una via obbligata da seguire se si vorrà mantenere una flora infestante equilibrata.

3.2. Miglioramento tecnologico dei formulati commerciali.

Nel settore della tecnologia della formulazione si sta assistendo ad un progressivo miglioramento e rinnovamento dei formulati commerciali.

Per quanto riguarda lo stato fisico dei preparati commerciali, tuttora le formulazioni più comuni sono sotto forma di polveri bagnabili o solubili e di concentrati emulsionabili o solubili (Fontana, 1991), in quanto rappresentano la soluzione più economica e tecnologicamente meno complessa per l'industria chimica. Tuttavia le polveri, per facilità di inalazione ed esposizione da parte dell'operatore, e i concentrati emulsionabili, che comportano un maggiore rischio di assorbimento dermale ed hanno, inoltre, lo svantaggio di contenere un'elevata percentuale di solventi organici, sono attualmente osteggiate dalle autorità preposte alla registrazione dei fitofarmaci (Seaman, 1990). Per questi motivi, la tendenza in atto è quella di sostituirli con formulati sotto forma di sospensioni concentrate ("Flowable Concentrate") e di granuli idrodispersibili ("Dry Flowable"), in quanto garantiscono una maggiore sicurezza per l'operatore e per l'ambiente. In particolare, le sospensioni concentrate contengono meno solventi organici, mentre le formulazioni granulari, ancora più sicure, non

contengono solventi e riducono l'esposizione da parte dell'operatore, perché il principio attivo è disperso in materiale inerte. La produzione di questi formulati richiede, tuttavia, un maggior costo e una tecnologia più avanzata, soprattutto per quanto riguarda l'ottenimento dei granuli (Bell, 1989), fattori che ne frenano una più rapida diffusione. Negli Stati Uniti ed in Francia, comunque, sono già in commercio formulazioni in granuli idrodisperdibili di linuron, trifluralin, cyanazine e isoproturon oltre che delle solfoniluree e del methabenzthiazuron, commercializzati anche in Italia sotto tale forma.

L'industria chimica sta attivamente lavorando anche nel settore della tecnica formulatoria di base, soprattutto nel campo dell'incapsulazione dei diserbanti (Trimnell e Shasha, 1988; Wing et al., 1988; Issa et al., 1990). Applicazioni pratiche sono rappresentate dall'inglobamento del principio attivo in sistemi polimerici per la produzione di microcapsule, che permettono un rilascio graduale della sostanza attiva (Kurtz e Hasset, 1988). I vantaggi delle formulazioni microincapsulate sono rappresentati dalla possibilità di limitare la mobilità del principio attivo (Petersen e Shea, 1989; Patruno et al., 1990) e di garantire una costante e controllata persistenza d'azione, associata ad un maggiore sicurezza per l'operatore, poichè la sostanza attiva è meno disponibile per il contatto diretto con chi manipola il formulato (Videau, 1990). A loro scapito va segnalato il manifestarsi, talora, di una più limitata attività erbicida, in quanto il principio attivo non risulta interamente disponibile per esplicare la sua azione (Petersen et al., 1988; Wilson et al., 1988; Johnson et al., 1989). Sebbene in altre colture alcuni prodotti siano già in commercio in formulati microincapsulati, sotto forma di granuli disperdibili o, più comunemente, di concentrati, nel settore dei diserbanti del frumento si è ancora a livello di avanzata sperimentazione.

Un cenno a parte merita anche lo sviluppo dei preparati commerciali costituiti dalla miscela di due o più principi attivi, che presentano il vantaggio di ridurre i costi e di poter completare lo spettro d'azione sulle infestanti con un solo prodotto. A questo proposito, è importante sottolineare che il mercato italiano presenta ancora un'insufficiente offerta di preparati commerciali a più componenti (Bassi et al., 1988), sebbene negli ultimi anni si stia assistendo ad un netto incremento della loro produzione da parte delle industrie agrochimiche. Inoltre, la tendenza ad un loro più diffuso impiego sarà sicuramente più accentuata, a breve termine, in considerazione del fatto che la maggior parte dei

nuovi prodotti di prossima commercializzazione presentano ¹⁰³ una gamma d'azione strettamente specifica, che richiede necessariamente l'impiego di più prodotti per ottenere un completo controllo delle infestanti e per prevenire l'insorgenza di resistenze, come accennato precedentemente. Nel settore delle miscele, inoltre, sono state recentemente presentate delle formulazioni, sotto forma di suspoemulsioni, che permettono la miscela di 4 diversi prodotti biologicamente attivi (Mulqueen et al., 1990): a media scadenza, non é da escludere una loro rapida diffusione.

Un'ultima annotazione riguarda, infine, il confezionamento dei preparati commerciali: il rinnovamento in questo settore si è dimostrato indispensabile per limitare i problemi di manipolazione e di smaltimento dei contenitori. Negli Stati Uniti ed in Francia, ad esempio, il triasulfuron è in commercio in sacchetti idrosolubili, pre-misurati, mentre in Italia lo è il methabenzthiazuron; in alcuni paesi, ancora, molti diserbanti sono venduti in contenitori riciclabili. Attualmente, il fenoxaprop è venduto, anche in Italia, in un contenitore di materiale plastico, il Coex, che presenta il vantaggio di essere bruciato, una volta utilizzato, senza rischio di problemi tossicologici.

3.3. Impiego di additivi e coadiuvanti.

Agli additivi e ai coadiuvanti appartengono sostanze surfattanti (dette anche tensioattive), come oli vegetali e minerali, bagnanti ionici e non ionici, capaci di aumentare l'efficacia dell'erbicida; agenti di compatibilità, che permettono la miscibilità di prodotti altrimenti non compatibili, evitando inoltre stratificazioni nel serbatoio dell'irroratrice; antischiama e deschiumanti; sospensivanti, impiegati per evitare la deposizione del diserbante sul fondo del serbatoio; adesivanti, capaci di far aderire per più tempo il prodotto sulla vegetazione irrorata attraverso la formazione di un sottile film protettivo; tamponi, atti a mantenere il pH della soluzione erbicida a valori ottimali; antideriva, in grado di stabilizzare la soluzione erbicida in modo tale che l'irrorato sia costituito da gocce più grosse, meno soggette ai fenomeni di deriva.

Sebbene queste sostanze siano conosciute e sperimentate da più di 30 anni (Staniforth e Loomis, 1949; Jansen et al., 1961; Szabo e Bucholtz, 1961; Temple e Hilton, 1963) e molte siano già inserite, come coformulanti, nei preparati commerciali dei diserbanti, esse rappresentano, ancora oggi, uno degli strumenti

più sottovalutati nella pratica del diserbo chimico. Solamente negli ultimi anni è stata dedicata una maggiore attenzione agli additivi, soprattutto ai surfattanti, in considerazione del fatto che un loro razionale impiego, oltre ad aumentare l'efficacia erbicida ed ampliare lo spettro d'azione sulle infestanti, può portare ad una consistente riduzione delle dosi dei diserbanti ad applicazione fogliare. Inoltre, un più diffuso impiego è da attendersi perchè la maggior parte dei prodotti formulati sotto forma di granuli disperdibili e quelli utilizzati a basse dosi, quali solfoniluree, imidazolinoni, arilossifenossi propionati e cicloesenoni, richiedono, in genere, l'impiego di surfattanti non ionici per aumentare la penetrazione e, di conseguenza, l'efficacia del prodotto (Stevens et al., 1988).

Anche nell'ambito dei diserbanti del frumento, molte ricerche hanno indagato sugli effetti sinergici dei surfattanti (Gillespie e Nalewaja, 1989; Wanamarta et al., 1989; Schott et al., 1990). Dall'esame della letteratura corrente, emerge chiaramente come l'impiego di surfattanti possa portare ad una sostanziale riduzione della dose d'impiego del fenoxaprop (Decoin, 1991) ed aumentare l'efficacia erbicida di methabenzthiazuron, metoxuron e isoproturon (Varsheney e Singh, 1990), del diclofop (Ayres, 1987; Bouchet e Beaufreton, 1988), del bentazone (Wanamarta et al., 1989), dell'imazamethabenz (Shaner et al., 1982; Brewster e Appleby, 1990), di alcuni ormonici (Turner e Loader, 1975; Petersen et al., 1985) e delle solfoniluree (Nalewaja e Woznica, 1985; Fielding e Stoller, 1990).

Un altro vantaggio derivante dall'impiego di additivi è rappresentato dalla capacità di alcuni bagnanti di garantire un aumento della resistenza del diserbante all'effetto dilavante di piogge che si verificano poche ore di distanza dal trattamento, come riscontrato con l'impiego di surfattanti non ionici in miscela con le solfoniluree (Kudsk et al., 1988, 1989 e 1990; Zaho et al., 1990) e con il bentazone (Roggenbuck et al., 1990). Molto interessanti, per il basso costo e la facile disponibilità, sono, inoltre, le applicazioni come additivi di urea, nitrato ammonico e solfato d'ammonio, che hanno evidenziato un positivo effetto sinergico su alcuni dei diserbanti ad applicazione fogliare del frumento, quali dichlorprop (Turner e Loader, 1984), bentazone (Kappatschek et al., 1986) e thifensulfuron (Fielding e Stoller, 1990).

L'esatto meccanismo attraverso il quale gli additivi aumentano l'assorbimento fogliare e l'attività erbicida sono ancora poco conosciuti (Holloway et al., 1989), e ciò ha favorito un approccio di tipo empirico alla problematica dell'impiego dei surfattanti nel diserbo chimico. Di conseguenza,

essendo moltissime le sostanze che possono essere usate come ⁻¹⁰⁵additivi, molte volte esse vengono utilizzate senza conoscere esattamente il risultato finale, con il rischio di incorrere in fenomeni di fitotossicità sulla coltura. Una possibile soluzione a questo problema è rappresentata dalla commercializzazione del diserbante già in miscela con il surfattante più adatto, come del resto avviene in altri paesi.

3.4. Impiego degli isomeri otticamente attivi.

La maggior parte dei diserbanti è attualmente commercializzata nella forma racemica, costituita dalla miscela, in eguale quantità, degli isomeri dello stesso principio attivo. Tuttavia, è anche noto che gli enantiomeri (o isomeri ottici) presentano frequentemente attività biologica differenziata nelle due strutture speculari. Nel settore degli erbicidi del frumento, in particolare, è stato evidenziato che il (D)-enantiomero di mecoprop, dichlorprop, diclofop, flamprop e fenoxaprop presenta attività erbicida, mentre l'altro enantiomero risulta biologicamente inattivo (Aberg, 1980; Nestler e Bieringer, 1980; Huff et al., 1989a). Tale proprietà può quindi essere sfruttata per dimezzare la quantità di principio attivo distribuito sulle colture: attualmente sono in commercio, in alcuni paesi, gli isomeri attivi di dichlorprop, mecoprop e fenoxaprop, utilizzati a dosi dimezzate rispetto agli stessi prodotti in forma racemica, mantenendo inalterata l'efficacia erbicida.

L'introduzione sul mercato degli enantiomeri attivi rappresenta un'importante innovazione: oltre alla riduzione delle dosi, si elimina inoltre la possibilità che gli enantiomeri inattivi abbiano caratteristiche tossicologiche diverse e indesiderate, come rilevato nell'insetticida fenvalerate (Ariens et al., 1988), oppure che siano soggetti a percorsi metabolici all'interno della pianta diversi rispetto all'isomero attivo, con possibili problemi di residui nei prodotti (Chaloner, 1989).

Nonostante i maggiori costi per l'industria, derivanti dalla complessa tecnologia necessaria per la separazione degli enantiomeri (Cartwright, 1989), lo sviluppo degli isomeri ottici risulta fondamentale se si vuole fattivamente rispondere alle esigenze di una riduzione dell'impatto ambientale degli erbicidi.

Un altro settore in fase di sviluppo è quello degli antidoti, sostanze che, applicate direttamente al terreno o con trattamenti al seme della coltura, sono in grado di migliorare la selettività di alcuni principi attivi nei confronti delle piante coltivate. L'introduzione sul mercato degli antidoti è stata un'importante innovazione tecnologica, perchè ha ampliato la gamma d'impiego di alcuni prodotti, specialmente tiocarbammati e cloroacetoanilidi (Parker, 1983). Applicazioni pratiche, in Italia, sono rappresentate dalle miscele di EPTC e butylate con l'antidoto dichlormid, per il diserbo del mais, e del pretilachlor con l'antidoto fenclorim, che aumenta la selettività della acetoanilide nei confronti del riso.

Nonostante i 9 antidoti già commercializzati nel mondo (di cui 2 in Italia) forniscano protezione alle sole colture graminacee, solo recentemente si sono intraprese con più frequenza le ricerche sull'impiego di antidoti per il frumento: il fenoxaprop, fitotossico al grano se utilizzato da solo (Anderson et al., 1989; Kocher et al., 1989), può essere impiegato sul frumento in quanto l'antidoto fenchlorazole assicura una buona selettività del prodotto (Bieringer et al., 1989; Huff et al., 1989b), così come il nuovo graminicida CGA 184927, anch'esso non sufficientemente selettivo (Cornes et al., 1989), è in fase di sperimentazione su frumento in combinazione con un antidoto, siglato CGA 185072, in grado di impedire il manifestarsi di effetti fitotossici (Amrein et al., 1989).

In un prossimo futuro, è possibile che altri prodotti, attualmente non sufficientemente selettivi sul frumento, possano essere utilizzati grazie all'associazione con gli antidoti. In quest'ottica, buone prospettive sono date dagli studi sull'impiego di antidoti per migliorare la selettività di solfoniluree, imidazolinoni, arilossifenossi-propionati e cicloesenoni (Hatzios, 1989).

4. Soglia di infestazione e fenomeni di resistenza: implicazioni gestionali

Il grano è la coltura dove i nuovi orientamenti di gestione delle malerbe basati sul criterio della soglia economica di intervento (SEI) hanno la maggiore possibilità di diffondersi in tempi brevi.

I motivi sono diversi:

- ridotta capacità competitiva della maggior parte delle malerbe che interessano la coltura, per la concomitanza della loro intrinsecamente bassa competitività e del buon potere concorrenziale del cereale. Le SEI sono così più elevate rispetto alle colture estive (Zanin e Sattin, 1988): ciò si traduce in maggiori probabilità di non trattare. Il grano del resto, tra le colture erbacee estensive, è quella che viene percentualmente diserbata di meno (\approx 70-75%) (Catizone, 1991);
- limitata persistenza dei semi di buona parte delle malerbe, in particolare delle graminacee festucoidee;
- elevata disponibilità di erbicidi di post-emergenza con spettro di azione differenziato: ciò rende possibile impostare la lotta con soli interventi sulla vegetazione.

Il ricorso alla SEI comporta tipicamente una gestione delle malerbe più "morbida" e quindi potenzialmente "a rischio" in quanto: 1) le possibilità di recuperare eventuali errori di valutazione o lacune di efficacia dei trattamenti sono minori rispetto alla tecnica tradizionale; 2) si riduce la variabilità dei "disturbi chimici" potenzialmente utilizzabili, aumentando quindi le probabilità di insorgenza di fenomeni di resistenza.

Una migliore conoscenza dei sistemi "coltura-malerbe-tecnica agronomica" e "malerbe-erbicidi" permette però di abbassare il livello di rischio.

La conoscenza dei rapporti competitivi tra coltura e malerbe (DCT, PRAM, SEI) e della dinamica dei semi delle infestanti (produzione di semi, longevità) consente di intervenire in modo ragionato integrando il criterio della SEI in un contesto agronomico capace di "tamponare" i suoi eventuali effetti negativi.

Altrettanto indispensabile è poi conoscere i meccanismi biochimici di azione e di selettività degli erbicidi; la gestione delle molecole nell'ambito del criterio della SEI è infatti particolarmente critica nel grano soprattutto per la ridottissima variabilità dei meccanismi di selettività coinvolti. Lo spazio di manovra, piuttosto ridotto, fa sì che il livello di conoscenza debba essere molto

elevato se si vuole evitare cambiamenti evolutivi della flora¹⁰⁸ e quindi dare continuità e valenza strategica a tale criterio gestionale.

Questi aspetti meritano un approfondimento.

4.1. Basi biochimiche dell'azione e della selettività degli erbicidi del grano.

Il grano può essere attualmente diserbato con erbicidi appartenenti a 10-11 diverse famiglie chimiche (tabella 18); tale coltura è quindi resistente ad un insieme numeroso di molecole che hanno meccanismi di azione estremamente diversificati.

Il sito di azione di s-triazine, uree, benzonitrili e diazine è la proteina D₁, altrimenti chiamata polipeptide 32 Kd, che è parte del secondo accettore di elettroni (QB) a livello del fotosistema II: mentre gli erbicidi delle prime due famiglie si legano alla proteina D₁ nella regione della serina in posizione 264 alla superficie della stessa verso lo stroma quelli delle altre due famiglie si legano sempre alla proteina D₁ ma nella regione dell'istidina in posizione 215 localizzata all'interno della membrana (Van Rensen, 1988).

Il sito di azione delle dinitroaniline è la tubulina, una proteina costituita da 2 sub-unità α e β che polimerizzandosi formano i microtubuli che a loro volta danno origine al fuso acromatico. Tali erbicidi inibendo la polimerizzazione bloccano la formazione del fuso, la mitosi si arresta così in prometafase (Appleby e Valverde, 1989).

Il sito di azione delle solfoniluree e degli imidazolinoni è l'enzima acetolattato sintetasi (ALS), il primo specifico enzima nella via della biosintesi degli aminoacidi a catena ramificata: leucina, isoleucina e valina (Shaner et al., 1984; Ray, 1985).

Altri inibitori enzimatici sono i membri delle famiglie dei cicloesenoni e degli arilossi-fenossipropionati e dei benzoil-N-fenilpropionati: l'enzima bersaglio è in questo caso l'acetil coenzima A carbossilasi (ACCasi) (Secor et al., 1989). Tale enzima gioca un ruolo primario nel produrre il malonil-CoA che serve per la sintesi de novo degli acidi grassi ma anche di altri composti quali flavonoidi, cere cuticolari, antrachinone, acido malonico.

Negli erbicidi auxinici (fenossiderivati, derivati dell'acido benzoico, piridine) il sito primario di azione, nonostante l'uso ormai quarantennale di

Tabella 18 - Sito di azione, meccanismo di selettività e agente della detossificazione in alcuni degli erbicidi utilizzabili sul grano.

Gruppo chimico	Erbicida	Sito azione	Meccanismo di selettività	Agente della detossificazione
s-Triazine Diazine Benzonitrili Uree	terbutryn bentazon bromoxynil chlorotoluron isoproturon methabenzthiazuron	proteina D ₁ proteina D ₁ proteina D ₁ proteina D ₁ proteina D ₁ proteina D ₁	detossificazione detossificazione detossificazione detossificazione detossificazione detossificazione	? mfo-P-450 (1) nitrilasi (2) mfo-P-450 (3) mfo-P-450 (3) mfo-P-450 (3)
Imidazolinoni Solfoniluree	imazamethabenz chlorsulfuron	enzima ALS enzima ALS	detossificazione detossificazione	mfo-P-450 (4) mfo-P-450 (7-8)
Cicloesenoni Ariossifenossipropionati	tralkoxydim diclofop fenoxaprop	enzima ACCasi enzima ACCasi enzima ACCasi	detossificazione detossificazione detossificazione	mfo-P-450 (4) mfo-P-450 (5) mfo-P-450 (5)
Benzoil-N-fenilpropionati	flamprop	enzima ACCasi	detossificazione	mfo-P-450 ?
Fenossialcanoici Piridine Derivati acido benzoico	2,4D clopyralid dicamba	recettore (sconosciuto) delle auxine	penetrazione assorbimento	mfo-P-450 (6)
Dinitroaniline	trifluralin pendimethalin	tubolina	traslocazione detossificazione penetrazione detossificazione (?)	mfo-P-450 (4)

- (1) Sterling e Balke, 1988; (2) Buckland et al., 1973; (3) Gonneau et al., 1988; (4) Putwain e Mortimer, 1989; (5) Powles e Howat, 1990; (6) Dodge, 1987; (7) Mallory-Smith et al., 1990; (8) Owen, 1989.

alcune molecole, non è ancora ben conosciuto. L'effetto primario ¹¹⁰ dovrebbe essere ricercato, secondo alcuni Autori, in interazioni complesse di tali erbicidi con la membrana, soprattutto con il plasmalemma, o con un recettore citoplasmatico (Fitzsimons et al., 1988).

La selettività verso il grano di buona parte di questi erbicidi è dovuta alla sua elevata capacità di detossificazione che avviene tipicamente in due fasi: ossidazione della molecola e coniugazione con glucosio ed altri composti (Gonneau et al., 1988). La tappa preliminare e fondamentale del processo è di solito l'idrossilazione catalizzata da monossigenasi altrimenti dette ossigenasi a funzione mista (mfo).

Le monossigenasi sono enzimi di origine microsomiale che attivano l'ossigeno molecolare inserendolo in un dato substrato secondo il seguente schema globale di reazione:



Da trasportatore finale di elettroni agisce una porfirina ferrica indicata con citocromo P-450 (Scarponi, 1988).

La capacità del grano di resistere a erbicidi così diversi è dovuta ad una intrinseca esaltazione del livello e dell'attività delle mfo-P-450 che in modo non specifico agiscono su substrati diversi (tabella 18).

In qualche caso il meccanismo di selettività è diverso: nelle dinitroaniline la selettività sembra legata ad una scarsa penetrazione legata alla più profonda localizzazione del nodo del coleoptile (Rahman e Ashford, 1970) e alla ridotta mobilità nel terreno di tali molecole. In altri casi ancora cambia l'agente della detossificazione (es. nitrilasi nel bromoxynil ...) (Buckland et al., 1973) (tabella 18).

Come si può constatare il grano ha probabilmente un solo principale meccanismo di detossificazione degli erbicidi via mfo-P-450. (Gressel e Segel, 1990). Pur usando molecole diverse si sottopone quindi la flora infestante ad una stessa pressione di selezione: vengono così selezionati gli individui con una più alta attività della mfo-P-450.

Ovviamente questi fenomeni sono tanto più favoriti quanto più frequente è il ritorno del grano sullo stesso appezzamento.

L'esito di una tale selezione è pericolosissimo in quanto si producono individui dotati di una maggiore tolleranza non solo all'erbicida agente della selezione ma a tutti quelli con analoga via di metabolizzazione. Si ottiene in questi casi la cosiddetta "metabolic cross resistance" o "multiresistenza" dovuta ad una aumentata attività della mfo-P-450. E' un fenomeno analogo a quello già conosciuto e temuto da molti anni negli insetti.

4.2. Multiresistenza

Recentemente alcune segnalazioni provenienti dall'Australia e dall'Inghilterra evidenziano che anche nelle malerbe sono in atto resistenze legate ad un'aumentata attività delle mfo-P-450.

In Australia sono segnalate a partire dal 1980 (Heap e Knight, 1982) popolazioni di *Lolium rigidum* resistenti al diclofop-metil su campi trattati per più anni con tale p.a..

Circa una trentina di biotipi sono stati rinvenuti in località anche molto lontane tra di loro: ciò indicherebbe che la resistenza si è evoluta indipendente nelle varie zone (Heap e Knight, 1990). Le diverse popolazioni hanno evidenziato una resistenza anche a numerose altre molecole appartenenti a diverse famiglie (arilossi-fenossipropionati, solfoniluree, etc., ...), seppure con intensità diversa (Heap e Knight, 1986; Howat, 1987).

Il diclofop-metil controlla numerose graminacee infestanti all'interno delle colture dicotiledoni, inoltre manifesta una selettività differenziale all'interno delle graminacee: il grano e l'orzo sono resistenti mentre le avene, coltivate e spontanee, ed il mais sono sensibili. Questo doppio tipo di selettività è dovuto a due cause diverse: la selettività tra mono e dicotiledoni è dovuta all'insensibilità dell'enzima bersaglio (ACCasi), mentre quella all'interno delle graminacee è legata soprattutto ad una diversa detossificazione. Il diclofop-metil, una volta penetrato nei tessuti vegetali, è trasformato in diclofop-acido, la forma attiva. Il grano lo detossifica rapidamente grazie ad una semplice reazione di idrossilazione dell'anello benzenico seguita da una coniugazione con il glucosio (figura 12).

Nell'avena spontanea si ha una coniugazione diretta tra diclofop-acido e glucosio. L'estere che si forma è instabile per cui si libera in continuazione la

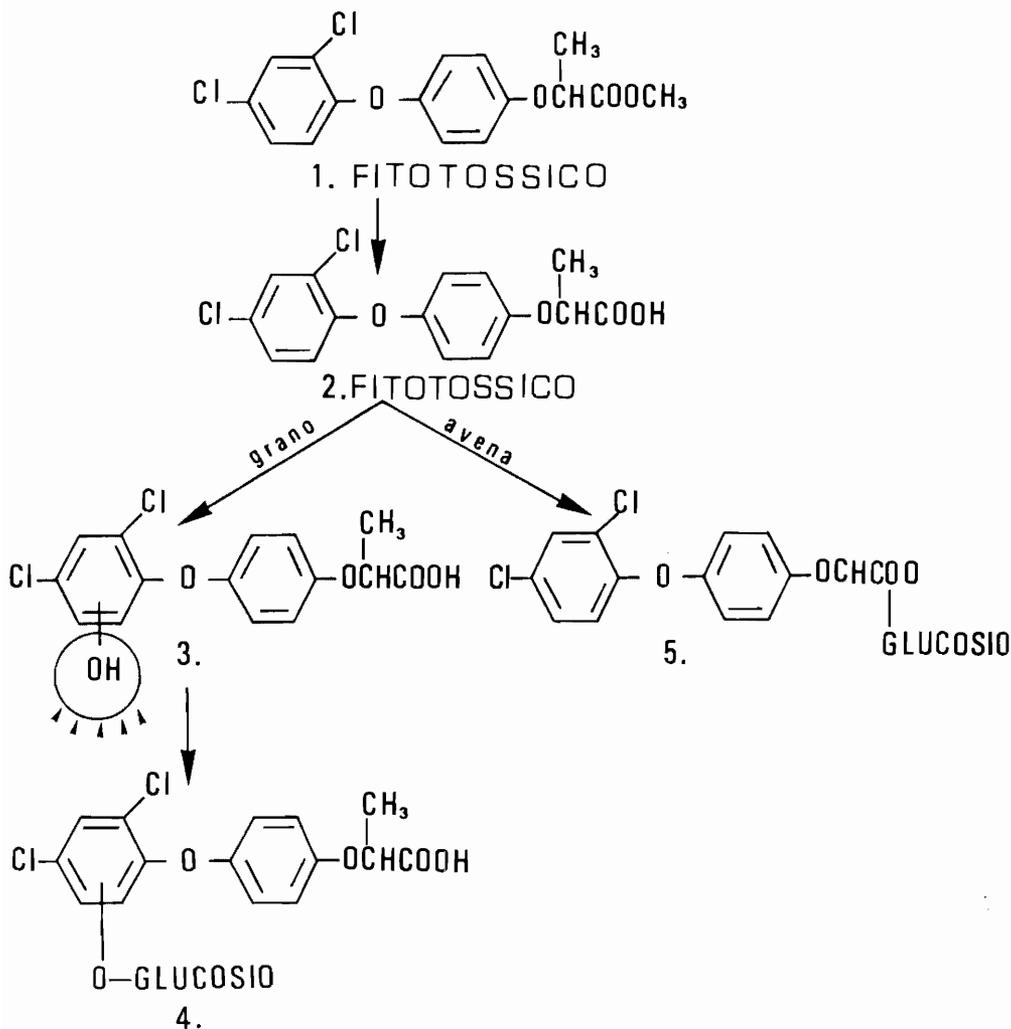


Figura 12 - Vie di metabolizzazione del diclofop-metil nel grano, resistente e nell'avena spontanea, sensibile.

forma diclofop-acido, attivo biologicamente (Scalla, 1987). La ¹¹³resistenza delle popolazioni australiane di *Lolium rigidum* non elevata (5-6 volte) (Howat, 1987) e quella verso altri erbicidi con diversi siti di azione portano ad escludere che la causa primaria sia dovuta ad alterazioni a livello di enzima bersaglio. L'ipotesi cui si dà maggior credito è che tale resistenza sia dovuta ad un'aumentata capacità di metabolizzazione collegata all'evoluzione di una più elevata attività delle mfo-P-450 (Powles e Howat, 1990). Sempre in Australia sono segnalate popolazioni di *Avena fatua* resistenti al diclofop-metil ma non ad altri arilossi-fenossipropionati e ai cicloesenoni. I motivi biochimici di questo comportamento non sono conosciuti (Powles e Howat, 1990).

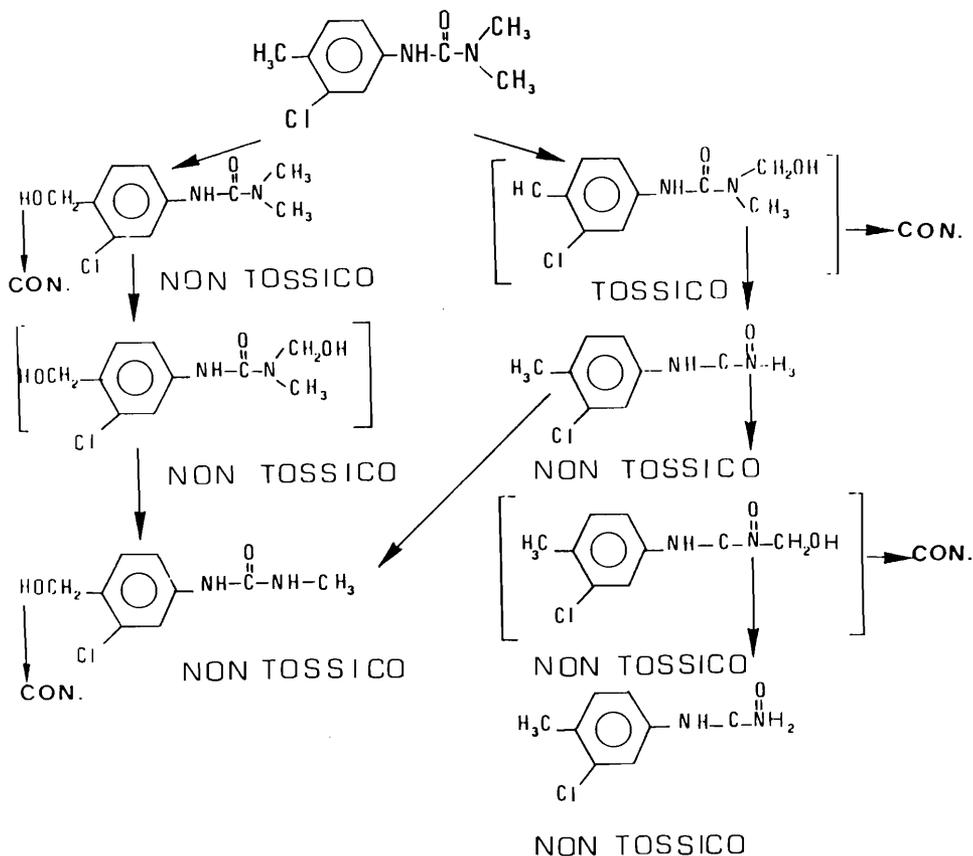
In Inghilterra sono segnalate, in almeno 5 aziende nelle zona di Peldon (Essex), popolazioni di *Alopecurus myosuroides* particolarmente resistenti al chlorotoluron, in campi di grano trattati con detta urea per una decina di anni (Moss, 1987). Il grado di resistenza non è molto elevato (da 2-3 a 16 volte), ma tali popolazioni hanno evidenziato resistenza verso la maggior parte degli erbicidi impiegabili sul grano (Putwain e Mortimer, 1989).

Il chlorotoluron è degradato nel grano attraverso l'ossidazione del gruppo metilico legato all'anello benzenico, la N-demetilazione e la coniugazione col glucosio (Ryan e Owen, 1982). La via principale è in ogni caso l'ossidazione del metile sull'anello seguita dalla coniugazione col glucosio (Ryan e Owen, 1983) (figura 13); ciò è particolarmente evidente nelle varietà di cereali che sono più tolleranti verso il chlorotoluron.

Anche in questo caso si ritiene che la resistenza al chlorotoluron e isoproturon nelle popolazioni di *A. myosuroides* di Peldon possa essere attribuita ad una più rapida ed efficiente detossificazione (Kemp e Caseley, 1987) sostenuta dalle mfo-P-450.

Da quanto esposto si evince che la gestione degli erbicidi nel grano è difficile e critica soprattutto se si ricorre al criterio della soglia. Con i soli p.a. di post-emergenza si escludono i pochi erbicidi di pre-emergenza (es. dinitroaniline) caratterizzati da altri meccanismi di selettività (penetrazione, posizione ...). Diventa così problematico gestire soprattutto le graminacee: non è un caso che le prime multiresistenze si siano sviluppate all'interno delle festucoidee. La

CLORTOLURON



IDROSSILAZIONE

N - DEMETILAZIONE

VIA 1

VIA 2

Figura 13 - Vie principali attraverso le quali il chlortoluron viene detossificato. I prodotti tra parentesi sono instabili. CON = composti di coniugazione, in particolare col glucosio.

gestione delle dicotiledoni invece è più agevole, grazie alla disponibilità di ormonici ed ormonosimili la cui selettività è data da un insieme di meccanismi.

Non essendo utile per evitare le multiresistenze ruotare gli erbicidi impiegabili sul grano diventa indispensabile, in particolar modo se si ricorre alla SEI, ruotare le colture per avere una maggiore scelta di molecole; tra queste bisognerà poi dare la preferenza a quelle dotate di quei tipi di selettività (posizione o di penetrazione ...) che non coinvolgono il meccanismo di detossificazione principale del grano.

In definitiva è il meccanismo di detossificazione che bisogna cercare di ruotare e non il modo di azione. Questa esigenza gestionale difficilmente può essere rispettata nel grano in particolare se le malerbe "chiave" da combattere sono le graminacee festucoidee.

Il ricorso alla SEI può avere successo duraturo solo se viene inserito in un ragionato avvicendamento colturale nell'ambito del quale deve essere pianificata anche la scelta degli erbicidi sulle varie colture.

5. Attrezzature per il diserbo chimico

Nonostante sia passato più di un secolo dall'introduzione delle prime macchine per la distribuzione degli antiparassitari liquidi e sebbene i progressi nelle tecniche meccaniche e agronomiche abbiano permesso un'evoluzione dell'agricoltura che tutti conosciamo, l'irroratrice di prodotti liquidi fa ancora ricorso, per la maggior parte dei casi, a tecniche tradizionali. Il sistema di frantumazione per mezzo di ugelli in pressione é e rimane il punto di riferimento e la base su cui é ancora possibile operare miglioramenti che interessano la tecnologia dei materiali, la precisione delle lavorazioni e l'applicazione di sistemi di controllo innovativi. Attorno ad un sistema relativamente semplice si é infatti rivelato possibile un continuo lavoro di affinamento delle tecniche che nel corso degli anni ha portato l'irrorazione a livelli qualitativamente buoni, anche se non ottimali. Non in tutti i settori il progresso é stato uguale; nel caso del diserbo chimico, ad esempio, la distribuzione sul terreno, che rappresenta un problema relativamente semplice, i progressi cui si é accennato sono stati sufficienti a garantire livelli di efficienza difficilmente migliorabili. Quando invece il bersaglio da irrorare non é una superficie piana ma una massa di elementi vegetali eterogenei il problema diventa più complesso a causa della diminuzione della tolleranza e dei margini di errore ammissibili, per di più non del tutto noti. Per essere lo stadio finale dell'operazione del diserbo, la distribuzione meccanica é a tutt'oggi un anello debole della catena e la macchina é l'elemento più trascurato sul piano pratico per la scarsa cura di cui é oggetto e la scarsa importanza che si attribuisce alle operazioni di manutenzione e ai particolari costruttivi. Per un'analisi delle problematiche del diserbo é quindi opportuno fare riferimento a quegli organi delle irroratrici che rivelano alla fine un'importanza rilevante per la sicurezza e l'esito del trattamento.

5.1 Gli organi di distribuzione

Nell'irrorazione convenzionale la trasformazione della massa liquida in gocce é operata da una serie di ugelli con il concorso della pressione generata da una pompa volumetrica. Due sono i tipi di ugelli più usati per il diserbo: quelli a getto conico, o a turbolenza, e quelli a getto piatto, o a ventaglio. Il primo é

impiegato quando si richiede una massa di gocce piuttosto fini ed un'energia e traiettorie tali da favorire la penetrazione nel fogliame. La presenza di una piastrina vorticatrice a monte del disco forato imprime alle gocce una direzione che le allontana dall'asse del cono, ampliandone l'angolo di apertura. Recenti studi su questi ugelli, condotti con apparecchiature laser in grado di misurare con precisione le dimensioni delle particelle emesse (Ade e Rondelli, 1990), hanno fatto rilevare che l'andamento della pressione determina sì una diminuzione del diametro medio delle gocce, ma anche che questo è dovuto ad un aumento del numero delle particelle più fini. Il risultato dell'applicazione di alte pressioni è dunque un peggioramento della uniformità e un maggiore rischio di deriva. Si ritiene che gocce di diametro inferiore ai 30 μm , che per un ugello medio normalmente costituiscono in numero il 70 - 80% con pressioni tra 5 e 6 bar, non aderiscano affatto al bersaglio, sia per la loro scarsa energia cinetica, sia a causa della deriva di trasporto o di evaporazione cui sono soggette anche con brezze al di sotto dei 2 m/s.

La scelta del tipo di getto conico dipende anche dal tipo di diserbo: il prodotto sistemico, per cui non è richiesta elevata copertura, va distribuito con ugelli a foro di calibro maggiore e/o con pressioni medio-basse, per ottenere diametri mediani volumetrici attorno ai 300 μm o più. Il prodotto di contatto richiede VMD attorno 200 μm e perciò condizioni opposte, sempre tenendo presente quanto detto prima a proposito degli effetti delle pressioni troppo elevate. In tutti i casi le pressioni consigliate con i moderni ugelli di questo tipo sono comprese fra i 3 e i 6 bar.

Si ricorda che il Diametro Mediano Volumetrico o VMD, impiegato ormai correntemente per identificare dimensionalmente una popolazione di particelle sferiche, come è il caso dell'irrorazione, è quel diametro tale che il 50% del volume erogato è costituito da gocce di diametro superiore e l'altro 50% da gocce di diametro inferiore (Mattheus, 1979). Esso è tutt'altra cosa dal diametro medio aritmetico, poco usato per questi scopi, che è più piccolo del precedente e se ne discosta tanto più, quanto più eterogenea e disforme è la distribuzione. L'ugello a getto piatto o a ventaglio, dotato di foro a fessura, determina a terra un'impronta di forma ellittica allungata e si presta a distribuzioni su superfici piane, come possono essere i terreni in presemina o pre-emergenza colturale. In genere dovrebbero essere impiegati a pressioni comprese fra i 2 e i 4 bar, a cui corrispondono VMD di 300-400 μm , a seconda del calibro adottato, e una discreta

uniformità dimensionale. Considerato in passato uno spruzzatore di categoria piuttosto umile, adibito spesso a distribuzioni grossolane assieme all'ugello a specchio, grazie alle moderne tecnologie costruttive, sta estendendo la propria applicazione al di là del solo diserbo di copertura. La sua penetrazione nella vegetazione rimane piuttosto scarsa a causa delle traiettorie rettilinee delle gocce prodotte, ma anche con questa limitazione è ugualmente utile nel diserbo di post emergenza precoce. Inoltre l'elevato angolo di apertura (110° ora sono comuni) permette di tenere basse le barre, a parità di copertura, e di abbreviare il percorso delle gocce e la loro esposizione al rischio di deriva.

Un terzo tipo di ugello, o meglio, di erogatore, è quello centrifugo o rotativo. Esso corrisponde al concetto noto come CDA (applicazione a gocce controllate) sviluppato alla fine degli anni 70 e diventato di pratico interesse solo da una decina di anni in seguito a progressi tecnici che lo hanno reso di grande affidabilità (Gwynne e Murray, 1985). Si tratta di un disco rotante ad alta velocità con bordi dentellati, al centro del quale viene fatto affluire il liquido. Questo si porta al bordo per effetto della forza centrifuga e se ne distacca in particelle che hanno due caratteristiche importanti: hanno uno spettro dimensionale estremamente regolare e hanno un diametro che è funzione inversa della velocità di rotazione. Queste due caratteristiche li rendono particolarmente adatti alla distribuzione di tutti i tipi di diserbanti e particolarmente di quelli sistemici a dosi concentrate. I volumi impiegati sono per lo più compresi tra i bassi e i bassissimi (da 5 a 200 l/ha), con valori frequenti attorno ai 50 l/ha e con VMD variabili da 100 a 300µm. Il drastico abbattimento dell'effetto deriva che si ottiene con la calibrazione e l'uniformità delle gocce è forse l'aspetto più importante del sistema CDA, che deve però, anche per l'elevata concentrazione del prodotto, essere impiegato in condizioni ideali di stabilità di barra, di velocità e di sovrapposizione dei passaggi, oltre che di regolazione di portata e di regime di rotazione.

Ottimo successo sta riscuotendo l'impiego dei rotativi ad asse orizzontale (e perciò con piano di erogazione verticale) usato in combinazione con macchine per la lavorazione del terreno e per la semina.

Interessanti prospettive per l'ottimizzazione della distribuzione stanno dimostrando i *sistemi chiusi* che hanno lo scopo di iniettare il prodotto chimico concentrato nell'acqua, poco prima degli erogatori. Ciò consentirebbe un risparmio di prodotto, per la possibilità di utilizzare ogni volta esattamente la

quantità necessaria senza avere residui in cisterna e una maggiore sicurezza sanitaria anche durante tutto il complesso delle operazioni accessorie al trattamento. Le difficoltà che l'applicazione di questo metodo incontra riguardano la precisione e la regolarità del sistema dosatore - iniettore che deve avere doti di alta continuità e affidabilità anche trattando dosi minime di principio attivo (Spugnoli e Vieri, 1990).

Un accenno meritano anche le irroratrici a barra a trasporto pneumatico, anche se nel diserbo del frumento hanno una validità sicuramente potenziale, ma da verificare sperimentalmente. Sono barre tradizionali a cui è applicata una manica flessibile per il trasporto dell'aria, prodotta da un ventilatore, aperta inferiormente per tutta la lunghezza secondo una stretta fessura. L'aria che ne esce investe il nebulizzato e lo trasporta nella coltura con una modalità che si avvicina ai trattamenti ai fruttiferi secondo il criterio dell'aeroconvezione. Il sistema è efficace dal punto di vista della penetrazione e nel contenimento della deriva perché fa in modo che le gocce, anche le più fini, vengano trattenute nella vegetazione. La verifica sperimentale va eseguita sull'utilità di queste prerogative nel rapporto fra il frumento e le sue infestanti nei vari stadi vegetativi e sulla necessità o meno che il prodotto raggiunga gli strati più interni della coltura.

5.2. La regolarità della distribuzione

Nella pratica del diserbo, quale che esso sia, è necessario garantire alla distribuzione una buona regolarità, sia lungo la barra, sia lungo la linea di avanzamento.

Il principale fattore che influenza la *regolarità trasversale* è l'uniformità di portata e di distribuzione degli ugelli. Essa deve essere rigorosamente controllata e ciò si può fare con appositi banchi di prova (Balsari et al., 1990), o anche in azienda con strumenti semplici e misure dirette, ma la soluzione del problema risiede soprattutto nella scelta di materiale di qualità. I materiali tecnologicamente più evoluti (derivati della ceramica, allumina sinterizzata, alcune sostanze di sintesi) sono i più resistenti all'usura. Le basse pressioni impiegate e la natura non polverulenta dei prodotti diserbanti riducono notevolmente questo fenomeno, ma purtroppo l'usura è un fenomeno continuo nel tempo, che non dà segni premonitori e non ha tolleranze definite.

Il solo modo per risolverlo é il controllo periodico delle portate, da abbinare a quello del manometro, e la sostituzione delle parti difettose. Recenti studi e indagini statistiche hanno messo in evidenza come anche in zone ad alta specializzazione agricola il coefficiente di variabilità della portata degli ugelli delle barre per diserbo quasi nella metà dei casi supera quello che é considerato un valore accettabile, e cioè il 15 %.

La regolarità trasversale dipende anche dal modo con cui la barra é sospesa. Solo per barre di modesta lunghezza può essere ammesso un collegamento rigido con la trattrice. In presenza di campi ben livellati e orizzontali, però, una sospensione pendolare é necessaria per garantire il parallelismo tra barra e suolo con assorbimento delle piccole accidentalità saltuarie. Lavorando in pendenza secondo le linee di livello é invece necessario che la barra si renda indipendente dall'azione del pendolo e sia solidale alla trattrice, mantenendo però la possibilità di ammortizzare le oscillazioni, o che almeno il punto di sospensione del pendolo sia decentrabile. In questi casi si adottano sospensioni più complesse, di solito a trapezi articolati. Spesso é consentito il livellamento generale della barra per mezzo di appositi martinetti idraulici da parte dell'operatore, a cui si richiede buona sensibilità e attenzione. Questi tipi di collegamento vengono definiti *passivi*; quelli *attivi* prevedono un rilevatore ad ultrasuoni posto all'estremità della barra che misuri la quota rispetto al terreno e trasmetta un comando a un attuatore per la regolazione del livellamento. Soluzioni di questo tipo sono state applicate solo in via sperimentale.

Anche l'altezza della barra da terra é un fattore importante, specialmente nel diserbo e non solo in quello in copertura. La corretta altezza deve infatti fare riferimento al bersaglio da irrorare: terreno o infestante. È importante impiegare ugelli di buona marca per cui il costruttore garantisce e consiglia la geometria adatta ad ottenere la copertura uniforme in funzione dell'angolo di apertura, della pressione e della quota di spruzzo. Sono frequenti e inammissibili casi di scarso o eccessivo ricoprimento per mancanza di elementare informazione sugli ugelli

Lo stesso dicasi per la giunzione dei passaggi adiacenti che spesso é sede, specie nel diserbo, dei maggiori problemi di sopra e sotto - dosaggio. I tracciafile a schiumogeno sono ancora considerati un accessorio e sono piuttosto rari anche su macchine tecnologicamente evolute. È bene ricordare che nessun dispositivo

di auto-controllo, per quanto sofisticato, avvertirà mai di un errore di questo tipo.

La *regolarità longitudinale*, cioè la capacità della macchina di distribuire dosi costanti lungo il percorso, è influenzata dalle variazioni di velocità e di pressione che si possono verificare durante il percorso. Le stesse oscillazioni dei settori di barra all'avviamento della passata, nonostante le molle di richiamo, produce variazioni di dose localizzate, specialmente se si opera a velocità elevate; ma i problemi maggiori nascono principalmente da semplici errori dell'operatore e dalla difficoltà di mantenere costanti i parametri di taratura nel corso del lavoro. La regolazione della distribuzione segue a questo proposito alcuni principi fondamentali, attuati dai costruttori in vari modi (Barthelemy, 1990).

Il sistema di regolazione più semplice e più diffuso è quello a pressione costante (P.C.), che si basa su un regolatore di pressione a molla registrabile, in grado di correggere piccole variazioni di pressione dovute al regime incostante della presa di potenza o all'ostruzione di qualche ugello. Il sistema è economico, ma è già sufficiente la chiusura di un settore di barra per renderlo inefficace; a questo scopo, i regolatori più moderni sono dotati di un ritorno compensato che risolve il problema, ma in tutti i casi la velocità di avanzamento deve rimanere rigorosamente costante.

Con il sistema a distribuzione proporzionale all'avanzamento (D.P.M.) è possibile, *nell'ambito della stessa marcia*, ottenere una correzione di pressione in funzione della variazione del regime della p.d.p.. Il tipo più diffuso si basa sul concetto che all'aumentare del regime della pompa, la portata agli ugelli e al ritorno aumentano proporzionalmente; perciò, calibrando opportunamente quest'ultimo in funzione degli ugelli montati, si ottiene una distribuzione costante. È da notare che i sistemi autoregolanti agiscono sempre sulla pressione ed è quindi sconsigliabile abusare dell'automatismo per non alterare troppo lo spettro delle gocce emesse.

La distribuzione proporzionale all'avanzamento (D.P.A.) consente la regolazione per qualsiasi variazione di velocità, anche in caso di slittamento, purché questa velocità sia rilevata da una ruota dell'irroratrice. Essa si ottiene modificando la portata della pompa, agendo sulla corsa del pistone, o sul regime di rotazione, o , più di frequente, agendo sul ritorno in serbatoio. In questo caso il sistema più noto è costituito da un circuito idraulico azionato da una micro-

pompa, mossa a sua volta dalla ruota della macchina. Questo circuito, con le sue variazioni di portata, regola la valvola che calibra il ritorno e di conseguenza la mandata agli ugelli. In altri casi la calibrazione del ritorno si ottiene con un regolatore centrifugo totalmente meccanico.

La vera innovazione di questi ultimi anni é il sistema a portata proporzionale a controllo elettronico (D.P.E.). Essa si basa sul rilevamento istantaneo della velocità di avanzamento e della portata totale alla barra, sull'elaborazione di questi dati e di quelli impostati (larghezza di lavoro) e sulla regolazione elettromeccanica dell'erogazione. Un microcircuito applica sequenzialmente la relazione:

$$\text{PORTATA} = \text{VELOCITÀ} \times \text{LARGHEZZA} \times \text{VOLUME}$$

ed esegue le opportune variazioni per mantenere costante l'applicazione. La velocità é misurata da un captatore magnetico applicato alla ruota dell'irroratrice, mentre la portata é rilevata da un flussometro posto subito a monte della barra. I vantaggi di questo metodo sono facilmente individuabili perché all'operatore non resta che controllare sul monitor che il volume distribuito corrisponda a quello programmato, ma alcune difficoltà esistono a livello di protezione dei componenti elettronici e di affidabilità dei flussometri meccanici. Per eliminare questi ultimi si può fare ricorso alla misura della pressione, mediante captatori più sicuri e sensibili; in tal caso il calcolo é fatto in base alla relazione:

$$\text{PORTATA} = K \sqrt{\text{PRESSIONE}}$$

la costante K é sperimentale e dipende dalla densità del liquido e dalla forma del foro dell'ugello.

Come si vede il controllo della regolarità longitudinale non é semplice e si può ottenere con vari livelli di costo e di precisione. L'evoluzione tecnologica e l'elettronica d'altro canto non hanno attuato con tutto il successo che si sperava, soluzioni che sembravano semplici. Al disopra di tutto rimane fondamentale il controllo umano e l'operatore deve sempre essere una persona attenta e a conoscenza delle caratteristiche della macchina.

Nel caso specifico del diserbo del frumento, coltura che in Italia interessa alcuni milioni di ettari e su cui le operazioni di diserbo si diversificano per prodotti impiegati e per epoche di intervento, la semplice osservanza di norme elementari di sicurezza, manutenzione, regolazione, portano da sole a vantaggi economici e ambientali notevoli.

- Aberg B., (1980). Some nitro- and chloro-nitro-phenoxyacetic and optically active-phenoxypropionic acids. *Swedish J. Agric. Res.*, **10**, 101-106
- Ade G., Rondelli V., (1990). Apparecchiatura per l'analisi degli spruzzi: applicazioni e primi risultati. *Atti Giornate fitopatologiche*, **3**, Pisa, 437-445
- Allen R., Caseley J.C., (1987). The persistence and mobility of AC 222,293 in cropped and fallow soil. *Proc. Br. Crop Protection Conf., Weeds*, **2**, 569-576
- Amrein J., Gerber H.R., (1985). CGA 131036: A new herbicide for broadleaved weed control in cereals. *Proc. Br. Crop Protection Conf., Weeds*, **1**, 55-62
- Amrein J., Nyffeler A., Rufener J., (1989). CGA 184927+S: a new post-emergence grasskiller for use in cereals. *Proc. Br. Crop Protection Conf., Weeds*, **1**, 71-78
- Anderson M.D., Mayland P., Drexler D.M., Makowski E.J., (1989). Field performance of fenoxaprop-ethyl in wheat in North America. *Proc. Br. Crop Protection Conf., Weeds*, **1**, 393-398
- Anderson R.L., (1985). Environmental effects of metsulfuron methyl and chlorsulfuron bioactivity in soil. *J. Environ. Qual.*, **14**, 517-521
- Appleby A.P., Valverde B.E., (1989). Behaviour of dinitroaniline herbicides in plants. *Weed Techn.*, **3**, 198-206
- Ariens E., Rensen J., Welling W., (1988). Stereoselectivity of pesticides. *Elsevier publ.*, New York, 544 p.
- Arndt F., Harre M., Kruger H., Krahmer H., Breslin F., (1989). SN 106279- A new herbicide for use in winter cereals. *Proc. Br. Crop Protection Conf., Weeds*, **1**, 35-40
- Asshauer J., Dorn E., Fischer R., Kurzmeier E., (1990). Verhalten von Fenoxaprop-ethyl in der Umwelt-Abbau und Einfluss auf das Okosystem. *Zeitsch. Pflanzen. Pflanzenschutz*, **12**, 417-425
- Ayres P., (1987). Use of adjuvants to improve control of black-grass (*Alopecurus myosuroides* Huds.) by diclofop-methyl. *Weed Res.*, **27**, 195-205
- Bachthaler G., (1967). Changes in arable weed infestation with modern crop husbandry techniques. *Proc. 6th Int. Congr. Plant Protection*, Vienna, 167-168
- Bachthaler G., (1974). The development of the weed flora after several years' direct drilling in cereal rotations on different soils. *Proc 12th Br. Weed Control Conf.*, 1063-1071
- Baird B.B., Upchurch R.P., Homesley W.B., Franz J.E., (1971). Introduction of a new broad spectrum post emergence herbicide class with utility for herbaceous perennial weed control. *Proc. North Central Weed Control Conf.*, 64-68

- Baldoni G., (1986). Aspetti biologici del controllo dell'*Equisetum telmateia* Ehrh. e dell'*E. arvense* L. *Tesi di Dottorato di Ricerca in Colture erbacee*, Università di Bologna, 115 p.
- Ball D.A., Miller S.D., (1990). Weed seed population response to tillage and herbicide use in three irrigated cropping sequences. *Weed Sci.*, **38**, 511-517
- Balsari P., Airoldi G., Finassi A., Noris P., (1990). Ottimizzazione dell'impiego delle irroratrici a barra nel diserbo. Suggerimenti operativi e scelte costruttive ricavate dalla valutazione di 100 macchine nel medio e basso novarese. *Atti Giornate fitopatologiche*, **3**, Pisa, 417-426
- Banks P.A., Robinson E.L., (1982). The influence of straw mulch on the soil reception and persistence of metribuzin. *Weed Sci.*, **30**, 164-168
- Barralis G., Chadoeuf R., (1980). Etude de la dynamique d'une communauté adventice. I. Evolution de la flora adventice au cours du cycle végétatif d'une culture. *Weed Res.*, **20**, 231-237
- Barralis G., Chadoeuf R., Lonchamp J.P., (1988). Longevité des semences de mauvaises herbes annuelles dans un sol cultivé. *Weed Res.*, **28**, 407-418
- Barralis G., Salin D., (1973). Relations entre flore potentielle et flore réelle dans quelques types de sols de Côte d'Or. *Proc. 4th Int. Coll. on the Ecology and Biology of Weeds*, Marseille, 94-101
- Barthelemy P., Boisgontier D., Ouy L., Layoux P., (1990). Choisir les outils de pulvérisation. *Rept. Institut Technique des Céréales et des Fourrages*, Paris
- Basile G. (1981). Interazione fra minerali e sostanza organica con gli erbicidi. *Atti Conv. C.N.R. "Inquinamento del terreno"*, Portici, AC/4/168, 63-87
- Bassi A., Catizone P., Zanin G., (1988). Evoluzione del diserbo chimico in agricoltura. *La Difesa delle Piante*, **11**, 95-122
- Basso F., Postiglione L., Carone F., (1986). Lavorazione del terreno in ambiente collinare dell'Italia meridionale. Un triennio di prove sull'erosione del suolo e sulla produzione di frumento. *Riv. di Agron.*, **20**, 218-225
- Bell G.A., (1989). Herbicide granules - Revue of processes and products. *Proc. Br. Crop Protection Conf., Weeds*, **2**, 745-752
- Beuret E., (1980). Influence de la monoculture et des méthodes du travail du sol sur la flore adventice et le stock grainier du sol. *Proc. 6th Coll. Int. on the Ecology, Biology and Systematics of Weeds*, Montpellier, 389-399
- Beuret E., (1984). Stock grainiers des sols et pratiques culturales: la relation flore réelle-flore potentielle. *Recherche Agronom. en Suisse*, **23**, 89-97

- Beuret E., (1989). Influence des pratiques culturales sur l'évolution de la flore adventice: étude du potentiel semencier des sols. *Revue Suisse Agric.*, **21**, 75-82
- Beyer E.M., Brown H.M., Duffy M.J., (1987). Sulfonylurea herbicide soil relations. *Proc. Br. Crop Protection Conf., Weeds*, **2**, 531-540
- Bieringer H., Bauer K., Hacker E., Heubach G., Leist K.H., Ebert E., (1989). Hoe 70542- a new molecule for use in combination with fenoxaprop-ethyl allowing selective post-emergence grass weed control in wheat. *Proc. Br. Crop Protection Conf., Weeds*, **1**, 77-82
- Blevins R.L., Thomas G.W., Cornelius P.L., (1977). Influence of no-tillage and nitrogen fertilizer on certain soil properties after five years of continuous corn. *Agron. J.*, **69**, 383-386
- Bonciarelli F., Archetti R., Farina G., Battistelli A., (1986). Effetto di nuovi sistemi di lavorazione su alcune proprietà chimiche e meccaniche del terreno. *Riv. di Agron.*, **20**, 172-177
- Bond J.J., Power J.F., Willis W.O., (1971). Tillage and crop residue management during seedbed preparation for continuous spring wheat. *Agron. J.*, **63**, 789-793
- Bouchet C., Beaufreton C., (1988). Incidence de l'utilisation d'adjuvants sur l'efficacité de deux herbicides. *Proc. EWRS Symp. "Factors affecting herbicidal activity and selectivity"*, 375-380
- Bouchet F., Jan P., (1978). Le désherbage des cultures envisagé dans les rotations. *Perspective Agricoles*, **12**, 12-15
- Bourdot G.W., Harrington K.C., Popay A.I., (1989). The appearance of phenoxy herbicide resistance in New Zealand pasture weeds. *Proc. Br. Crop Protection Conf., Weeds*, **2**, 309-316
- Boyard L.A., (1983). The control of perennial weeds. In "Recent advances in weed research", Fletcher W.W. ed., C.A.B. publ., London, 141-171
- Boyard L.A., Ingram G.H., Kyndt C.F.A., (1981). A literature review of the biology and ecology of the rhizomatous and stoloniferous grass weeds in the U.K. *Proc. Grass Weeds in Cereals in the United Kingdom Conf.*, 65-76
- Bozic D., (1974). Contribution to the study of soil tillage and herbicide: Effects on the decrease of stubble weeds. *Agrokimiya*, **9-10**, 397-406
- Brewster B.D., Appleby A.P., (1990). Effect of rate, carrier volume and surfactant on imazamethabenz efficacy. *Weed Techn.*, **4**, 291-293
- Bridges D.C., Walker R.H., (1985). Influences of weed management and cropping systems on sicklepod (*Cassia obtusifolia*) seed in the soil. *Weed Sci.*, **33**, 800-804

- Brown D.F., McCool D.K., Papendick R.I., McDonough L.M., (1985). Herbicide residues from winter wheat plots: effect of tillage and crop management. *J. Environ. Qual.*, **14**, 521-532
- Buckland J.L., Collins R.E., Pullin E.M., (1973). Metabolism of bromoxynil octonate in growing wheat. *Pest. Sci.*, **4**, 149-162
- Budd E.G., (1981). Survey, dormancy and life-cycle of *Bromus sterilis* (Barren Brome) in cereals, with particular reference to spring barley. *Proc. Grass Weeds in Cereals in the United Kingdom Conf.*, 23-30
- Burnside O.C., Wicks G.A., (1980). Atrazine carry-over in soil in a reduced tillage crop production system. *Weed Sci.*, **28**, 661-666
- Burnside O.C., Wilson R.G., Wicks G.A., Roeth F.W., Moomaw R.S., (1986). Weed seed decline and buildup in soils under various corn management systems across Nebraska. *Agron. J.*, **78**, 451-454
- Cantele A., Zanin G., Zuin M.C., (1986). Semplificazione delle lavorazioni e flora reale e potenziale. *Riv. di Agron.*, **20**, 288-300
- Cartwright D., (1989). The synthesis, stability and biological activity of the enantiomers of pyridyloxyphenoxypropionates. *Proc. Br. Crop Protection Conf., Weeds*, **2**, 707-716
- Catizone P., (1991). Diserbo. In "Agricoltura e Ambiente", *Edagricole pubbl.*, Bologna, 481-540
- Catizone P., Baldoni G., (1981). Influenza della temperatura e della modalità di conservazione sulla germinazione di alcune piante infestanti. *Atti Conv. SILM "Stato attuale della lotta alle malerbe nella barbabietola da zucchero"*, Rovigo, 261-286.
- Catizone P., Baldoni G., (1983). Biologia di una delle più importanti infestanti: *Sorghum halepense*. *Inf. Fitopatol.*, **5**, 39-46
- Catizone P., Fusi P., Franci M., (1983). Persistenza dell'atrazina nel terreno: risultati di undici anni di sperimentazione. *Riv. di Agron.*, **4**, 449-457
- Catizone P., Tedeschi M., Baldoni G., (1990). Influence of crop management on weed populations and wheat yield. *Proc. EWRS Symp. "Integrated weed control in cereals"*, Helsinki, 119-126
- Cavers P.B., Benoit D.L., (1989). Seed banks in arable land. In "Ecology of soil seed banks", *Leck M.A., Parker V.T., Simpson R.L. ed., Academic Press Inc. publ.*, San Diego, 309-328
- Chadoeuf-Hannel R., (1985). La dormance chez les semences de mauvaises herbes. *Agronomie*, **5**, 761-769

- Chaloner P.A., (1989). Chirality and biological activity. *Proc. Br. Crop Protection Conf., Weeds*, **2**, 697-706
- Chancellor R.J., (1964). The depth of weed seed germination in the field. *Proc. 7th Br. Weed Control Conf.*, 607-613
- Chancellor R.J., (1974). The development of dominance amongst shoots arising from fragments of *Agropyron repens* (L.) Beauv. rhizomes. *Weed Res.*, **14**, 29-38
- Chancellor R.J., (1984). The role of dormancy in weed control. *Recherche Agron. en Suisse*, **23**, 69-75
- Chepil W.S., (1946). Germination of weed seeds: II. The influence of tillage treatments on germination. *Sci. Agric.*, **26**, 347-357
- Clarke J.H., Froud-Williams R.J., (1989). The management of set-aside and its implications on weeds. *Proc. Br. Crop Protection Conf., Weeds*, 579-584
- Clarke J.H., Moss S.R., (1989). The distribution and control of herbicide resistant *Alopecurus myosuroides* (black-grass) in central and eastern England. *Proc. Br. Crop Protection Conf., Weeds*, **1**, 301-308
- Cloutier D.C., Watson A.K., (1985). Growth and regeneration of field horsetail (*Equisetum arvense*). *Weed Sci.*, **33**, 358-365
- Cook R., (1980). The biology of seeds in the soil. In "Demography and evolution in plant population", Solbrig O.Z. ed., Blackwell Sci. publ., Oxford, 107-129
- Cornes D.W., Scott T., Henderson E.J., Ryan P.J., (1989). The efficacy and crop safety of a herbicide + safener combination in cereals under UK conditions. *Proc. Br. Crop Protection Conf., Weeds*, **2**, 729-732
- Covarelli G., (1985). Possibilità e limiti del controllo agronomico delle erbe infestanti. *Atti Conv. SILM "Il diserbo delle colture agrarie: attualità e prospettive"*, Torino, 85-118
- Covarelli G., Bonciarelli U., (1991) Possibilità e limiti della sarchiatura meccanica del frumento. *Atti del presente convegno SILM*
- Covarelli G., Peccetti G., (1986). L'influenza dell'epoca di preparazione del letto di semina sull'evoluzione della flora infestante. *Riv. di Agron.*, **20**, 301-305
- Cramp M.C., Gilmour J., Hatton L.R., Hewett R.H., Nolan C.J., Parnell E.W., (1985). Diflufenican- A new selective herbicide. *Proc. Br. Crop Protection Conf., Weeds*, **1**, 23-28
- Crutchfield D.A., Wicks G.A., Burnside O.C., (1986). Effect of winter wheat (*Triticum aestivum*) straw mulch level on weed control. *Weed Sci.*, **34**, 110-114
- Cussans G.W., (1966). Practice of minimum cultivation, the weed problem. *Proc. 8th Br. Weed Control Conf.*, 884-889

- Cussans G.W., (1975). Weed control in reduced cultivation and direct drilling systems. *Outlook on Agriculture*, **8**, 240-242
- Cussans G.W., (1976). The influence of changing husbandry on weeds and weed control in arable crops. *Proc. Br. Crop Protection Conf., Weeds*, 1001-1008
- Cussans G.W., (1978). The problem of volunteer crops and some possible means of their control. *Proc. Br. Crop Protection Conf., Weeds*, 915-921
- Cussans G.W., Ayres P., (1977). An experiment on cultural and chemical control of *Agropyron repens* in 5 successive years of spring barley. *Proc. EWRS Symp. "Methods of weed control and their integration"*, Uppsala, 171-179
- Cussans G.W., Moss S.R., Pollard F., Wilson B.J., (1979). Studies of the effects of tillage on annual weed populations. *Proc. EWRS Symp. "The influence of different factors on the development and control of weeds"*, Mainz, 115-122
- Debaeke P., (1988). Dynamique de quelques dicotylédones adventices en culture céréale. I. Relation flore levée-stock semencier. *Weed Res.*, **28**, 251-263
- Decoin M., (1991). Les feuilles ou les racines? *Phytoma*, **425**, 51-53
- Dessaint F., Chadoeuf R., Barralis G., (1990) a. Etude de la dynamique d'une communauté adventice: II. Influence à long terme des techniques culturales sur le potentiel semencier. *Weed Res.*, **30**, 297-306
- Dessaint F., Chadoeuf R., Barralis G., (1990) b. Etude de la dynamique d'une communauté adventice: III. Influence à long terme des techniques culturales sur la composition spécifique du stock semencier. *Weed Res.*, **30**, 319-330
- Dick W.A., (1983). Organic carbon, nitrogen and phosphorus concentrations and pH in soil profiles as affected by tillage intensity. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, **47**, 102-107
- Dodge A.A., (1987). Potential new targets for herbicides. *Pest. Sci.*, **20**, 301-313
- Donaghy D.I., Stobbe E.H., (1972). Weed population response to zero-tillage. *Proc. 27th North Central Weed Control Conf.*, 41
- Doran J.W., (1980). Soil microbial and biochemical changes associated with reduced tillage. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, **44**, 765-771
- Duffy M.J., Hanafey M.K., Linn D.M., Russel M.H., Peter C.J., (1987). Predicting sulfonylurea herbicide behavior under field conditions. *Proc. Br. Crop Protection Conf., Weeds*, **2**, 541-547
- Edwards C.A., (1975). Effects of direct drilling on the soil fauna. *Outlook on Agriculture*, **8**, 243-244
- Egley G.H., (1986). Stimulation of weed seed germination in soil. *Review of Weed Sci., Weed Sci. Soc. Am. publ.*, Champaign **2**, 67-89

- Egley G.H., Williams R.D., (1990). Decline of weed seeds and seedling emergence over five years as affected by soil disturbances. *Weed Sci.*, **38**, 504-510
- Elliot J.G., (1974). Developments in direct drilling in the United Kingdom. *Proc. 12th Br. Weed Control Conf.*, 1041-1049
- Erbach D.C., Lovely W.G., (1975). Effect of plant residue on herbicide performance in no-tillage corn. *Weed Sci.*, **23**, 512-515
- Fail H., (1956). The effects of rotary cultivation on the rhizomatous weeds. *J. Agric. Eng. Res.*, **1**, 3-15
- Fellows G.M., Fay P.K., Carlson G.R., Stewart V.R., (1990). Effect of AC 222,293 soil residues on rotational crops. *Weed Techn.*, **4**, 48-51
- Fielding R.J., Stoller E.W., (1990). Effects of additives on the efficacy, uptake and translocation of the methyl ester of thifensulfuron. *Weed Sci.*, **38**, 172-178
- Fitzsimons P.J., Barnwell P., Cobb A.H., (1988). A study of auxin-type herbicide action based on dose-response analysis of H⁺ efflux. *Proc. EWRS Symp.* "Factors affecting herbicidal activity and selectivity", 63-68
- Foley M.E., (1987). The effect of wounding on the primary dormancy of wild oat (*Avena fatua*) caryopses. *Weed Sci.*, **35**, 180-184
- Fontana G., (1991). Effetto formulazione. *Terra e Vita*, **28**, 33-34
- Forcella F., Lindstrom M.J., (1988) a. Weed seed populations in ridge and conventional tillage. *Weed Sci.*, **36**, 500-503
- Forcella F., Lindstrom M.J., (1988) b. Movement and germination of weed seeds in ridge-till crop production systems. *Weed Sci.*, **36**, 56-59
- Fourbet J.F., Huet P., Jan P., (1979). Problèmes poses par la simplification des systèmes de culture dans la lutte contre les mauvaises herbes. *Proc. EWRS Symp.* "The influence of different factors on the development and control of weeds", Mainz, 123-133
- Froud-Williams R.J., (1981). Germination behaviour of *Bromus* spp. and *Alopecurus myosuroides*. *Proc. Grass Weeds in Cereals in the United Kingdom Conf.*, 31-40
- Froud-Williams R.J., (1983). The influence of straw disposal and cultivation regime on the population dynamic of *Bromus sterilis*. *Annals of Appl. Biol.*, **103**, 139-148
- Froud-Williams R.J., Chancellor R.J., Drennan D.S.H., (1981). Potential changes in weed floras associated with reduced-cultivation systems for cereal production in temperate regions. *Weed Res.*, **21**, 99-109
- Froud-Williams R.J., Chancellor R.J., Drennan D.S.H., (1983). Influence of cultivation regime upon buried seeds in arable cropping systems. *J. Appl. Ecol.*, **20**, 199-208

- Fryer J.D., Chancellor, R.J., (1970). Evidence of changing weed populations in arable land. *Proc. 10th Br. Weed Control Conf.*, 958-964
- Ghadiri H., Shea P.J., Wicks G.A., Haderlie L.C., (1984). Atrazine dissipation in conventional till and no-till sorghum. *J. Environ. Qual.*, **13**, 549-552
- Giardini A., (1988). Un nuovo sistema di lavorazione per mais e soia: la coltivazione a porche permanenti. *Inf. Agr.*, **6**, 49-65
- Giardini L., Giovanardi R., Cantele A., Zanin G., (1978). *Sorghum halepense*: biologia e lotta. *Inf. Agr.*, **34**, 1045-1085
- Gillespie G.R., Nalewaja J.D., (1989). Influence of 2,4-D and MCPA formulations and oil on diclofop phytotoxicity. *Weed Sci.*, **37**, 380-384
- Glasgow J.L., Mojica E., Baker D.R., Tillis H., Gore N.R., Kurtz P.J., (1987). SC-0574- a new selective herbicide for use in winter cereals. *Proc. Br. Crop Protection Conf., Weeds*, **1**, 27-33
- Gohier J.M., (1991). Gratil. Antigaillet des céréales d'hiver. *Phytoma*, **426**, 57-58
- Gressel J., Segel L.A., (1990). Modelling the effectiveness of herbicide rotations and mixtures as strategies to delay or preclude resistance. *Weed Techn.*, **4**, 186-198
- Gunn J.S., (1982). Population dynamics of weed beet. *Proc. Br. Crop Protection Conf., Weeds*, 61-66
- Gunneau M., Pasquette B., Cabanne F., Scalla R., (1988). Metabolism of chlorotoluron in tolerant species: Possible role of cytochrome P-450 mono-oxygenase. *Weed Res.*, **28**, 19-25
- Gwynne D.C., Murray R.B. (1985). Weed biology and control. *Batsford Acad. and Educational publ.*, London. 257 p.
- Hacker E., Bauer K., Bieringer H., Willms L., (1990). Hoe 75032- ein neues, selektives Nachauflauf-Herbizid zur Bekämpfung von *Galium* spp. und anderen Unkrautern vornehmlich in Getreide. *Zeitsch. Pflanzen. Pflanzenschutz*, **12**, 489-497
- Håkansson S., (1977). Control of some perennial weeds by tillage. *Proc. EWRS Symp. "Methods of weed control and their integration"*, Uppsala, 47-55
- Håkansson S., (1982). Multiplication, growth and persistence of perennial weeds. In "Biology and ecology of weeds", *Holtzner W., Numatra N. ed., Dr Junk W. publ.*, The Hague, 123-134
- Hall J.K., Hartwig N.L., Hoffman L.D., (1984). Cyanazine losses in runoff from no-tillage corn in "living" and dead mulches vs unmulched, conventional tillage. *J. Environ. Qual.*, **13**, 105-110

- Hall J.K., Murray M.R., Hartwig N.L., (1989). Herbicide leaching and distribution in tilled and untilled soil. *J. Environ. Qual.*, **18**, 439-445
- Hamada T., Yoshida R., Nagano E., Kamoshita K., (1989). S-23121- A new herbicide for broad-leaved weed control. *Proc. Br. Crop Protection Conf., Weeds*, **1**, 41-46
- Hamdoun A.M., (1972). Regenerative capacity of root fragments of *Cirsium arvense* (L.) Scop. *Weed Res.*, **12**, 128-136
- Hammerton J.L., (1968). Past and future changes in weed species and weed floras. *Proc. 9th Br. Weed Control Conf.*, 1136-1146
- Harris P.A., Banks P.A., Giddens J., (1985). Soil microbial changes due to tillage and herbicides. *Proc. Southern Weed Sci. Soc.*, 464
- Hartzler R.G., Fawcett R.S., Owen M.D.K., (1989). Effects of tillage on trifluralin residue carryover injury to corn (*Zea mays*). *Weed Sci.*, **37**, 609-615
- Hatzios K. K., (1989). Recent developments in the physiology and biochemistry of herbicide safeners. *Proc. Br. Crop Protection Conf., Weeds*, **3**, 1207-1216
- Heap I., Knight R., (1982). A population of ryegrass tolerant to the herbicide diclofop-methyl. *J. Austral. Inst. Agric. Res.*, **48**, 156-158
- Heap I., Knight R., (1986). The occurrence of herbicide cross-resistance in a population of annual ryegrass, *Lolium rigidum*, resistant to diclofop-methyl. *Austr. J. Agric. Res.*, **37**, 149-156
- Heap J., Knight R., (1990). Variation in herbicide cross-resistance among populations of annual ryegrass (*Lolium rigidum*) resistant to diclofop-methyl. *Aust. J. Agric. Res.*, **49**, 121-125
- Hill T.A., (1980). The biology of weeds. *Arnold A. publ.*, London, 64 p.
- Hiltbold A.E., Buchanan G.A., (1977). Influence of soil pH on persistence of atrazine in the field. *Weed Sci.*, **25**, 515-520
- Holloway P.J., Stock D., Whitehouse P., Grayson B.T., (1989). Rational approaches to selection of surfactants for optimising uptake of foliage applied agrochemicals. *Proc. Br. Crop Protection Conf., Weeds*, **1**, 225-230
- Holm R.E., (1972). Volatiles metabolites controlling germination in buried weed seeds. *Pl. Physiol.*, **50**, 293-297
- Hopkins W.L., (1989). A global evaluation of "new" herbicide activity, 1984-1988, its changing dynamics and a look at its future direction. *Proc. Br. Crop Protection Conf., Weeds*, **1**, 231-236

- Horowitz M., (1972). Effects of frequent clippings on three perennial-weeds: *Cynodon dactylon* (L.) Pers., *Sorghum halepense* (L.) Pers. and *Cyperus rotundus* L. *J. Expl. Agric.*, **8**, 225-234
- House G.J., Brust G.E., (1989). Ecology of low-input, no-tillage agroecosystems. *Agriculture Ecosystems and Environment*, **27**, 331-345
- Howat P.D., (1987). Weeds resistant to herbicides in Australia and contributing factors leading to their appearance. *Pl. Protection Quart.*, **2** (2), 82-85
- Huff H.P., Bottner B., Ebert E., Langeloddeke P., (1989) a. HOE 046360 - The optical active isomer of fenoxaprop-ethyl for broad spectrum grass-weed control in dicotyledonous crops. *Proc. Br. Crop Protection Conf., Weeds*, **2**, 717-722
- Huff P., Schumacher H., Van Olfers H., Banks M., (1989) b. Hoe 7113 - Worldwide results on selectivity and grass weed efficacy. *Proc. Br. Crop Protection Conf., Weeds*, **2**, 723-728
- Huggenberger F., Jennings E.A., Ryan P.J., Burow K.W., (1982). EL-107- a new selective herbicide for use in cereals. *Proc. Br. Crop Protection Conf., Weeds*, **1**, 47-52
- Hurle K., Walker A., (1980). Persistence and its prediction. In "Interactions between herbicides and the soil", Hance R.J. ed., *Academic Press publ.*, London, 83-122
- Issa R., Akelah A., Rehab A., Solaro R., Chiellini E., (1990). Controlled release of herbicides bound to poly (oligo (oxyethylene) methacrylate) hydrogels. *J. Controlled Release*, **13**, 1-10
- Iwanzick W., Amrein J., (1988). Triasulfuron- behaviour in soil. *Proc. EWRS Symp.* "Factors affecting herbicidal activity and selectivity", 307-312
- Jamet P., (1987). Méthode d'étude de la mobilité d'un herbicide dans le sol: Résultats concernant l'isoxaben. *Phytoma*, **389**, 14-18
- Jan P., Faivre-Dupaigre R., (1977). Incidence des facons culturales sur la flore adventice. *Proc. EWRS Symp.* "Methods of weed control and their integration", Uppsala, 57-64
- Jan P., Fontaine A., Dumont R., (1976). Incidence de la simplification du travail du sol sur la flore adventice. *Proc. ITCF Conf.* "Simplification du travail du sol en production céréalière", Paris, 205-218
- Jansen L.L., Gentner W.A., Shaw W.C., (1961). Effects of surfactants on the herbicidal activity of several herbicides in aqueous spray systems. *Weeds*, **9**, 381-405
- Jauzein P., (1989) a. La résistance des mauvaises herbes aux herbicides- I. *Phytoma*, **405**, 17-25
- Jauzein P., (1989) b. La résistance des mauvaises herbes aux herbicides- II. *Phytoma*, **406**, 21-27

Johnson M.D., Wyse D.L., Lueschen W.E., (1989). The influence of herbicide formulation on weed control in four tillage systems. *Weed Sci.*, **37**, 239-249.

Jones R., (1966). Effect of seedbed preparation on the weed flora of spring barley. *Proc. 8th Br. Weed Control Conf.*, 227-228

Kells J.J., Rieck C.E., Blevins R.L., Muir W.M., (1980). Atrazine dissipation as affected by surface pH and tillage. *Weed Sci.*, **28**, 101-104

Kemp M.S., Caseley J.G., (1987). Synergistic effects of l-aminobenzole on the phytotoxicity of chlorotoluron and isoproturon in a resistant population of black grass (*Alopecurus myosuroides*). *Proc. Br. Crop Protection Conf., Weeds*, 895-899

Kenimer A.L., Mostaghimi S., Young R.W., Dillaha T.A., Shanholtz V.O., (1986). Effects of residue cover on pesticide losses from conventional and no-tillage systems. *Am. Soc. Agric. Engen.*, **30**, 953-959

King J.J., (1966). Weeds of the world: Biology and control. *Interscience publ.*, New York, 148 p.

Knab W., Hurle K., (1986). Einfluss der Grundbodenbearbeitung auf die Verunkrautung. Ein Beitrag zur Prognose der Verunkrautung. *Proc. EWRS Symp. "Economic weed control"*, 309-316

Koch W., (1979). Establishment of integrated control systems. *EPPO Bull.*, **9**, 107-118

Kocher H., Buttner B., Schmidt E., Lotzsch K., Schulz A., (1989). Influence of HOE 70542 on the behaviour of fenoxaprop-ethyl in wheat. *Proc. Br. Crop Protection Conf., Weeds*, **2**, 495-500

Koskinen W.C., McWorther C.G., (1986). Weed control in conservation tillage. *Journ. of Soil and Water Conservation*, **6**, 365-370

Kouwenhoven J.K., Terpstra R., (1979). Sorting action of tines and tinelike tools in the field. *J. Agric. Engen. Res.*, **24**, 95-113

Kouwenhoven J.W., (1982). Weed control by tillage tool actions. *Proc. 9th Conf. Int. Soil Tillage Res. Org.*, Osijek, 262-268

Kudsk P., Mathiassen S., Kristensen J., (1989). The rainfastness of five sulfonylurea herbicides on *Sinapis alba* L. *Mededelingen Faculteit Landb.*, **54**, 327-332

Kudsk P., Olesen T., Olofsdotter M., Streibig J.C., (1988). The influence of temperature and humidity on the activity and rainfastness of DPX-L5300 applied alone and with a nonionic surfactant. *Proc. EWRS Symp. "Factors affecting herbicidal activity and selectivity"*, 233-238

Kudsk P., Olesen T., Thonke K.E., (1990). The influence of temperature, humidity and simulated rain on the performance of thiameturon-methyl. *Weed Res.*, **30**, 261-269

- Kurtz D.A., Hassett K., (1988). Pesticide-polymer research: a review of 1976-87. *Polymer Sci. Techn.*, **38**, 17-43
- Lambelet-Haueter C., (1986). Analyse de la flore potentielle, en relation avec la flore réelle en grandes cultures de la région genevoise. *Condollea*, **41**, 299-319
- Le Baron H.M., Gressel J., (1982). Herbicide Resistance in Plants. *John Wiley & Sons publ.*, New York, 401 p.
- Leakey R.R.B., (1981). Adaptative biology of vegetatively regenerating weeds. *Adv. in Appl. Biol.*, **6**, 1-125
- Legere A., Samson N., Lemieux C., Rioux R., (1990). Effects of weed management and reduced tillage on weed populations and barley yields. *Proc. EWRS Symp. "Integrated weed management in cereals"*, Helsinki, 111-126
- Leguizamon E.S., Roberts H.A., (1982). Seed production by an arable weed community. *Weed Res.*, **22**, 35-39
- Lehmann R.G., Miller J.R., Olberding E.L., Tillotson P.M., Laskowski D.A., (1990). Fate of fluroxypyr in soil: I. Degradation under laboratory and greenhouse conditions. *Weed Res.*, **30**, 375-382
- Lemon E.R., (1956). The potentialities for decreasing soil moisture evaporation loss. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, **20**, 120-125
- Lolas P.C., Coble H.D., (1980). Johnsongrass (*Sorghum halepense*) growth characteristics as related to rhizome length. *Weed Res.*, **20**, 205-210
- Lowder S.W., Weber J.B., (1978). Lime and tillage effects on atrazine efficacy in a clay loam soil. *Proc. Southern Weed Sci. Soc.*, 73
- Maigrot P.H., Perrot A., Hede-Hau L., Murray A., (1989). Fluoroglycofen- ethyl: a new selective herbicide for broad-leaved weeds in cereals. *Proc. Br. Crop Protection Conf., Weeds*, **1**, 47-51
- Mallory-Smith C.A., Thill D.C, Dial M.J., (1990). Identification of sulfonylurea herbicide resistant prickly lettuce (*Lactuca serriola*). *Weed Techn.*, **4**, 163-168
- Manfredi E., Baraldi G., (1986). Aspetti meccanici ed energetici della lavorazione del terreno. *Riv. di Agron.*, **20**, 153-165
- Martindale J.F., Livingstone D.B., (1982). Chemical control of *Phalaris paradoxa* in winter cereals. *Proc. Br. Crop Protection Conf., Weeds*, 671-678
- Matsunaka S., Nakata M., Hioki K., Noguchi Y., Yoshitake D., (1985). Comparison of the mode of action of chlorsulfuron between higher plants and animals. *Proc. Br. Crop Protection Conf., Weeds*, **1**, 139-145
- Matthews G.A., (1979). Pesticide application methods. *Harlow ed., Longman publ.*, London

- Mc Mahon M.A., Thomas G.W., (1976). Anion leaching in two Kentucky soils under conventional-tillage and a killed-sod mulch. *Agron. J.*, **68**, 437-442
- Mc Worther G.G., (1984). Future needs in weed science. *Weed Sci.*, **32**, 850-855
- Mc Worther G.G., Hartwig E.E., (1965). Effectiveness of preplanting tillage in relation to herbicides in controlling Johnsongrass for soybean production. *Agron. J.*, **57**, 385-389
- Mersie W., Foy C.L., (1985). Phytotoxicity and adsorption of chlorsulfuron as affected by soil properties. *Weed Sci.*, **33**, 564-568
- Mersie W., Foy C.L., (1986). Adsorption, desorption and mobility of chlorsulfuron in soils. *Journ. Agric. Food Chemistry*, **34**, 89-92
- Meyer L.D., Mannering J.V., (1967). Tillage and land modification for water erosion control. *Proc. Am. Soc. Eng., Publ. No. 168*, 149 p.
- Milojic B., Bozic D., (1982). The influence of soil tillage on weediness of wheat. *Proc. 9th Conf. Int. Soil Tillage Res. Org., Osijek*, 275-279
- Montegut J., (1984). Réflexions sur mauvaises herbes et cultures. *Proc. 7th Coll. Int. on the Ecology, Biology and Systematics of Weeds*, Paris, 1-20
- Montegut J., (1985). Perennes et vivaces nuisibles en agriculture. *Monsanto ed., Versailles*
- Mortimer A.M. (1976). Aspects of the seed population dynamics of *Dactylis glomerata* L., *Holcus lanatus* L., *Plantago lanceolata* L. and *Poa annua* L. *Proc. Br. Crop Protection Conf., Weeds*, 687-694
- Mortimer A.M., (1979). The influence of cultural measures and herbicide practices on the fate of weed seeds. *Proc. EWRS Symp. "The influence of different factors on the development and control of weeds"*, Mainz, 135-143
- Mosca G., Ziliotto U., Gambarin L., Toniolo L., (1986). Effetti della profondità di aratura sulla coltura del grano tenero in successione al mais. *Riv. di Agron.*, **20**, 265-276
- Moss S.R., (1981). The response of *Alopecurus myosuroides* during a five year period to different cultivation and straw disposal systems. *Proc. Grass Weeds in Cereals in the United Kingdom Conf.*, 15-21
- Moss S.R., (1985). The survival of *Alopecurus myosuroides* Huds. seeds in soil. *Weed Res.*, **25**, 201-211
- Moss S.R., (1987). Herbicide resistance in black grass (*Alopecurus myosuroides*). *Proc. Br. Crop Protection Conf., Weeds.*, **2**, 879-886
- Moss S.R., (1988). Influence of cultivations on the vertical distribution of weed seeds in the soil. *Proc. 8th Coll. Int. on the Biology, Ecology and Systematic of Weeds*, Paris, 71-80
- Moss S.R., Orson J.H., (1988). The distribution of herbicide-resistant *Alopecurus myosuroides* in England. *Adv. in Appl. Biol.*, **18**, 177-185

- Mukula J., (1963). Studies on the biology and control of marsh horsetail (*Equisetum palustre* L.). *Ann. Agric. Fenn.*, **2** (4), 1-57
- Mulqueen P.J., Paterson E.S., Smith G.W., (1990). Recent developments in suspoemulsions. *Pest. Sci.*, **29**, 451-465
- Nalewaja J.D., Adamczewski K.A., (1988). Thiameturon phytotoxicity to Kochia (*Kochia scoparia*). *Weed Sci.*, **36**, 296-300
- Nearpass D.C., (1965). Effects of soil acidity on the adsorption, penetration and persistence of simazine. *Weeds*, **13**, 341-346
- Nestler H.J., Bieringer H., (1980). Synthesis and herbicidal activity of (D)- and (L)-methyl-2-(4-(2,4-dichloro-phenoxy)phenoxy)propionate enantiomers. *Zeits Naturforschung*, **35**, 366-371
- Nicholls P.H., Evans A.A., Walker A., (1987). The behaviour of chlorsulfuron and metsulfuron in soils in relation to incidents of injury to sugarbeet. *Proc. Br. Crop Protection Conf., Weeds*, **2**, 549-556
- Nilsson H., Arvidsson T., (1989). Persistence and mobility of herbicides in arable soil. Investigations in 1986-1987. *Swedish Crop Protection Conf.*, 270-277
- Ohyama, H., Yamamura H., Kobayashi S., Chiba K., Warner H.L., Hansen C.O., Musco V.A., Kelley D.E., Bayer H.O., (1989). RH-0898: a new selective post-emergence herbicide for grass weed control. *Proc. Br. Crop Protection Conf., Weeds*, **1**, 59-66
- Oliphant J.M., (1977). Some notes on the effect of herbicide use and cultivation practice on population and control of *Avena* spp. in winter wheat. *J. Expl. Husb.*, **32**, 50-55
- Orson J.H., (1989). The integration of pest and disease control with weed control in winter cereals in Great Britain. *Proc. Br. Crop Protection Conf., Weeds*, **1**, 97-106
- Owen W.J., (1989). Metabolism of herbicides detoxification as a basis of selectivity. In "Herbicides and Plant Metabolism", *Dodge A.D. ed., Cambridge Univ. Press publ.*, Cambridge, 171-198
- Pareja M.R., Stainforth D.W., (1985). Seed-soil microsite characteristics in relation to weed seed germination. *Weed Sci.*, **33**, 190-195
- Pareja M.R., Stainforth D.W., Pareja G.P., (1985). Distribution of weed seed among soil structural units. *Weed Sci.*, **33**, 182-189
- Parker C., (1983). Herbicide antidotes - A review. *Pest. Sci.*, **14**, 40-48
- Parochetti J.V., (1978). Dissipation of triazines in conventional and no-tillage corn. *Proc. Northeastern Weed Sci. Soc.*, 56
- Patruno A., Cavazza L., Catizone P., Flori P., Vitali G., Vicari A., (1990). Primi risultati con l'impiego di erbicidi microincapsulati. *Inf. Agr.*, **17**, 47-51

- Pessala B., (1978). Longevity of *Avena fatua* seeds in the field. *Proc. 19th Swedish Weed Control Conf.*, 14-24
- Petersen B.B., Shea P.J., (1989). Microencapsulated alachlor and its behaviour. *Weed Sci.*, 37, 719-723
- Petersen B.B., Shea P.J., Wicks G.A., (1988). Acetanilide activity and dissipation as influenced by formulation and wheat stubble. *Weed Sci.*, 36, 243-249
- Petersen P.J., Haderlie L.C., Hoefer R.H., McAllister R.S., (1985). Dicamba absorption and translocation as influenced by formulation and surfactant. *Weed Sci.*, 33, 717-720
- Pfeiffer R.K., (1968). The problem of annual grasses. *Proc. 9th Br. Weed Control Conf.*, 1077-1082
- Phillips R.E., (1984). Soil Moisture. In "No-tillage Agriculture: principles and practices", Phillips R.E., Phillips S.H. ed., Van Nostrand Reinhold Co. publ., New York, 66-86
- Phillips R.E., Blevins R.L., Thomas G.W., Frye W.W., Phillips S.H., (1980). No-tillage agriculture. *Science*, 208, 1108-1113
- Pitty A., Stainforth D.W., Tiffany L.H., (1987). Fungi associated with caryopses of *Setaria* species from field-harvested seeds and from soil under two tillage systems. *Weed Sci.*, 35, 319-323
- Pollard F., Cussans G.W., (1976). The influence of tillage on the weed flora of four sites sown to successive crops of spring barley. *Proc. Br. Crop Protection Conf., Weeds*, 1019-1028
- Pollard F., Cussans G.W., (1981). The influence of tillage on the weed flora in a succession of winter cereal crops on a sandy loam soil. *Weed Res.*, 21, 185-190
- Pollard F., Moss S.R., Cussans G.W., Froud-Williams R.J., (1982). The influence of tillage on the weed flora in a succession of winter wheat crops on a clay loam soil and a silt loam soil. *Weed Res.*, 22, 129-136
- Popay A.I., Roberts A.H., (1970). Factors involved in the dormancy and germination of *Capsella bursa-pastoris* (L.) and *Senecio vulgaris* (L.). *J. Ecol.*, 58, 103-122
- Powles S.B., Howat P.D., (1990). Herbicide-resistant weeds in Australia. *Weed Techn.*, 4, 178-185
- Prasad R., Power J.F., (1991). Crop residue management. *Adv. in Soil Sci.*, 15, 205-251
- Primiani M.M., Cotterman J.C., Saari L.L., (1990). Resistance of kochia (*Kochia scoparia*) to sulfonylurea and imidazolinone herbicides. *Weed Techn.*, 4, 169-172
- Putnam A.R., DeFrank J., (1983). Use of phytotoxic plant residues for selective weed control. *Crop Protection*, 2 (2), 173-181

- Putwain P.D., Mortimer A.M., (1989). The resistance of weeds to herbicides: rational approaches for containment of a growing problem. *Proc. Br. Crop Protection Conf., Weeds*, **1**, 285-294
- Rahman A., Ashford R., (1970). Selective action of trifluralin for control of green foxtail in wheat. *Weed Sci.*, **18**, 754-759
- Rahman A., James T.K., Mortimer J., (1985). Residual activity of some newly developed post-emergence herbicides for grass weeds. *Proc. New Zealand Pest Control Conf.*, 61-65
- Rapparini G., Fabbri M., (1985). Prove di lotta contro il *Sorghum halepense* da rizoma infestante la soia. *Atti Conv. SILM "Le erbe infestanti graminacee nella moderna agricoltura: dinamica, problemi e possibili soluzioni"*, Verona, 357-364
- Rasmussen J., (1990). Selectivity, an important parameter on establishing the optimum harrowing technique for weed control in growing cereals. *Proc. EWRS Symp. "Integrated weed control in cereals"*, Helsinki, 197-204
- Ray T.B., (1985) The site of action of the sulfonylurea herbicides. *Proc. Br. Crop Protection Conf., Weeds*, 131-138
- Reed W.T., Saladini J.L., Cotterman J.C., Primiani M.M., Saari L.L., (1989). Resistance in weeds to sulfonylurea herbicides. *Proc. Br. Crop Protection Conf., Weeds*, **1**, 295-300
- Rendina A.R., Felts J.M., (1988). Cyclohexanadione herbicides are selective and potent inhibitors of acetyl CoA carboxylase from grasses. *Pl. Physiol.*, **86**, 983-986
- Ritter R.L., (1991). Management tactics for herbicide resistant weeds. *Proc. Northeastern Weed Sci. Soc.*, **45**, 160-162
- Roberts H.A., (1963) a. Studies on the weeds of vegetable crops. III. Effect of different primary cultivations on the weed seeds in the soil. *J. Ecol.*, **51**, 83-95
- Roberts H.A., (1963) b. Studies on the weeds of vegetable crops. IV. Further observations on the effect of different primary cultivations. *J. Ecol.*, **51**, 323-332
- Roberts H.A., (1968). The changing population of viable weed seeds in arable soil. *Weed Res.*, **8**, 253-256
- Roberts H.A., (1981). Seed banks in soils. *Adv. in Appl. Biol.*, **6**, 1-55
- Roberts H.A., (1983). Weed seeds in horticultural soils. *Sci. Hortic.*, **34**, 1-11
- Roberts H.A., Bond W., (1981). Evaluation of DPX 4189 for weed control in drilled vegetable crops. *Annals of Appl. Biol.*, **97** (2), 40-41
- Roberts H.A., Bond W., (1983). Evaluation of DPX-T6376 for weed control in drilled vegetable. *Annals of Appl. Biol.*, **104** (5), 78-79

- Roberts H.A., Dawkins P.A., (1967). Effect of cultivation on the number of viable weed seeds in soil. *Weed Res.*, **7**, 290-301
- Roberts H.A., Feast P.M., (1972). Fate of seeds of some annual weeds in different depths of cultivated and undisturbed soil. *Weed Res.*, **12**, 316-324
- Roberts H.A., Feast P.M., (1973). Changes in the numbers of viable weed seeds in soil under different regimes. *Weed Res.*, **13**, 298-303
- Roberts H.A., Ricketts M.E., (1979). Quantitative relationships between the weed flora after cultivation and the seed population in the soil. *Weed Res.*, **19**, 269-275
- Roberts H.A., Stokes F.G., (1965). Studies on the weeds of vegetable crops. V. Final observations on an experiment with different primary cultivations. *J. Appl. Ecol.*, **2**, 307-315
- Roggenbuck F.C., Rowe L., Penner D., Petroff L., Burow R., (1990). Increasing postemergence efficacy and rainfastness with silicone adjuvants. *Weed Techn.*, **4**, 567-580
- Rouchaud J., Gustin F., Van Himme M., Bulcke R., Benoit F., Maddens K., (1991). Metabolism of the herbicide diflufenican in the soil of field wheat crops. *Journ. Agric. Food Chemistry*, **39**, 968-976
- Rule J.S., (1981). Grass weed problems old and new. *Arable Farming*, 63-64
- Ryan P.J., Owen W.J., (1982). The mechanism of selectivity of chlorotoluron between cereals and grass weeds. *Proc. Br. Crop Protection Conf., Weeds*, 317-324
- Ryan P.J., Owen W.J., (1983). Metabolism of chlorotoluron in tolerant and sensitive cereal varieties *Adv. in Appl. Biol.*, **3**, 63-72
- Scalla R., (1987). Mécanismes physiologiques de la sélectivité des herbicides. *Phytoma*, **391**, 8-11
- Scarponi L., (1988). Aspetti e problemi del metabolismo dei pesticidi nei cereali. *Atti 4° Conv. Naz. SICA*, 7-23
- Schafer D.E., Chilcote D.O., (1970). Factors influencing persistence and depletion in buried seed populations. II. The effects of soil temperature and moisture. *Crop Sci.*, **10**, 342-345
- Schnappinger M.G., Trapp C.P., Boyd J.M., Pruss S.W., (1977). Soil pH and triazine activity in no-tillage corn as affected by nitrogen and lime applications. *Proc. Northeastern Weed Sci. Soc.*, 116
- Schott J.J., Dufour J.L., Gauvrit C., (1991). Effects of adjuvants on herbicidal action. III. Effects of petroleum and rapeseed oils on diclofop-methyl action on ryegrass. *Agronomie*, **11**, 27-34

- Schreiber M.M., (1982). Modelling the biology of weeds for integrated weed management. *Weed Sci.*, **30**, 13-16
- Schweizer E.E., Zimdahl R.L., (1984) a. Weed seed decline in irrigated soil after six years of continuous corn (*Zea mays*) and herbicides. *Weed Sci.*, **32**, 76-83
- Schweizer E.E., Zimdahl R.L., (1984) b. Weed seed decline in irrigated soil after rotation of crops and herbicides. *Weed Sci.*, **32**, 84-89
- Schweizer E.E., Zimdahl R.L., Mickelson R.H., (1989). Weed control in corn (*Zea mays*) as affected by till-plant systems and herbicides. *Weed Techn.*, **3**, 162-165
- Seaman, D., (1990). Trends in the formulation of pesticides - an overview. *Pest. Sci.*, **29**, 437-449
- Secor J., Cséke C., (1988). Inhibition of acetyl-CoA carboxylase activity by haloxyfop and tralkoxydim. *Pl. Physiol.*, **86**, 10-12
- Secor J., Cséke C., Owen W.J., (1989). The discovery of the selective inhibition of a acetyl-coenzyme A carboxylase activity by two classes of gaminicides. *Proc. Br. Crop Protection Conf., Weeds*, 145-154
- Shaner D.L., Andersen P.C., Stidham M.A., (1984). Imidazolinones: Potent inhibitors of acetohydroxyacid synthase. *Pl. Physiol.*, **76**, 545-546
- Shaner D.L., Umeda K., Ciarlante D.R., Los M., (1982). AC 222,293 a new postemergent herbicide for cereals: greenhouse studies. *Proc. Br. Crop Protection Conf, Weeds*, **1**, 25-29
- Shilling M., Donn G., Liebl R.A., Worsham A.D., (1985). Rye (*Secale cereale* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.) mulch: the suppression of certain broadleaved weeds and the isolation and identification of phytotoxins. In "The Chemistry of Allelopaty", *Thompson A.C. ed., Am. Chem. Soc. Symp., Series 268*, 247-271
- Slack C.H., Blevins B.L., Rieck C.E., (1978). Effect of soil pH and tillage on persistence of simazine. *Weed Sci.*, **26**, 145-148
- Smith A.E., (1986). Persistence of the herbicides chlorsulfuron and metsulfuron methyl in Praire field soils under laboratory conditions. *Bull. Environ. Cont. Toxicol.*, **37**, 698-704
- Smith A.E., Sharma M.P., Aubin A.J., (1990). Soil persistence of thiameturon (DPX M6316) and phytotoxicity of the major degradation product. *Can. J. Soil Sci.*, **70**, 485-491
- Spugnoli P., Vieri M., (1990). Un sistema di dosaggio automatico dei fitofarmaci nelle irroratrici. *Atti Giornate Fitopatologiche*, **3**, Pisa, 447-456

- Stainforth D.W., Wiese A.F., (1985). Weed biology and its relationship to weed control in limited-tillage systems. In "Weed control in limited tillage systems", Wiese A.F. ed., *Weed Sci Soc. Am. publ.*, Champaign, 2, 15-25
- Staniforth D.W., Loomis W.E., (1949). Surface action in 2,4-D sprays. *Science*, 109, 297-299.
- Steenhuis T.S., Staubitz W., Andreini M.S., Surface J., Richard T.L., Paulsen R., Pickering N.B., Hagerman J.R., Geohring L.D., (1990). Preferential movement of pesticides and tracers in agricultural soils. *Journ. of Irrigation and Drainage Engen.*, 116, 50-66
- Sterling T.M., Balke N.E., (1988) Is bentazon hydroxylation catalyzed by a cytochrome P-450 monooxygenase?. *Proc EWRS Symp. "Factors affecting herbicidal activity and selectivity"*, 199-200
- Stevens O.A., (1932). The number and weight of seeds produced by weeds. *Am. J. Bot.*, 19, 784-794
- Stevens P.J.G., Baker E.A., Anderson N.H., (1988). Factors affecting the foliar absorption and redistribution of pesticides. 2. Physico-chemical properties of the active ingredient and role of surfactant. *Pest. Sci.*, 24, 31-53
- Stoller E.W., (1977). Differential cold tolerance of quackgrass and johnsongrass rhizome. *Weed Sci.*, 25, 348-351
- Stoller E.W., Wax L.M., (1973). Periodicity of germination and emergence of some annual weeds. *Weed Sci.*, 21, 574-580
- Szabo S.S., Bucholtz K.P., (1961). Penetration of living and non-living surfaces by 2,4-D as influenced by ionic additives. *Weeds*, 9, 177-184
- Taylorson J.M., (1972). Phytochrome controlled changes in dormancy and germination of buried weed seeds. *Weed Sci.*, 17, 48-51
- Temple R.E., Hilton H.W., (1963). The effects of surfactants on the water solubility of herbicides, and the foliar phytotoxicity of surfactants. *Weeds*, 11, 297-299
- Terpstra R., (1986). Behaviour of weed seed in soil clods. *Weed Sci.*, 34, 889-895
- Thomas P.E.L., (1969). Effects of dessication and temperature on survival of *Cyperus esculentus* tubers and *Cynodon dactylon* rhizomes. *Weed Res.*, 9, 1-8
- Thompson K., Grime J.P., Mason G., (1977). Seed germination in response to diurnal fluctuations of temperature. *Nature*, London, 267, 147-149
- Tiedau D., Nuyken W., Baeumer K., (1974). Control of *Agropyron repens* by herbicides and crop rotation in a zero-tillage system. *Proc. 12th Br. Weed Control Conf.*, 345-351
- Timmons F., Bruns V., (1951). Frequency and depth of shoot cutting in eradication of certain creeping plants. *Agron. J.*, 43, 371-375

- Toderi G., Bonari E., (1986) a. Lavorazioni del terreno: aspetti agronomici. I. Interazioni tra lavorazioni e terreno, clima, altre tecniche agronomiche. *Riv. di Agron.*, **20**, 85-105
- Toderi G., Bonari E., (1986) b. Lavorazioni del terreno: aspetti agronomici. II. Lavorazioni e pianta coltivata. *Riv. di Agron.*, **20**, 106-133
- Toderi G., Catizone P., (1975). Effetti di trattamenti con Glifosate, Dalapon ed Aminotriazolo e lavorazioni del terreno su piante di *Sorghum halepense* originate da rizoma. *Atti Giornate Fitopatologiche*, Torino, 1-10
- Toderi G., Stefanelli G., Govi G., Garagnani E., (1986) a. Ricerche sulla profondità di lavorazione del terreno. III. Influenza delle lavorazioni su produzione e comportamento biologico del frumento. *Riv. di Agron.*, **20**, 249-257
- Toderi G., Stefanelli G., Comellini F., (1986) b. Ricerche sulla profondità di lavorazione del terreno. IV. Variazione della composizione chimica e di alcune caratteristiche fisiche lungo il profilo come conseguenza delle lavorazioni. *Riv. di Agron.*, **20**, 258-264
- Toole A.P., Crosby D.G., (1989). Environmental persistence and fate of fenoxaprop-ethyl. *Bull. Environ. Toxic. Chem.*, **8**, 1171-1176
- Toole E.H., Brown E., (1946). Final results of the Duvel buried seed experiment. *J. Agric. Res.*, **72**, 201-210
- Trimnell D., Shasha B.S., (1988). Autoencapsulation: a new method for entrapping pesticides within starch. *J. Controlled Release*, **7**, 25-31
- Triplett G.B., Lytle G.D., (1972). Control and ecology of weeds in continuous corn grown without tillage. *Weed Sci.*, **20**, 453-457
- Triplett G.B., Worsham A.D., (1986). Principles of weed management with surface tillage systems. In "No tillage and surface tillage agriculture: The tillage revolution", *Sprague M.A., Triplett G.B. ed., John Wiley & Sons publ., New York*, 319-346
- Turner D.J., Loader M.P.C., (1975). Further studies with additives: effects of phosphate esters and ammonium salts on the activity of leaf-applied herbicides. *Pest. Sci.*, **6**, 1-10
- Turner D.J., Loader M.P.C., (1984). Effect of ammonium sulphate and related salts on phytotoxicity of dichlorprop and other herbicides used for broadleaved weed control in cereals. *Weed Res.*, **24**, 67-77
- Van Esso M.L., Ghera C.M., Soriano A., (1986). Cultivation effects on the dynamic of a Johnsongrass seed population in the soil profile. *Soil & Tillage Res.*, **6**, 325-335
- Van Rensen J.J.S., (1988). Action of herbicides on plant metabolism with special emphasis on photosynthesis. *Proc EWRS Symp. "Factors affecting herbicidal activity and selectivity"*, 17-24

- Varsheney J.G., Singh H.G., (1990). Effects of adjuvants on herbicide efficacy in controlling weeds in wheat. *Weed Sci.*, 38, 229-236
- Verdier J.L., (1990). Travail du sol, mauvaises herbes et désherbage. *Phytoma*, 414, 13-22
- Veiz A., (1981). Travail du sol, tradition ou techniques nouvelles ?. *Revue Suisse Agric.*, 13, 197-204
- Vicari A., (1989). Problematika dell'impiego del chlorsulfuron nel diserbo del frumento. *Tesi di Dottorato di Ricerca in Colture erbacee*, Università di Bologna, 120 p.
- Vicari A., (1990). Dove finiscono gli erbicidi. *Terra e Vita*, 38, 42-43
- Vicari A., Catizone P., Zimdhal R.L., (1991). Bioactivity, persistence and mobility of chlorsulfuron in soil. *Riv. di Agron.*, 3, (in corso di stampa)
- Videau B., (1990). Microincapsulazione: nuove tecnologie. *Inf. Agr.*, 17, 51-54
- Viggiani P., (1990). Erbe spontanee e infestanti: tecniche di riconoscimento (dicotiledoni). *Bayer ed., Edagricole pubbl.*, Bologna, 271 p.
- Vullioud P., Maillard A., (1988). Le désherbage des cultures semées sans labour: Experiences acquises en Suisse romande de 1967-1987. *Revue Suisse Agric.*, 24 (4), 225-227
- Walker A., Welch S.J., (1989). The relative movement and persistence in soil of chlorsulfuron, metsulfuron-methyl and triasulfuron. *Weed Res.*, 29, 375-383
- Wanamarta G., Penner D., Kells J.J., (1989). Identification of efficacious adjuvants for sethoxydim and bentazon. *Weed Techn.*, 3, 60-66
- Warner R.B., Watson K., Bird G., Farrell G.M., Spinks G.A., McClellan W.D., Kowalkzyk B., (1989). Tralkoxydim- A new post-emergence cereal selective graminicide. *Proc. Br. Crop Protection Conf., Weeds*, 1, 19-25
- Warnes D.D., Andersen R.N., (1984). Decline of wild mustard (*Brassica kaber*) seeds in soil under various cultural and chemical practices. *Weed Sci.*, 32, 214-217
- Weber J.B., Lowder S.W., (1985). Soil factors affecting herbicide behaviour in reduced tillage systems. In "Weed control in limited tillage systems", *Wiese A.F. ed., Weed Sci Soc. Am. publ.*, Champaign, 2, 227-241
- Weber J.B., Shea P.J., Strek H.J., (1980). An evaluation of nonpoint sources of pesticide pollution in runoff. In "Environmental impact of nonpoint source pollution", *Overcash M.R., Davidson J.M. ed., Ann Arbor Sci. Publ. Inc. publ.*, Ann Arbor, 69-98
- Webster G.R.B., Reimer G.J., (1976). Field degradation of the herbicide metribuzin and its degradation products in a Manitoba sandy loam. *Weed Res.*, 16, 191-196
- Wesson G., Wareing P.F., (1969). The role of light in the germination of naturally occurring populations of buried weed seeds. *J. Exp. Bot.*, 20, 402-413

- West T.M., (1989). Activity, pre-emergence selectivity and persistence of some recently developed herbicides: BAS 51800H, DPX-L5300, triasulfuron, DPX-A7881 and fluroxypir. *Techn. Rept. Inst. Arable Crops Res., Long Ashton*, **106**, 57 p.
- Wicks G.A., (1974). The role of weed control in reduced tillage systems for direct drilled crops. *Proc. 29th North Central Weed Control Conf.*, 25-29
- Wicks G.A., Somerhalder B.R., (1971). Effects of seedbed preparation for corn on the distribution of weed seeds. *Weed Sci.*, **19**, 666-668
- Wightman P., Haines C., (1985). Mode of action and basis of selectivity of diflufenican. *Proc. Br. Crop Protection Conf., Weeds*, **1**, 171-178
- 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
- Wilson B.J., (1972). Studies on the fate of *Avena fatua* seeds on cereal stubble as influenced by autumn treatment. *Proc. 11th Br. Weed Control Conf.*, 242-247
- Wilson B.J., (1978). Effect of seed age and cultivation on seedling emergence and seed decline of *Avena fatua* L. in winter barley. *Weed Sci.*, **33**, 171-175
- Wilson B.J., (1981). The influence of reduced cultivations and direct drilling on the long term decline of a population of *Avena fatua* L. in spring barley. *Weed Res.*, **21**, 23-28
- Wilson B.J., (1988). The effect of extensification and set-aside on annual grass weed species in cereals. *Adv. in Appl. Biol.*, **18**, 15-26
- Wilson B.J., Cussans G.W., (1975). A study of the population dynamics of *Avena fatua* as influenced by straw burning, seed shedding and cultivations. *Weed Res.*, **15**, 249-258
- Wilson B.J., Moss S.R., Wright K.J., (1989). Long term studies of weed populations in winter wheat as affected by straw disposal, tillage and herbicide use. *Proc. Br. Crop Protection Conf., Weeds*, **1**, 131-136
- Wilson B.J., Scott J.L., (1982). Population trends of *Avena fatua* and *Alopecurus myosuroides* on a commercial arable and dairy farm. *Proc. Br. Crop Protection Conf., Weeds*, **2**, 619-628
- Wilson H.P., Hines T.E., Hatzios K.K., Doub J.P., (1988). Efficiency comparison of alachlor and metolachlor formulations in the field. *Weed Techn.*, **2**, 24-27
- Wing R.E., Maiti S., Doane W.M., (1988). Amylose content of starch controls the release of encapsulated bioactive agents. *J. Controlled Release*, **7**, 33-37
- Witt W.W., (1984). Response of weeds and herbicides under no-tillage conditions. In "No tillage Agriculture: principles and practices", Phillips R.E., Phillips S.H. ed., Von Nostrand Reinhold Co. publ., New York, 152-170

- Worsham A.D., (1980). No-till corn - its outlook for the '80's. *Proc. Annual Corn and Sorghum Res. Conf.*, **35**, 146-163
- Wrucke M.A., Arnold W.E., (1985). Weed species distribution as influenced by tillage and herbicides. *Weed Sci.*, **33**, 853-856
- Zanin G., Cantele A., Della Pietà S., Lorenzoni G.G., Tei F., Vazzana C., (1985). Relazione generale. *Atti Conv. SILM "Le erbe infestanti graminacee nella moderna agricoltura: dinamica, problemi e possibili soluzioni"*, Verona, 13-312
- Zanin G., Sattin M., (1988). Threshold level and seed production of velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Medicus) in maize. *Weed Res.*, **28**, 347-352
- Zhao C.C., Teasdale J.R., Coffman C.B., (1990). Factors affecting the activity of thifensulfuron. *Weed Sci.*, **38**, 553-557
- Zorner P.S., Zimdahl R.L., Schweizer E.E., (1984). Sources of viable seed loss in buried dormant and non-dormant populations of wild oat (*Avena fatua* L.) seed in Colorado. *Weed Res.*, **24**, 143-150

S. FOSCHI, G. RAPPARINI, P. FLORI, M. PIZZI.

Dipartimento di Protezione e Valorizzazione Agroalimentare - Centro di Fitofarmacia -
Università di Bologna.

Premessa

L'impiego di sostanze chimiche ad attività erbicida in agricoltura, se da un lato ha contribuito notevolmente all'evoluzione della pratica agricola liberando l'agricoltore da una delle più gravose operazioni colturali, dall'altro ha introdotto problemi nuovi, non solo di natura agronomica ma anche ambientale e sociale. Di tali problemi quelli che più frequentemente ricorrono sono legati alla eccessiva persistenza degli erbicidi nel terreno e alla loro presenza in acque superficiali o di falda.

La possibile presenza nel suolo coinvolge direttamente l'agricoltore e può essere considerato come effetto indesiderato dell'avvicendamento (Giardini e Giovanardi, 1974) in quanto i residui di un erbicida distribuito su di una coltura possono influenzare negativamente lo sviluppo della coltura successiva, mentre la contaminazione delle acque interessa l'intera comunità creando problemi igienico-sanitari delle risorse idriche nelle zone soggette a tali fenomeni.

E' ormai chiaro che il destino di un prodotto nell'ambiente è il risultato dell'equilibrio tra i complessi meccanismi di degradazione e trasporto che regolano il sistema fitofarmaco/ambiente/coltura.

Una premessa va fatta sui criteri di valutazione della mobilità e della persistenza condotti per via chimica o biologica. Mentre nel primo caso abbiamo informazioni dirette valutando quantitativamente il prodotto ed i suoi metaboliti, nel secondo caso l'informazione ottenuta attraverso test biologici riguarda i possibili "effetti" del fitofarmaco sull'ambiente e sulle colture in successione. Si tratta di informazioni complementari e pertanto ugualmente utili per una completa valutazione delle caratteristiche dei diversi erbicidi.

In merito ai meccanismi di degradazione e trasporto si riconoscono nel terreno tre zone all'interno delle quali questi meccanismi avvengono (Fig. 1):

- a) l'atmosfera immediatamente sovrastante la coltura (m. 1-2);
- b) la zona di terreno insatura dal punto di vista della capacità di campo, corrispondente al profilo interessato dallo sviluppo radicale della coltura;

- c) la zona di terreno insatura dal punto di vista del contenuto acquoso e sottostante la zona radicale (vadose zone);
- d) la zona di terreno satura dal punto di vista del contenuto acquoso in quanto permeata dalla falda acquifera (groundwater).

I fenomeni fisici, chimici e biologici che avvengono in queste zone convenzionali sono alla base del comportamento del prodotto nel suolo e sono influenzati dalle variabili intrinseche del sistema fitofarmaco/ambiente/coltura (Tab. 1), alle quali si deve grande importanza ai fini del destino dei residui.

I processi che più degli altri determinano il destino ambientale di un prodotto organico di sintesi sono: immobilizzazione e rilascio, degradazione, mobilità e trasporto in soluzione. Dopo un trattamento il passaggio di un prodotto organico di sintesi dalla fase solida del formulato alla soluzione del suolo è regolato in primo luogo dalla sua solubilità condizionata anche dagli additivi presenti.

La concentrazione della soluzione circolante non resta costante nel tempo per le perdite continue di prodotto dovute al trasporto, all'assorbimento da parte delle piante, alle trasformazioni chimiche e biologiche e ai fenomeni di adsorbimento dei colloidali minerali e organici del suolo. Le molecole così immobilizzate possono ritornare in soluzione per i fenomeni di desorbimento e per solubilizzazione.

Un particolare tipo di rilascio da parte del terreno è costituito dal processo di volatilizzazione, al quale sono interessati gli erbicidi caratterizzati da elevata tensione di vapore; esso svolge un ruolo negativo sia per quello che riguarda l'efficacia dell'erbicida che per quanto concerne la dispersione nell'ambiente della sostanza stessa.

In generale per determinare il destino di un composto i più importanti fattori da considerare sono rappresentati dalla solubilità e dai fenomeni di adsorbimento.

La solubilità dipende principalmente dalla natura chimica del prodotto, dalla temperatura, dalla composizione ionica della soluzione acquosa e dalle proprietà della fase solida presente.

Per il trasporto operato dall'acqua, la mobilità di un erbicida lungo il profilo stratigrafico del terreno è notevolmente influenzata dalla sua solubilità; tuttavia quest'ultimo parametro, pur importante nella determinazione della percolazione e della selettività di posizione, non sembra essere necessariamente un buon indicatore della mobilità degli erbicidi per la contemporanea presenza di altri importanti fenomeni.

La solubilità è, il più delle volte, crescente al crescere della temperatura, ma non mancano casi in cui aumenta al diminuire della temperatura stessa. Anche il pH ha un ruolo determinante nella definizione della solubilità dei prodotti organici di sintesi, poichè quando le molecole sono suscettibili di ionizzazione, la loro solubilità può aumentare notevolmente. La piovosità, lo stato idrico del suolo e la sua temperatura al momento del trattamento sono

ifattori che in maniera più rilevante intervengono modificando la velocità di solubilizzazione. I processi di adsorbimento sono in grado di influenzare in modo determinante la lisciviazione, la volatilizzazione, la decomposizione chimica, la degradazione biologica dei principi attivi ed i processi di assorbimento delle piante, risultando perciò molto importanti per l'attività del prodotto, per la sua persistenza e per il suo potenziale inquinante.

In un determinato sistema con temperatura, pressione e concentrazione costanti, il rapporto tra la quantità di prodotto adsorbito dal terreno e quella contenuta nella soluzione in equilibrio è con buona approssimazione costante e si può esprimere mediante il coefficiente di adsorbimento (K_d).

I processi di degradazione degli erbicidi sono fondamentali ai fini della loro permanenza nell'ambiente e rappresentano i soli capaci di allontanare le sostanze inquinanti dall'ambiente in modo definitivo. Tali processi comprendono sia i meccanismi di degradazione abiotica che biotica, ritenuti i principali fattori della dissipazione degli erbicidi nel terreno. Tuttavia è opportuno precisare che l'influenza dei fattori ambientali condiziona fortemente gli stessi processi biotici. E' stato infatti osservato che la degradazione degli erbicidi è più rapida nelle applicazioni primaverili rispetto a quelle autunnali poichè le condizioni climatiche favoriscono l'attività microbica (fig. A e B).

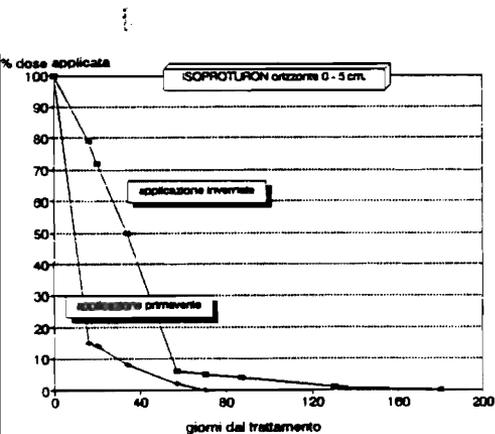


fig. A

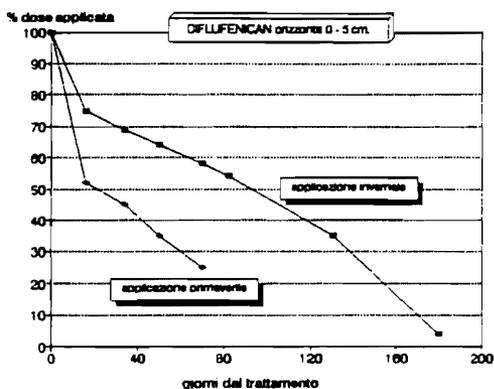


fig. B

Inoltre, gli erbicidi distribuiti in primavera hanno un comportamento differente a seconda che l'applicazione avvenga dopo un inverno mite o rigido. Se l'inverno è decorso freddo la degradazione dei prodotti è più lenta e meno completa, mentre dopo un inverno mite e piovoso è rapida e completa (Salembier, 1990).

Per quello che riguarda la mobilità essa può realizzarsi per fenomeni di diffusione o di convezione (flusso di massa). Il trasporto dei prodotti organici di sintesi per diffusione è molto lento rispetto al trasporto per convezione e le distanze coperte dai prodotti sono valutabili generalmente in millimetri.

Poichè nel suolo il trasporto è operato dall'acqua, oltre alle caratteristiche del terreno, hanno un ruolo determinante in particolare: frequenza e intensità delle precipitazioni piovose, presenza di falde superficiali, esistenza di un sistema di drenaggio o di irrigazione.

Il trasporto degli erbicidi è condizionato dalle proprietà adsorbenti del terreno. In effetti se una soluzione erbicida attraversa un substrato poroso fortemente adsorbente, il passaggio delle molecole è rallentato poichè esse sono adsorbite o fissate più o meno reversibilmente. Le reazioni di degradazione chimica e biologica riducono le quantità trasportate.

Il parametro mobilità, da solo, può dare un'idea della pericolosità di un dato prodotto; da essa dipendono infatti i movimenti della molecola nel terreno e la profondità di percolazione che definiscono, in ultima analisi, la probabilità di contaminazione delle acque superficiali. Una classificazione della mobilità ha tuttavia poco significato se viene valutata in senso assoluto poichè assume valori estremamente variabili al variare della natura del terreno.

La presenza dei residui di un diserbante nelle acque di falda o di lisciviazione esprime in termini globali la somma dei comportamenti del prodotto dal momento della sua immissione nell'ambiente (Fig. 1). In termini pratici ciò viene fatto attraverso la ricerca di parametri e coefficienti che facendo riferimento alle caratteristiche fisico-chimiche del prodotto e alle condizioni naturali dell'ambiente, possano esprimere in modo attendibile il comportamento del diserbante nel tempo e nello spazio. Alcuni tra i più utilizzati sono (Tab. 2):

- a) il coefficiente di adsorbimento nel terreno (K_d);
- b) il coefficiente di adsorbimento in funzione della sostanza organica (K_{om}) o del carbonio organico (K_{oc});
- c) la solubilità in acqua (WS);
- d) il coefficiente di partizione ottanolo/acqua (K_{ow});
- e) la mobilità (R_f) su strato sottile di terreno (soil TLC).

Questi indici consentono con buona approssimazione di prevedere le caratteristiche ambientali di una sostanza, anche se il suo comportamento reale si realizza solo nell'interazione con le variabili di campo (tipo di terreno; piovosità; condizioni climatiche; tipo di coltura; ecc.).

La persistenza di un erbicida dipende essenzialmente dalla sua capacità di essere trattenuto dal terreno e dalla velocità con cui hanno luogo i fenomeni responsabili della sua

dissipazione (degradazione fotochimica, chimica e biologica) anche se da un punto di vista ambientale sarebbe necessario tener conto della presenza della sostanza fino al limite della sensibilità analitica (persistenza assoluta) e di quella dei metaboliti originati dai fenomeni di degradazione della molecola originaria (persistenza ecologica) (Calvet R., 1977). Una persistenza eccessiva oltre ad essere dannosa per le colture di successione, aumenta la possibilità che l'erbicida distribuito sul terreno giunga a contatto con le acque superficiali o di falda per i fenomeni di trasporto che si verificano sulla superficie del terreno (ruscellamento) o lungo il suo profilo stratigrafico (percolazione).

Per valutare la persistenza di un erbicida nel terreno, parametri particolarmente importanti sono la semivita e la vita media che rappresentano la sintesi dei valori legati ai fenomeni di degradazione. La prima è definita come l'intervallo di tempo necessario affinché il principio attivo raggiunga il 50% della concentrazione iniziale. La valutazione di tali parametri è condotta utilizzando i risultati sia di esperienze di laboratorio che di prove in campo in cui sono misurate temperatura, umidità, caratteristiche pedologiche, ecc.. Una vita media lunga indica un potenziale di inquinamento elevato: se il prodotto è solubile e poco adsorbito dal suolo tenderà perciò ad inquinare le falde. Una vita media maggiore di 2-3 settimane è potenzialmente pericolosa (Del Re et al., 1990).

Se consideriamo la persistenza di un diserbante in termini tradizionali, ovvero attraverso l'intervallo di tempo nel quale è possibile ritrovare residui nel terreno (Tab.3), dobbiamo riconoscere che oggi questo tipo di informazione ha assunto un importante significato ai fini dell'impatto ambientale e della mobilità del prodotto nel terreno. Tale parametro viene considerato congiuntamente alla solubilità nell'acqua e al suo adsorbimento nel substrato, per cui diserbanti a bassa o media persistenza, come bentazone, cianazina, 2,4-D, 2,4-DP, MCPA, sono rilevabili nelle acque sotterranee e di superficie (Flori e Maini, 1990) pur non essendo caratterizzati da persistenze elevate.

Più significativi ai fini della mobilità e della contaminazione delle acque risultano i coefficienti di adsorbimento sul terreno (K_d , K_{oc} , K_{om}) che indirettamente determinano il tipo di trasporto predominante dei residui. Questo può avvenire per via acquosa (Tab. 3) se il diserbante presenta bassi valori di adsorbimento (associati ad alte solubilità in acqua), o attraverso il sedimento, quando il forte adsorbimento fa sì che i residui del prodotto si localizzino prevalentemente sulla fase solida del terreno.

Più rispondente alla complessità delle interazioni che coinvolgono il sistema fitofarmaco/pianta/ambiente, risulta la correlazione della mobilità dei prodotti con alcune caratteristiche chimico-fisiche (Tab. 2), in particolare con il grado di mobilità su strato sottile di terreno (Helling e Turner, 1968). Questo criterio di classificazione, adottato dall'EPA americana per la suddivisione dei prodotti in 5 classi di mobilità, consente una comoda definizione delle proprietà dei fitofarmaci, che nel caso dei diserbanti del grano risultano caratterizzati da basse mobilità, come trifluralin, dinitramina, neburon, terbutrina, o da mobilità medie o alte,

come clortoluron, 2,4-D, triasulfuron, isoproturon, clorsulfuron, MCPA e dicamba.

Un riferimento particolare va fatto per le recenti sulfoniluree che bene rappresentano i problemi di variabilità legati all'interazione fitofarmaco/ambiente, nonostante questi problemi accomunino anche vecchi o tradizionali prodotti, come 2,4-D, linuron, MCPA. Le sulfoniluree dimostrano infatti mobilità notevolmente diverse in relazione al pH del terreno (Beyer et al., 1987).

Queste variabilità (Tab. 1) sono oggi tenute in considerazione da vari modelli matematici sviluppatasi nell'ultimo decennio per la simulazione della mobilità dei fitofarmaci e della loro dispersione nell'ambiente. Questi, per l'evoluzione degli strumenti informatici, hanno avuto di recente un particolare impulso e sono in grado di prevedere con sufficiente attendibilità il destino ambientale del fitofarmaco e, particolarmente, la sua mobilità.

Criteri di valutazione della mobilità e capacità di contaminazione delle acque.

Sulla base degli indici di mobilità calcolati per numerosi principi attivi erbicidi ed in base alle correlazioni tra questi (Del Re e coll., 1990), si può osservare come nessun indice possa essere ritenuto prioritario rispetto agli altri nella previsione della mobilità, essendo spesso i presupposti sui quali essi si basano molto diversi. Ciò non di meno attribuendo ad ogni indice un punteggio e creando delle classi di mobilità che tengano conto della previsione di ciascun indice è possibile ordinare i diserbanti secondo un ordine che raccoglie nella classe 1 i prodotti maggiormente mobili e nella classe 7 quelli a mobilità nulla (Tab. 4).

Gli indici più utilizzati sono:

AF (Rao et al., 1985), fattore di attenuazione, indica la dose di fitofarmaco che esce dalla zona di terreno insatura per il contenuto in acqua ed esplorata dagli apparati radicali (vadose zone). Valori compresi tra 1 e 0,5 indicano elevata pericolosità, tra 0,5 e 0,1 media pericolosità, tra 0,1 e 0,001 modesta pericolosità.

LEACH (Laskowski et al., 1982), per valutare la capacità potenziale di contaminazione della falda. Valori superiori a 10 milioni indicano elevata pericolosità, superiori a 10.000 discreta pericolosità.

MR% (Jury et al.; 1987), indica la quantità di prodotto applicato che raggiunge una profondità di 3 m in un dato terreno. Valori superiori a 0,210 indicano elevata pericolosità, superiori a 0,021 discreta pericolosità, superiori a 0,0001 bassa pericolosità.

Tc (Jury et al., 1984) tempo di mobilità convettiva, è una stima della mobilità convettiva e consiste nel tempo impiegato da un antiparassitario per raggiungere una data profondità per moto convettivo. Valori inferiori a 10 giorni indicano elevata pericolosità, inferiori a 30

giorni discreta e inferiori a 100 giorni modesta. Valori superiori a 100 giorni indicano scarsa pericolosità.

GUS (Gustafson, 1989) Groundwater Ubiquity Score indica la possibilità che un fitofarmaco possa contaminare la falda. Valori inferiori a 1,8 indicano composti che non contaminano la falda per percolazione. Valori superiori a 2,8 indicano composti che possono contaminare la falda per percolazione, valori compresi tra 1,8 e 2,8 indicano comportamento intermedio (Del Re et al., 1990).

La previsione e classificazione secondo indici mostra una buona corrispondenza con il tipo di ripartizione ambientale del prodotto anche secondo il modello di Mackay-Peterson, che per i principi attivi di classe 1-4 (da molto pericolosi a discretamente pericolosi) rivela la prevalente ripartizione del diserbante nell'acqua, mentre per i prodotti di classe 5-7 (da modestamente pericolosi a pericolosità nulla) mostra una ripartizione più spostata a favore della pianta e del terreno.

Questi criteri di previsione della pericolosità ambientale dei fitofarmaci, intesa soprattutto come mobilità nel terreno e contaminazione delle acque, stanno fornendo una nuova chiave di lettura della pericolosità dei prodotti e benchè non forniscano talora dati corrispondenti ai rilievi di campo, come molti si aspetterebbero, costituiscono un valido mezzo di previsione e confronto di quelli che sono i riscontri ambientali diretti. In questo senso il costante affinamento dei modelli e degli indici previsionali ed il loro confronto con i rilievi ambientali, consentirà di prevedere con buona approssimazione il comportamento dei prodotti.

Lo studio dell'influenza che i fattori ambientali (e non) esercitano sulla mobilità dei diserbanti, indica come tra quelli maggiormente influenti sulla frazione mobile del diserbante, vi siano (Boesten, 1987):

- 1 - il coefficiente di adsorbimento;
- 2 - il coefficiente di trasformazione;
- 3 - l'eccesso di pioggia ed irrigazione rispetto all'evapotraspirazione;
- 4 - l'epoca di applicazione;
- 5 - l'uniformità di flusso dell'acqua nel suolo.

Soprattutto l'eccesso di acqua, l'epoca di applicazione e l'uniformità di flusso dell'acqua, si dimostrerebbero cruciali per la percolazione del diserbante, per cui un aumento di piovosità del 50% farebbe aumentare la quantità percolata al di sotto di 1 metro, dallo 0,1% allo 0,8%.

Analogamente la frazione mobile oltre il metro di profondità passerebbe dallo 0,1% durante le applicazioni estive, al 48% nelle applicazioni autunnali, a seguito di un assorbimento, da parte della pianta, trascurabile durante l'autunno e di oltre il 50% del

principio attivo nelle applicazioni estive.

Il flusso d'acqua infine eserciterebbe un maggiore trasporto dei residui diserbanti nei casi di flusso non uniforme (come avviene solitamente in natura), rispetto ai casi di flusso uniforme (come solitamente avviene nei test di laboratorio su colonna). Nelle due condizioni le quantità di prodotto percolabile rappresenterebbero rispettivamente il 2,1% e lo 0,1% della quantità applicata.

Poichè simili percentuali di prodotto, benchè molto basse, sono in grado di determinare residui nelle acque profonde analiticamente rilevabili e talora superiori ai limiti fissati per le acque potabili (0,1 µg/l) (Tab. 5), si comprende come il principale criterio sulla base del quale contenere la contaminazione delle acque e dei terreni da residui di diserbanti, sia la riduzione delle dosi di applicazione.

Mobilità e persistenza dei diserbanti del frumento.

In coltura di frumento, i maggiori problemi sono posti dai prodotti applicati in pre-emergenza o in post-emergenza precoce, sia perchè essi giungono totalmente o in massima parte a contatto diretto con il terreno sia per le proprietà fisico-chimiche richieste a tali preparati che possiedono una azione prevalentemente residuale rivolta ad impedire l'emergenza delle infestanti anche tardive.

In Italia i principi attivi registrati o in corso di registrazione sono: pendimetalin, trifluralin, bifenox, fluroglicofen-etile, linuron, clortoluron, isoproturon, neburon, metabenziazuron, clorsulfuron, triasulfuron, tribenuron-metile, imazametabenz, diclofop-metile, fenoxaprop-etile, tralkossidim, l-flamprop-isopropile, ioxinil, bromoxinil, 2,4-D, MCPA, 2,4-DB, 2,4-DP, MCPP, clopiralid, dicamba, fluroxipir, prosulfocarb, terbutrina, isoxaben, flurocloridone, diflufenican, bentazone, flurenolo.

Nitroderivati

Dinitroaniline

Tra questi principi attivi trovano largo impiego nei nostri seminativi trifluralin e pendimetalin. Esse sono caratterizzate da una bassa solubilità in acqua e da un buon grado di adsorbimento colloidale per cui la loro percolazione è in genere modesta (primi 5 cm) soprattutto nei terreni sufficientemente dotati di minerali argillosi o di sostanza organica. Per questa ragione in letteratura sono indicate tra i fitofarmaci meno mobili. In studi condotti in colonna, Harris C.I., (1967) riporta l'esperienza eseguita con alcuni prodotti, tra cui il

trifluralin, da cui risulta che le dinitroaniline sono le meno mobili dei 28 prodotti da lui studiati. Analogamente Anderson et al. (1968) riferiscono di uno studio condotto con indicatori biologici in cui, tra gli altri, è stato rilevato trifluralin nella zona compresa tra 3,8 e 7,6 cm dopo che su una colonna di terreno rosso argilloso preventivamente umidificato, erano stati distribuiti 10,2 cm di acqua. Gli autori hanno rilevato che la completa saturazione e la ridotta quantità di sostanza organica hanno contribuito al movimento dei prodotti oggetto di indagine.

Helling C.S., (1971) in studi di mobilità su strato sottile con 14 tipi diversi di terreno, ha classificato il trifluralin come immobile.

Poichè quindi le dinitroaniline sono fortemente adsorbite al terreno, solo piccole quantità di prodotto possono essere rilevate nelle acque superficiali delle aree trattate ad eccezione dei terreni con forte erosione dove il movimento degli erbicidi avviene per ruscellamento attraverso quello dei sedimenti.

Wauchope R.D., (1978) in uno studio sul movimento dei fitofarmaci per dilavamento, rilevò concentrazioni di trifluralin da 0,5 a 15 µg/l in soluzione e sui sedimenti per tempi di dilavamento brevi e perdite da <0,001 a 0,76% del totale applicato in seguito ad esposizioni più lunghe. Allo stesso modo Weber et al. (1980), conclusero che gli erbicidi a bassa solubilità, compreso le dinitroaniline, erano dilavati in piccola quantità rispetto ai prodotti molto solubili.

La persistenza è d'altra parte piuttosto elevata ma anche nel caso in cui circa il 20% del p.a. resti nel terreno dopo la raccolta del frumento, come nel caso di osservazioni con pendimetalin, difficilmente le colture poste in normale successione subiscono danni (Kulshrestha et al., 1987).

Circa i tempi di persistenza, Probst et al. (1967) sostengono che la semivita di trifluralin oscilla tra 5 e 10 giorni in condizioni anaerobiche, tra 60 a 130 giorni in aerobiosi in ambiente protetto e tra 20 e 25 giorni in campo. Campioni di terreno prelevati in 107 località distribuite da est ad ovest degli Stati Uniti hanno permesso di constatare (Parka S.J. e Tepe J.B., 1969) che a ripetute applicazioni di trifluralin (1, 2, 3, 4 volte) non corrispondono accumuli proporzionali di principio attivo. La quota di residuo nel terreno oscilla infatti tra il 2,6% e il 9,4% della dose totale applicata.

Walker A. e Bond W., (1977) sottolineando l'influenza della sostanza organica nei fenomeni legati alla persistenza di alcuni prodotti erbicidi hanno osservato che le perdite di pendimetalin dal suolo decrescono al crescere della sostanza organica nel substrato. Kennedy J.M. e Talbert R.E. (1977) hanno rilevato che la persistenza delle dinitroaniline dipende dal tempo che intercorre tra l'applicazione in campo e l'incorporamento e dalla volatilità della molecola dell'erbicida. Perdite maggiori e persistenza ridotta si osservano quando l'incorporamento è ritardato di 7 giorni dall'applicazione e l'erbicida è moderatamente volatile; pendimetalin sembra meno influenzato rispetto a trifluralin.

Pendimetalin è risultato più persistente in campo quando è stato incorporato (80% era

presente dopo 20 settimane) rispetto a quando è stato distribuito in superficie (20% dopo lo stesso periodo) probabilmente per le minori perdite per volatilizzazione e fotodecomposizione del prodotto (Walker A. e Bond W., 1977). La persistenza di sei dinitroaniline, in studi condotti in ambiente controllato, è risultata molto influenzata anche dal tipo di terreno, dalla sua temperatura e dal suo contenuto di umidità (Savage K.E., 1978; Savage K.E. e Jordan T.N., 1980; Jacques G.L. e Harvey R.G., 1979). Gli erbicidi restano infatti biologicamente attivi per più tempo in substrati asciutti e freddi e degradano velocemente in condizioni opposte. In conclusione raccogliendo dalle diverse esperienze i tempi di semivita delle dinitroaniline impiegate in coltura di frumento, si rileva: trifluralin 37-75 gg., pendimetalin 72-122 gg..

Nitrofenileteri

Questa famiglia di prodotti erbicidi comprende bifenox e fluroglicofen-etile. Non sono molto persistenti nè facilmente percolabili poichè molto adsorbiti dai colloidali. Il tempo di semivita in pieno campo varia da 7 a 14 giorni in condizioni favorevoli ai processi di degradazione biologica.

Ureici

Un'altra classe di erbicidi largamente impiegati in pre-emergenza (spesso in miscela con le dinitroaniline) o in post-emergenza precoce, è rappresentata dai derivati ureici. La loro solubilità in acqua è maggiore delle dinitroaniline mentre leggermente inferiore risulta il loro grado di adsorbimento colloidale che tuttavia resta consistente. La persistenza in alcuni casi può essere elevata soprattutto per clortoluron, neburon, metabenziazuron i cui residui possono trovarsi anche dopo la raccolta del cereale (Catizone e Toderi, 1974), mentre in genere risulta minore per linuron e isoproturon. Essa dipende dal loro comportamento nel terreno e nella soluzione circolante ed è influenzata da numerosi fattori fisici, chimici e biochimici/biologici come descritto da alcuni ricercatori negli anni passati (Hartley, 1964; Sheets, 1964; Upchurch, 1966; Furnidge & Osgerby, 1967; Geissbuhler, 1969).

Calvet R. (1981) riporta i risultati di uno studio in cui la semivita di isoproturon a 20°C risulta essere compresa tra 2 e 4 o più mesi con temperature ed umidità su valori bassi associati a suoli con elevato tenore di sostanza organica. Pertanto la persistenza può essere molto variabile consentendo di ritrovare in primavera da 2% a 8% del prodotto applicato in autunno (Moss, 1979) o, all'estremo opposto, da 40% a 80% nello stesso periodo ma in diverse condizioni (Anon 1979).

Geissbuhler H. e Guth J.A. della divisione agrochimica della CIBA (1970) rilevarono che nelle condizioni climatiche dell'Europa centrale i residui di prodotti ureici nel terreno degradavano fino a mostrare una concentrazione pari a non più del 20% di quella originale dopo 5 mesi dalla applicazione in campo. Inoltre, la verifica della mobilità riferita alla possibilità che residui di erbicidi ureici possano contaminare le falde superficiali, ha evidenziato che in nessuno dei campioni di acqua prelevati ad intervalli di 0, 1, 3, 7 e 32 giorni e in tre diversi momenti del giorno, è stata rilevata la presenza di residui.

Sulfoniluree

Un altro importante gruppo di molecole di recente introduzione è rappresentato dalle sulfoniluree tra le quali trovano impiego su frumento clorsulfuron, tribenuron-metile e triasulfuron. Dalla loro introduzione, alcuni ricercatori hanno rilevato danni alle colture di successione per residui di clorsulfuron e inibizioni di crescita per triasulfuron (Brewster e Appley, 1983; Peterson e Arnold, 1985; Klingaman et al., 1986; Esau e Rumney, 1985). Le principali vie di dissipazione di tali preparati sono rappresentate dall'idrolisi chimica e dalla degradazione microbica. La prevalenza dell'uno o dell'altro processo dipende principalmente dal pH del suolo e dalle caratteristiche della molecola. Il diverso comportamento delle sulfoniluree nel terreno è dovuto all'esistenza di due forme della stessa molecola: una neutra, presente a pH acido, suscettibile all'idrolisi chimica, poco solubile in acqua e adsorbita dai colloidii; l'altra, ionizzata, presente a pH alcalino, non sensibile all'idrolisi chimica ma soggetta a degradazione microbica, più solubile in acqua e, per le sue cariche negative, poco adsorbita dal substrato. Pertanto a pH basso la molecola viene rapidamente degradata per idrolisi con rottura del ponte sulfonilureico e origine di molecole prive di attività erbicida; al contrario, a pH alcalino tende a persistere per lungo tempo e a muoversi lungo il profilo.

Oltre al pH altri fattori che influenzano la degradazione di questo gruppo di molecole sono: temperatura e umidità del substrato, tessitura e contenuto di sostanza organica. Temperature ed umidità elevate, terreno leggero e pH basso favoriscono la degradazione che risulta notevolmente rallentata in condizioni opposte (Beyer et al., 1987; Anderson e Humburg, 1986). Studi su clorsulfuron hanno evidenziato che in funzione delle diverse condizioni pedoclimatiche la semivita può variare dalle 2 alle 13 settimane anche se in genere è compresa tra 4 e 8 settimane. A dispetto della degradazione relativamente rapida del prodotto in condizioni favorevoli, in diversi casi si sono registrati danni alle colture in successione a frumento trattato con clorsulfuron. Ciò per la estrema sensibilità di talune colture in grado di rilevare frazioni infinitesimali (dell'ordine di 0,1 ppb) di prodotto come ad

esempio barbabietola da zucchero, pisello, cipolla, mais e lenticchia che hanno subito inibizione della germinazione e riduzione dello sviluppo 8, 12 o 14 mesi dopo l'applicazione dell'erbicida sul grano (Efthimiadis P. et al., 1989).

Nei riguardi della mobilità clorsulfuron viene classificato come molto mobile (classificazione EPA). Tuttavia anche la mobilità è fortemente influenzata dal pH del suolo. Infatti a pH 5 la solubilità in acqua (25°C) è di 60 ppm e la mobilità è ridotta, mentre a pH 7 (25°C) tale valore è pari a 7000 ppm cui corrisponde una elevata mobilità. Ciò nonostante le sulfoniluree raramente causano problemi di inquinamento alle acque sotterranee in relazione ai dosaggi eccezionalmente bassi di applicazione, alla bassa tossicità e ai tassi di degradazione relativamente rapidi.

Per quanto riguarda triasulfuron, è stato rilevato che la sua degradazione è legata alla temperatura e all'umidità del suolo ma non al pH. In condizioni di umidità variabile o in presenza di adeguate piogge o irrigazioni il prodotto viene rapidamente degradato mentre tende a persistere più a lungo in condizioni di terreno secco (Iwanzik et al., 1988). La persistenza è valutabile tra i 3-4 mesi in applicazioni autunnali e tra 2-3 mesi per i trattamenti primaverili (Roy, 1986)

Tribenuron-metile si degrada rapidamente per idrolisi chimica e possiede una semivita compresa tra 1 e 6 giorni rispettivamente a pH 4,3 e 7,5 (Ferguson et al., 1985).

Imidazolinoni.

Tra gli imidazolinoni su frumento viene utilizzato imazametabenz, nei trattamenti di post-emergenza invernale, nella lotta contro le infestanti graminacee e alcune dicotiledoni. Questo principio attivo si caratterizza per possedere una elevata persistenza nel terreno che può protrarsi, in particolari condizioni, per un periodo eccessivo, fino a creare danni alle colture in successione che risultano particolarmente sensibili alla sua azione residua (es. barbabietola da zucchero).

Allen R. e Caseley J.C. (1987) riferiscono di una prova in cui è stata valutata la persistenza di imazametabenz distribuito su grano e su terreno nudo in vasi posti all'aperto per ricevere le normali precipitazioni. L'indagine è stata condotta utilizzando barbabietola da zucchero come pianta test. I risultati indicano che il tempo di dimezzamento del prodotto è risultato tra 105 e 155 gg. Inoltre è stato rilevato che la presenza di frumento influenza la persistenza di imazametabenz in maniera diversa a seconda del tipo di terreno: per esempio nei terreni sabbioso-limosi è molto evidente la riduzione di persistenza, mentre in quelli argillosi è trascurabile. Miller S.D. e Alley H.P. (1987) riferiscono di una esperienza con imazametabenz la cui persistenza nel suolo è risultata elevata considerato che, nella loro verifica, hanno

impiantato medica, fagioli, mais, barbabietola e girasole come colture di successione all'orzo. Le colture hanno ben tollerato i residui di imazametabenz ad eccezione della barbabietola da zucchero che è stata fortemente danneggiata anche nelle esperienze condotte da Efthimiadis P. et al. (1989) quando seminata 12 - 14 mesi dopo l'applicazione di imazametabenz a 0,4 - 0,8 Kg/ha su grano.

Per quello che riguarda la percolazione di imazametabenz è stato osservato (Allen e Caseley, 1987) in terreni sabbioso-limosi che 1 mese dopo l'applicazione, più del 74% del prodotto erbicida era collocato nei primi 5 cm del profilo, e dopo 5 e 7 mesi nei primi 20 cm delle tesi con terreno nudo, mentre in quelle a grano, è stato rilevato, in piccole quantità, solo tra 10 e 20 cm. Nel terreno nudo, dopo 5 e 7 mesi, imazametabenz era distribuito in tutto il profilo mostrando un movimento anche verso la superficie dovuto alla risalita capillare dell'acqua per effetto della forte evaporazione, condizione che non si è verificata nel terreno con frumento in cui, tra l'altro, sono stati rilevati quantitativi inferiori di principio attivo. Nei terreni argillosi invece, non è stata rilevante l'influenza della coltura ed infatti la dinamica del movimento del prodotto è risultata simile nelle due tesi. Dopo un mese imazametabenz era distribuito nei primi 10 cm, dopo tre mesi l'erbicida risultava distribuito nello strato tra 2 e 20 cm. Basandosi sui risultati degli studi condotti in ambiente controllato da Richardson et al., (1982) e da Pillmoor e Caseley (1984) è possibile affermare che i residui di imazametabenz presenti nei primi 20 cm di profilo sono sufficientemente alti per garantire il controllo di A. myosuroides e A. fatua durante tutto il periodo dall'autunno alla primavera. La persistenza e la posizione nel primo mese dall'applicazione è probabilmente la causa dell'attività residuale che porta alla non germinazione primaverile dell'avena (Hudson e Townsend, 1985).

Benzonitrill

Ioxinil e bromoxinil sono applicati in post-emergenza del frumento e delle infestanti, la loro solubilità varia notevolmente in relazione alla formulazione che può essere sale o estere. In letteratura si riportano persistenze molto brevi con tempo di semivita di circa 10 giorni. In studi condotti da Smith (1984) l'autore riferisce che più del 90% di bromoxinil è degradato in una settimana in terreno sciolto e circa l'80% in terreno argilloso. In esperienze di laboratorio è stato rilevato come la persistenza di questi prodotti sia ancora più breve, presumibilmente per le temperature maggiori (circa 25°C) in cui sono stati condotti gli studi.

Composti ormonici

Acidi arilossi alcanoici

Sin dalla loro introduzione 40 anni fa, una larga fascia di letteratura si è occupata del comportamento e del destino ambientale degli erbicidi fenossiderivati. Fu subito evidenziato che MCPA e 2,4-D erano rapidamente degradati nel terreno dalla flora microbica in grado di utilizzare gli atomi di carbonio dei prodotti come fonte di energia. L'importanza dei microrganismi nella degradazione di questi erbicidi è stata dimostrata da studi pionieristici di Audus (1951, 1964) e successivamente confermata da numerosi studi che hanno individuato ed isolato numerosi batteri ed attinomiceti in grado di degradare tali preparati. Il tempo di semivita del 2,4-D in diversi suoli a differenti temperature è compreso tra 2 e 40 giorni e per MCPA da <7 a 41 giorni.

Inoltre MCPA è debolmente adsorbito dal terreno in presenza di 2,4% - 3,0% di sostanza organica (Helweg, 1987).

Alcuni meccanismi sono responsabili delle perdite degli erbicidi fenossiacetici dal terreno. Le precipitazioni possono rimuovere gli erbicidi dalla superficie verso strati più profondi o muoverli attraverso le crepe; parte dei principi attivi può essere assorbita dalle colture o dalle malerbe; con formulati volatili come gli esteri, le perdite per evaporazione sono possibili immediatamente dopo l'applicazione (Smith, 1989).

Poco dopo la loro applicazione, utilizzando delle colonne di terreno continuamente percolate con una soluzione aerata contenente 100 ppm dell'erbicida da testare, è stato osservato come MCPA e 2,4-D siano degradati nel terreno in condizioni idriche e temperatura favorevoli all'attività della microflora. I dati relativi alla persistenza dei prodotti sono stati valutati da diversi autori sia in ambiente protetto sia in pieno campo. In campo l'impiego di diverse formulazioni, a dosi diverse e in terreni con diverse caratteristiche ha permesso di rilevare che la degradazione degli acidi fenossiacetici è rapida e solo trascurabili quantitativi sono stati rilevati alla fine dell'anno di applicazione. Ripetute applicazioni hanno indicato che la fertilità del terreno, valutata sulla produzione di grano dopo 25 applicazioni primaverili di 2,4-D e MCPA sia in formulato estere che salino, non è stata alterata (Mc Curdy et al., 1974). Analisi del terreno di quelle stesse parcelle dopo 35 applicazioni dei due prodotti indicano che meno di 0,05 ppm di 2,4-D è rilevabile nei primi 10 cm di terreno sei mesi dopo l'ultimo trattamento (Smith e Hayden, 1981). I suoli trattati con elevati quantitativi di MCPA e 2,4-D conservano la capacità di degradare rapidamente ulteriori apporti dello stesso erbicida. In Inghilterra alcune parcelle mai trattate con MCPA, dopo sei mesi dall'applicazione, hanno dimostrato di degradare questo prodotto più rapidamente che terreni non precedentemente trattati (Kirkland e Fryer, 1972). Analogamente in Svezia ripetute applicazioni in campo con 2,4-D ed MCPA per 19 anni hanno portato a una riduzione dei tempi di degradazione dei prodotti da 10 a 4 settimane per il primo

e da 20 a 7 settimane per il secondo prodotto (Torstensson et al., 1975).

Per quello che riguarda la percolazione di tali prodotti essi, essendo poco adsorbiti dai colloidi del terreno, possono andare soggetti a fenomeni di lisciviazione e raggiungere così le acque superficiali e di falda.

In uno studio condotto da Kreuger et al. (1987) sono stati ritrovati, dopo pochi giorni dall'applicazione, residui di 2,4-DP e MCPA in acque di drenaggio provenienti da suoli trattati sia in autunno che in primavera. Le concentrazioni risultavano più elevate in acque provenienti da suoli sabbiosi trattati in periodi sfavorevoli alla degradazione microbica, ma piccole quantità di tali sostanze sono state rilevate anche durante la stagione primaverile-estiva quando lo svolgimento dei processi degradativi è favorito; inoltre in acque provenienti da terreni argillosi il 2,4-DP era rilevabile per un periodo più lungo dopo il trattamento (due settimane). Altri studi hanno dimostrato che anche 2,4-D può percolare in misura diversa a seconda del tipo di terreno e dell'entità delle precipitazioni.

Acidi aril-carbossilici

Tra questa sotto famiglia di composti si annoverano prodotti che come i precedenti trovano applicazione in post-emergenza della coltura nella lotta contro le infestanti dicotiledoni e cioè: clopiralid, dicamba e fluroxipir.

Clopiralid per le sue caratteristiche fisico-chimiche risulta essere poco adsorbito dai colloidi del terreno, tuttavia in genere viene degradato dalla flora microbica prima che raggiunga gli strati profondi del terreno.

La sua semivita è valutata in genere attorno ai 12-70 giorni a seconda del tipo di terreno e delle condizioni climatiche. In particolari situazioni tuttavia si possono osservare periodi di persistenza nettamente più prolungati come riportato da Tanhiphat e Burril (1987), che in studi di serra hanno rilevato danni su pisello e cartamo dopo 220 giorni e su lenticchia dopo 287 giorni dall'applicazione del prodotto, o da Thorsness e Messersmith (1986) che hanno riscontrato danni su soia e girasole seminati a distanza di un anno dalla distribuzione di clopiralid. Tuttavia, in condizioni più vicine a quelle italiane, Snel et al. (1986) hanno riportato un tempo di semivita dello stesso principio attivo di circa 2-3 mesi. Inoltre, in tutti gli studi citati, non si sono rilevati residui di clopiralid negli strati sottostanti ai primi 10 cm di terreno.

Dicamba, caratterizzato da una solubilità in acqua piuttosto elevata e da un ridotto grado di adsorbimento colloidale, risulta essere relativamente mobile nel profilo stratigrafico del suolo. La sua percolazione è influenzata dalla dose di applicazione e dal regime idrico.

La degradazione è operata dalla flora microbica e avviene in tempi relativamente rapidi, ma risulta più lenta di quella del 2,4-D (Friesen, 1965). Il tasso di degradazione cresce con la temperatura e con l'umidità e tende ad essere più rapido in terreni debolmente acidi.

La semivita è stata misurata da Smith (1984) in 16 giorni per i terreni sabbioso-limosi o

limoso-argillosi, e in 50 giorni in terreni tendenzialmente argillosi.

Tra gli acidi aril carbossilici trova impiego anche fluroxipir che, applicato come fluroxipir-MHE (metil estere), è in un primo momento adsorbito fortemente dal terreno e, in seguito, rapidamente idrolizzato a fluroxipir (Lehmann e Miller, 1989).

E' stato osservato che la degradazione è rapida, con tempo di semivita (26°C) compreso tra 1 - 3 settimane (Lehmann et al., 1990). Al contrario i metaboliti non sembrano degradare rapidamente come indicato da Lehmann: per esempio il principale metabolita di fluroxipir (la metossipiridina) raggiunge un massimo di concentrazione a 56 giorni dall'applicazione oltre cui degrada in maniera molto lenta. La rapida degradazione associata alla moderata mobilità, (Hamaker, 1975) suggeriscono che fluroxipir degrada prima che si verifichino significativi movimenti lungo il profilo. Nella trasformazione da fluroxipir attraverso piridinol per arrivare a metossipiridina, la mobilità dell'anello aromatico cambia da moderata a moderata/ridotta e infine a ridotta. Il metabolita piridinol può essere considerato da moderatamente mobile a poco mobile, mentre la metossipiridina ha bassa mobilità. Per il suo alto K_{oc} e la conseguente bassa mobilità, la metossipiridina resta in sito durante il tempo necessario alla degradazione con piccoli o nessun movimento lungo il profilo.

Benzammididi, carbammati, pirrolidoni, fenossinicotinanilidi

A queste quattro famiglie appartengono rispettivamente i seguenti principi attivi: isoxaben, prosulfocarb, flurocloridone, diflufenican.

Tutti questi prodotti vengono utilizzati in pre-emergenza o in post-emergenza precoce, e pur avendo strutture e proprietà biologiche diverse si caratterizzano per una bassa solubilità in acqua, un alto grado di adsorbimento colloidale e una persistenza relativamente elevata nel terreno.

Pertali caratteristiche essi, in pratica, non risultano percolabili nel profilo del terreno poichè rimangono localizzati nei primi centimetri anche in condizioni pedoclimatiche sfavorevoli. Per quel che riguarda isoxaben, a fronte di una mobilità molto bassa (Huggenberger, 1985; Deleu et al., 1987), la quantità di principio attivo adsorbita varia tra 55% e 90% a seconda delle caratteristiche del substrato in cui sono state condotte le diverse esperienze. Ciò assicura una riserva di principio attivo che, liberata molto progressivamente nella soluzione circolante, ne prolunga la persistenza e, in ultima analisi, l'attività e la fitotossicità sulle colture in successione soprattutto crucifere e in modo particolare colza. La semivita (Huggenberger, 1985) varia da 2,5 a 4 mesi.

Prosulfocarb persiste 3-4 mesi e non sembra determinare danni alle colture di successione. Flurocloridone possiede una semivita di 15-50 giorni, a seconda del tipo di terreno e delle

condizioni climatiche. Tuttavia la sua persistenza è tale che colture particolarmente sensibili come le crucifere, dovranno essere seminate dopo 10-12 mesi previa aratura.

Diflufenican ha una semivita di 16-20 settimane (Kyndt et al., 1985; Rouchaud et al., 1990) e la sua persistenza è tale da procurare, a volte, effetti negativi alle colture di successione. E' fortemente fissato nello strato superficiale del suolo (primi 2-3 cm) dove rimane nonostante le piogge. La cinetica di degradazione aumenta fortemente all'aumentare della temperatura del suolo (Bic et al., 1986). Deleu et al., (1987) hanno rilevato che i residui presenti nel terreno dopo la raccolta del cereale dipendono più dalla dose che dal periodo di applicazione.

Arilossi fenossi-propionati, cicloesenoni e derivati dell'acido benzoico.

Queste famiglie di prodotti comprendono: diclofop-metile, fenoxaprop-etile, tralkossidim e l-flamprop isopropile, erbicidi indicati per la lotta contro le infestanti graminacee in applicazioni di post-emergenza.

Diclofop-metile idrolizza nel terreno (diclofop) con una velocità maggiore in condizioni di pH basico. In studi di campo e di laboratorio più del 75% di diclofop-metile è idrolizzato a diclofop in 2 giorni alla temperatura di 4 °C (Hickman, 1983). Il pH non ha però influenza nella successiva degradazione dell'acido diclofop la cui concentrazione in 34 giorni è diminuita dal 12 al 39% di quella iniziale (Gaynor, 1984). In studi di campo diclofop risultava degradato in prevalenza dalla flora microbica con una semivita di 42 giorni a 4°C. Lo stesso autore ha rilevato residui di diclofop nello strato da 0 a 10 cm che evidenziano un modesto grado di mobilità (Hickman, 1983).

Fenoxaprop-etile è rapidamente degradato per via fotolitica e prontamente adsorbito dai colloidi. La semivita in acqua è di 4 giorni e nel suolo non si rilevano residui dopo 6 giorni (Toole e Crosby, 1989).

Tralkossidim ha una semivita, in condizioni aerobiche, inferiore a 4 giorni, mentre in anaerobiosi il processo di degradazione può essere leggermente più lento. Tralkossidim viene adsorbito dai colloidi e pertanto risulta poco mobile.

L-flamprop-isopropile è caratterizzato da una semivita di laboratorio di circa 10 settimane in terreno sabbioso limoso, 11 settimane in suolo argilloso e 23 settimane in suolo torboso (Hitchings, 1979). La semivita in campo è compresa tra 4 e 20 settimane e risulta di difficile determinazione perchè, alcune settimane dopo l'applicazione i residui nel suolo aumentano probabilmente per il passaggio dell'erbicida dalla pianta al terreno (Bosio et al, 1982).

Diazine e triazine

L'unico principio attivo compreso in questa famiglia è il bentazone che è risultato molto mobile nei terreni a pH neutro per la sua elevata solubilità e le spiccate caratteristiche anioniche che ne impediscono l'assorbimento da parte dei colloidali del terreno. Tale mobilità può essere ritardata più da un alto contenuto di sostanza organica che da una elevata percentuale di argilla. In ogni caso, un'adeguata piovosità può portare il prodotto sotto la zona di germinazione senza che nella percolazione si instaurino apparenti fenomeni di degradazione (Abernathy e Wax, 1973).

Tra le triazine trova ancora impiego per il diserbo del frumento la terbutrina caratterizzata da una persistenza relativamente modesta e comunque tale da non provocare danni alle colture di successione (Catizone e Toderi, 1974).

Esperienze in Emilia-Romagna

Allo scopo di verificare il grado di persistenza e di percolazione dei principali diserbanti residuali impegnati in pre- e post-emergenza invernale del frumento e dei cereali minori sono state realizzate, nell'ultimo quinquennio, in terreni della pianura emiliana, due serie di indagini in cui la rilevazione dei residui erbicidi è stata effettuata mediante l'impiego di piante test (Rapparini et al., 1989; Foschi et al., 1992).

Nel primo biennio di sperimentazione (Tab. 6) si è operato nell'ambito del progetto di ricerca "Studio dei tempi di degradazione dei diserbanti e valutazione dei residui mediante dosaggio biologico" finanziato dalla Regione Emilia-Romagna e coordinato dall'ERSO, su un terreno argilloso-sabbioso situato a Granarolo Emilia (Bo) in cui nelle annate 1984-85 e 1985-86 è stato seminato in autunno frumento tenero var. "Centauro". Nel secondo biennio (tab. 7), comprendente le annate 1988-89 e 1989-90, le prove sono state effettuate nell'ambito di una convenzione fra il Centro di Fitofarmacia ed EniChem Agricoltura su un terreno di medio impasto situato a Castenaso (Bo) in cui i diserbanti sono stati applicati su sub parcelle seminate in entrambi gli anni con frumento tenero var. "Centauro" e grano duro var. "Creso".

Risultati

Le condizioni pedoclimatiche estremamente variabili che hanno caratterizzato gli anni in cui sono state condotte le prove e il campionamento del terreno in tempi e profondità diverse, hanno permesso di evidenziare con chiarezza il comportamento estremamente diversifi-

cato dei singoli principi attivi rilevati con l'ausilio di piante test.

Trifluralin rilevato con Lolium italicum si è dimostrato poco mobile rimanendo stratificato nei primissimi centimetri di terreno. La sua persistenza è risultata di pochi mesi in condizioni di terreno asciutto e in assenza di piovosità autunnale, mentre in normali condizioni climatiche era presente fino a 165 giorni.

Pendimetalin rilevato con Triticum aestivum o con Cynodon dactylon è apparso leggermente più percolabile di trifluralin potendo attraversare gli strati superficiali di terreno anche senza elevata piovosità. La sua presenza nel terreno è rilevabile anche alla fine dell'inverno dopo 5 mesi dall'applicazione persistendo a volte, in caso di sovradosaggio, fino a oltre la raccolta dei cereali, dopo 270 giorni dall'applicazione.

Dinitramina, rilevata con Lolium italicum ha mostrato un comportamento molto simile a trifluralin risultando però leggermente più mobile.

Fra i diserbanti ureici saggiati con Cucumis sativus, **linuron**, seppure utilizzato in pre-emergenza, a dosi relativamente ridotte, si è rivelato molto stabile sulla superficie del terreno in condizioni climatiche caratterizzate da basse temperature e scarsa piovosità, tanto da essere presente anche dopo 196 giorni dall'applicazione e, in caso di sovradosaggio, anche dopo la raccolta del frumento in piccolissima parte. Per contro il prodotto è degradato rapidamente quando l'autunno è decorso mite e piovoso non essendo più rilevabile dopo 84 giorni.

Per quanto concerne la sua mobilità nel terreno, linuron è apparso relativamente mobile, potendosi approfondire anche negli strati più profondi dove tuttavia è stato rilevato solo in piccolissime quantità.

Clortoluron, applicato in pre-emergenza, si è rivelato un prodotto molto stabile e altamente persistente tanto da restare biologicamente attivo in entrambe le esperienze anche dopo la raccolta del frumento (dopo 270 giorni dall'applicazione) potendo causare danni alle colture di successione sensibili. In condizioni di elevata piovosità e quando il prodotto non è in equilibrio con il terreno, tende a percolare negli strati più profondi. Quando applicato in post-emergenza, lo stesso principio attivo, a dosaggi inferiori, è degradato rapidamente nei terreni più sciolti mentre, in quelli più argillosi è stato rilevato oltre la raccolta dei cereali dopo 120 giorni dall'applicazione.

Isoproturon, applicato in pre-emergenza solo nelle ultime due annate su terreno più sciolto si è dimostrato meno persistente di clortoluron degradando rapidamente in condizioni climatiche favorevoli ma manifestando lo stesso comportamento per quanto riguarda il grado di mobilità nel terreno. Lo stesso prodotto impiegato in post-emergenza in terreno argilloso è stato rilevato seppur in tracce, fino a 120 giorni dall'applicazione.

Metabenztlazuron si è rivelato, similmente a clortoluron, un preparato di lunga persistenza, rimanendo sempre attivo nel terreno fino oltre la raccolta del frumento (dopo 270 giorni dall'applicazione) con possibilità di causare gravi danni nei terreni più argillosi sulle colture

di successione più sensibili.

Metabenziazuron si è rivelato più mobile di clortoluron potendo arrivare negli strati medi del franco di coltivazione anche con normale piovosità, mentre con abbondanti precipitazioni piovose primaverili, il prodotto al pari di isoproturon e clortoluron è percolato fino agli strati più profondi del profilo saggato.

Terbutrina, rilevata con Cucumis sativus nel primo biennio di prove è degradata rapidamente tanto da non essere più rilevabile alla fine dell'inverno e non poter così fornire indicazioni sulla sua mobilità.

Fra gli erbicidi più recenti, **clorsulfuron**, non sempre regolarmente rilevabile con Allium cepa e Foeniculum vulgare è stato applicato in pre-emergenza in tutti quattro gli anni di prova. Il prodotto è risultato percolabile, tanto da approfondirsi nei terreni più sciolti in misura maggiore rispetto ad altri erbicidi al verificarsi delle prime piogge autunnali. Caratterizzato da grande stabilità, è rimasto nei terreni sciolti fino a oltre la raccolta dei cereali causando danni alle colture di successione.

Flurocloridone e **isoxaben**, applicati in pre-emergenza solo nell'annata 1988-89, entrambi rilevati con piante di Brassica oleracea, hanno manifestato un comportamento analogo sia per quanto concerne la persistenza (fino a 196 giorni dalla applicazione in campo) che per il grado di mobilità che è risultato molto ridotto anche se, in occasione di elevate precipitazioni, i due preparati si sono approfonditi anche fra 12 e 24 cm.

Conclusioni

In conclusione è possibile affermare che i numerosi principi attivi autorizzati per il diserbo del frumento, sono distinguibili in classi di persistenza e mobilità e quindi di pericolosità diverse. I rischi maggiori sono connessi all'impiego di dicamba, clorsulfuron, bentazone, che in diverse condizioni pedoclimatiche hanno mostrato spiccata tendenza a percolare lungo il profilo, o alla distribuzione di isoproturon, clortoluron, metabenziazuron, imazamtabenz che, unitamente a clorsulfuron, manifestano anche un'eccessiva persistenza.

Le condizioni climatiche autunnali che accompagnano l'applicazione di questi prodotti, sono caratterizzate da elevata piovosità e basse temperature che non favoriscono i processi di degradazione e promuovono il trasporto dei preparati.

Oltre alle caratteristiche delle molecole, sulle quali è opportuno operare precise scelte in base alle loro proprietà fisico-chimiche, diventa determinante l'epoca di intervento al fine di evitare il manifestarsi di effetti indesiderati. La scelta di ritardare gli interventi, pur risolvendo le comuni infestazioni del frumento e dei cereali minori con sole applicazioni di post-emergenza, appare rilevante ai fini di ridurre i rischi di contaminazione del terreno e

delle acque superficiali. In post-emergenza infatti i prodotti sono trattenuti per circa 2/3 dalla vegetazione e le condizioni climatiche sono più favorevoli ai processi di degradazione.

I modelli di previsione della mobilità dei diserbanti consentono oggi di ottenere indicazioni attendibili sulla pericolosità dei prodotti utilizzati per il diserbo del grano, ma solo il riscontro diretto del loro comportamento nell'ambiente potrà supportare e convalidare i diversi modelli disponibili.

Un ruolo importante avrà la calibrazione delle dosi d'impiego dei prodotti in funzione dei tipi di terreno e soprattutto in relazione all'utilizzo di microdosi. La doppia taratura, agronomica ed ambientale, di un diserbante consentirà un miglioramento della pratica con una prevedibile diminuzione dei residui nelle acque superficiali e profonde. La sfida in questo senso è legata ai bassi livelli residuali fissati per le acque potabili, in relazione ai quali le previsioni fornite dai modelli matematici potranno suggerire quali prodotti utilizzare con cautela (od al limite non utilizzare) per prevenire la contaminazione delle acque.

Ringraziamenti: si ringrazia il dott. Vanes Rubboli per la collaborazione prestata nella ricerca del materiale documentario.

BIBLIOGRAFIA

Abernathy J.R., Wax L.M., 1973. Bentazon Mobility and Adsorption in Twelve Illinois Soils. *Weed Science*, 21, 224-227.

Allen R., Caseley J.C., 1987. The persistence and mobility of AC 222,293 in cropped and fallow soils. *B.C.P.C. Weeds*, 2, 569-576.

Anderson R.L., Humburg N.E., 1986. Field persistence of chlorsulfuron in the Central Great Plains. *Agronomy Abstract*, 27.

Anderson W.P., Richards A.B., Whitworth J.W., 1968. Leaching of trifluralin, benefin and nitralin soil columns. *Weed Science*, 16, 165-169.

Anon A., 1979. Herbicide residue levels and redrilling of failed cereals. MAFF AD AS South East Region Agricultural Science Service Annual Report, H.M.S.O., London.

- Audus L.J., 1951. The biological detoxication of hormone herbicides in soil. *Plant Soil*, 3, 170-192.
- Audus L.J., 1964. In L.J. Audus, ed. *The Physiology and Biochemistry of Herbicides*. Academic Press, London, 555 pp, chapter 5. Pages 163-206.
- Beyer E.M., Brown H.M., Duffy M.J., 1987. Sulfonylurea herbicide soil relation. *B.C.P.C. Weeds*, 531-540.
- Bic G., Charmet F., Begon J., Delahousse B., Moutarde M., 1986. Le diflufenicanil, un nouvel herbicide des cereales d'hiver. C.R. 13eme Conference du COLUMA, 1, 86-85.
- Bosio P.G., Cola E.R., Matheus B.L., Woodbridge A.P., Wright A.N., 1982. The determination and study of residues of flumprop- isopropil in soil. *Pesticide Science*, 13, 63-71.
- Bosten J.J.T.I., 1987. Leaching of herbicides to ground water: a review of important factors and of available measurements. *B.C.P.C. Weeds*, 559-568.
- Brewster B.D., Appleby A.P., 1983. Response of wheat (*Triticum aestivum*) and rotation crop to chlorsulfuron. *Weed Science*, 31, 861-865.
- Briggs G.C., 1981. Teoretical and experimental relationships between soil adsorptiom, octanol-water partition coefficients, water solubilities, bioconcentration factors and parachor. *J. Agr. Food Chem.*, 29, 1050-1059.
- Calvet R., 1981. Herbicides et environment. C.R. 11eme Conference du COLUMA, 4, 1009-1023.
- Calvet, R. 1977. Problèmes posés par l'utilisation des herbicides persistants. Considerations generales sur la persistance des herbicides. C.R. 9éme Conference du COLUMA 4, 981-987.

- Canter L.W., 1986. Water and soil impacts. In: Environmental impacts of agricultural production activities, 145.
- Catizone P., Toderi G., 1974. Effetti residui su *Sinapis alba* L. di trattamenti erbicidiali frumento. Riv. di Agronomia, 8, 173-179.
- Cheng H.H., Koskinen W.C., 1986. Processes and factors affecting transport of pesticides to ground water. In: Evaluation of pesticides in ground water, 2-13.
- Del Re A.A.M., Capri E., Trevisan M., 1990. Antiparassitari ed impatto ambientale. II Conferenza Nazionale sul Mais, II, 900-920.
- Deleu R., Copin A., Salembier J.F., Gomand M., 1987. Relationship between the biological efficacy and chemical behaviour of isoxaben in the soil of cereal crops. Results of two years' trials. Med. Fac. Landbouww., Rijksuniv. Gent.
- Efthimiadis P., Skorda E.A., Adamis T., 1989. The persistence of sulfonilurea herbicides alone or in mixtures with graminicides. B.C.P.C. Weeds, 1, 383-388.
- Esau R., Rumney V., 1985. Effects of chlorsulfuron and DPX-T6376 on succeeding rotational crops. Annual Report. Alberta Horticultural Res. Center, 72.
- Ferguson D.T., Schaehl S.E., Hageman H., Lepone G.E., Carraro G.A., 1985. DPX-L 5300 - A new cereal herbicide. B.C.P.C. Weeds, 1, 43-48.
- Flori P., Maini P., 1990. I residui dei diserbanti ad applicazione fogliare: presenza nelle colture e riflessi ambientali. Informatore Agrario, 3, 81-90.
- Foschi S., Rapparini G., Flori P., Pizzi M., 1992. Studio della persistenza e percolazione dei diserbanti residuali del frumento. Giornate Fitop. in stampa.
- Frieser H.A., 1965. The movement and persistence of dicamba in soil. Weeds, 13, 30-33.

- Furnidge C.G., Osgerby J.M., 1967. Persistence of Herbicides in Soil. *J. SCI. Fd Agric*, 18, 269-273
- Gaynor J.D., 1984. Diclofop-methyl persistence in south-western Ontario soils and effect of pH on hydrolisis and persistence. *Can. J. of Soil Sci.*, 64, 283-291.
- Geissbuhler H., 1969. The substituted ureas. Degradation of herbicides (Ed. by P. C. Kearney and D.D. Kaufman), 79-111.
- Geissbuhler h., Guth J.A., 1970. Behaviour of urea herbicides in soil with special reference to environmental contamination problems. *Proc. 10th Br. Weed Control Conf.*, 307-313.
- Giardini L., Giovanardi R., 1974. Persistenza d'azione di alcuni erbicidi in prove di campo e di serra. *Riv. di Agronomia*, 8, 180-194.
- Gustafson D.I., 1989. Groundwater ubiquity score: a simple method for assessing pesticide leachability. *Environ. Toxicol.*, 8, 339-357.
- Hamaker J.W., 1975. The interpretation of soil leaching experiments. In: *Environmental Dynamics of Pesticides* (eds R. Haque & V.H. Freed) Plenum Press, NY.
- Harris C.I., 1967. Movement of herbicides in soil. *Weed*, 15, 214-216.
- Hartley G.S., 1964. Herbicide behaviour in the soil. I Physical Factors and Action Through the Soil. *The Physiology and Biochemistry of Herbicides*, 111-161.
- Helling C.S. 1971. Pesticide mobility in soil. III . Influence of soil properties. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, 35, 743-748.
- Helling C.S., Turner B.C., 1968. Pesticide mobility. determination by soil thin-layer chromatography. *Science*, 162, 562-563.
- Helweg A., 1987. Degradation and adsorption of ¹⁴C MCPA in soil-influence of concentration, temperature and moisture content on degradation. *Weed Res.*, 27, 287-296.

- Hickman J.S., 1983. Diclofop in runoff from agricultural watersheds in a high winter rainfall area. *Dissertation Abstracts International*, 44, 378B-379B.
- Hitchings E.J., Roberts T.R., 1979. Degradation of the herbicide flumpropisopropil in soil under laboratory conditions. *Pesticide Science*, 10, 1-13.
- Hudson A.A., Townsend S.C.E., 1985. AC 222,293 for the control of grass weeds in winter cereals in the UK: field studies of efficacy and crop tolerance. *B.C.P.C. Weeds*, 3, 923-929.
- Huggenberger F., Ryan P.J., 1985. The biological activity of EL 107 and its mobility and degradation in soil. *B.C.P.C. Weeds*, 3, 947-954.
- Iwanzik W., Amrein J., Koeller R., 1988. Bioassay on determination of triasulfuron in the soil. *Zeitschrift fur Pflanzenschutz Sonderheft*, 11. 301-310.
- Jacques G.L., Harvey R.G., 1979. Persistence of dinitroaniline herbicides in soil. *Weed Science*, 27, 660-665.
- Jamet P., 1987. Méthode d'étude de la mobilité d'un herbicide dans le sol. Résultats concernant l'isoxaben.
- Jury W.A., Focht D.D., 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.
- Kennedy J.M., Talbert R.E., 1977. Comparative persistence of dinitroaniline type herbicides on the soil surface. *Weed Science*, 25, 373-381.
- Kirkland K., Fryer J.D., 1972. Degradation of several herbicides in a soil previously treated with MCPA. *Weed Res.*, 12, 90-95.
- Klingaman T., Peeper T., Basler E., McMahon A., 1986. Activity and persistence of CGA-131036 and other sulfonyleurea herbicides. *Abstracts of Proc., Southern Weed Science Society, 39th Annual Meeting, Stillwater*, 457.

- Kreuger J.K., Brink N., 1987. Losses of pesticide from agriculture. In Pesticide: food and environmental implication. Proceeding of an international symposium held in Neuheberg, German Federal Republic, 24-27.
- Kulshrestha G., Yaduraju N.T., 1987. Persistence of pendimethalin in soil following pre-emergence application to wheat. *Indian J. of Agronomy*, 32, 271-274.
- Kyndt C.F.A., Turner M.T.F., 1985. Diflufenican a new herbicide for use in winter cereals. *B.C.P.C. Weeds*, 1, 29-34.
- Lehmann R.G., Miller J.R., 1989. Soil catalysed hydrolysis of fluroxypyr-methylheptyl ester. *Weed Research*, 30, 385-382.
- Lehmann R.G., Miller J.R., Olberding E.L., Tillotson P.M., Laskowski D.A., 1990. Fate of fluroxypyr in soil: I. Degradation under laboratory and greenhouse conditions. *Weed Research*, 30, 375-382.
- Laskowski D.A., Goring C.A.I., Mc Call P.J., Swann R.L., 1982. Terrestrial environment. In R.A. Conway, ed., *Environ. Risk Analysis for Chemicals*. Van Nostrand Reinhold Co., NY, pp.198-240.
- Mackay D., Paterson S., 1981. Calculating fugacity. *Environmental science and technology*, 15, 1006-1014.
- McCurdy E.V., Molberg E.S., 1974. Effects of the continuous use of 2,4-D and MCPA on spring wheat production and weed population. *Can. J. Plant Sci.*, 54, 242-245.
- Miller S.D. Alley A.P., 1987. Weed Control and rotational crop response with AC 222,293. *Weed Technology*, 1, 29-33.
- Moss S.R., 1979. The influence of tillage and method of straw disposal on the survival and growth of black-grass *Alopecurus myosuroides* and its control by chlortoluron and isoproturon. *Ann. appl. Biol.*, 91, 91-100.
- Parka S.J., Tepe J.B., 1969. The disappearance of trifluralin from field soil. *Weed Science*, 17, 119-122.
- Peterson M.A., Arnold W.E., 1985. Response of rotational crops to soil residues of chlorsulfuron. *Weed Science*, 34, 131-136.

- Pilmoor J.B., Caseley J.C., 1984. The influence of growth stage and foliage or soil application on the activity of AC 222,293 against *Alopecurus myosuroides* and *Avena fatua*. *Annals of Applied Biology*, 105, 517-527.
- Probst G.W., Golab T., Herberg R.J., Holzer F.J., Parka S.J., Van Der Schans C., Tepe J.B., 1967. Fate of trifluralin in soils and plant. *J. Agric. Food Chem.*, 15, 592-599.
- Rainey D.P., 1986. The degradation and transformation of EL 107 in soil. Lilly Research Laboratories, Summary document.
- Rao P.S.C., Hornsby A.G., Jessup R.E., 1985. Indices for ranking the potential for pesticide contamination of groundwater. *Proc. Soil Crop Sci. Soc. Fla.*, 44, 1-8.
- Rapparini G., 1986. I diserbanti. Ed. Inf Agrar., pp.174.
- Rapparini G., Fabbri M., Bartolini D., 1989. Studio dei tempi di degradazione dei diserbanti e valutazione dei residui mediante dosaggio biologico (secondo contributo). *Inf. Agrario*, 2, 97 - 105.
- Richardson W.G., West T.M., Parker C., 1982. The activity and pre-emergence selectivity of some recently developed herbicides AC 213087 and AC 222,293. *Weed Res. Organ. Technical Report*, No. 66.
- Rouchad J., Gustin M., Himme M.V., Bulcke R., Maddens K., 1990. Soil metabolism of the herbicide diflufenican in field wheat crops. *Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent*, 55 (3b).
- Roy C., 1986. Le triasulfuron: une nouvelle molecule destinee au desherbage des cereales a paille. 13eme Conference du COLUMA, 1, 96-105.
- Salembier J.F., 1990. Programmes de desherbage et rotations. *Cultivar*, 283, 16 - 20.

- Savage K.E., 1978. Persistence of several dinitroaniline herbicides as affected by soil moisture. *Weed Science*, 26, 465-471.
- Savage K.E., Jordan T.N., 1980. Persistence of three dinitroaniline herbicides on the soil surface. *Weed Science*, 28, 105-110.
- Seehts T.J., 1964. Review of disappearance of substituted urea herbicides from soil. *J. Agric. Ed. Chem.*, 12, 30-33.
- Smith A.E. 1984. Soil persistence studies with bromoxinil, propanil and 14C dicamba in herbicidal mixtures. *Weed Research U.K.*, 24, 291-295.
- Smith A.E., 1989. Degradation, fate and persistence of phenoxyalcanoic acid herbicides in soil. *Review of weed science*, 4, 3-24.
- Smith A.E., Hayden B.J., 1981. On the long term persistence of 2,4-D and triallate in Saskatchewan soil. *Proceeding of the EWRS Symposium on the Theory and Practice of the Use of Soil Applied Herbicides*, 156-162.
- Snel M., Almond R., Scorer D.J., 1986. Dissipation of clopyralid in German soils under field conditions. *Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent*, 51/2a.
- Tanphiphat K., Burril L.C., 1987. Persistence of clopyralid in soil. *Proceeding of the Western Society of Weed Science*.
- Thorness K.B., Messersmith C.G., 1986. Clopyralid persistence in soil. In *Proceeding, North Central Weed Control Conference*, 4, 6.
- Toole A.P., Crosby D.G., 1989. Environmental persistence and fate of fenoxa-prop-ethyl. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 8, 1171-1176.
- Torstensson N.T.L., Stark J., Goransson B., 1975. The effect of repeated applications of 2,4-D and MCPA on their breakdown in soil. *Weed Reas.*, 15, 159-164.
- Upchurch R.P., 1966. Behaviour of herbicides in soil. *Residue Rev.*, 16, 46-85.

- Walker A., Bond W., 1977. Persistence of the herbicides AC-92553, N-(1-ethylpropyl)-2,6-dinitro-3,4-xylidine, in soil. *Pesticide Science*, 8, 359-365.
- Wauchope R.D., 1978. The pesticide content of surface water draining from agricultural fields-a reviews. *J. Environ. Qual.*, 7, 459-472.
- Weber J.B., Shea P.J., Strek H.J., 1980. An evaluation of non point sources of pesticides pollution in runoff. p.69-98 in M.R. Over-cash and J.M. Davison, ed. *Environmental Impact at Nonpoint Source Pollution* . Ann Arbor Sci. Publ. Inc. Ann Arbor, MI.
- Winkler K., Huggenberger F., 1986. Behaviour of isoxaben in the soil and plant. *Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land und Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem*, 232, 348.

Fig. 1 - Processi che determinano il movimento e trasporto dell'acqua e dei fitofarmaci nel terreno (Da Cheng e Koskinen 1986).

Comparti ambientali	Movimenti dell'acqua presente nel suolo		Processi che interessano il trasporto del fitofarmaco	
			Con accumulo di sostanza attiva	Con perdita di sostanza attiva
Atmosfera sovrastante la coltura _____ Superficie del terreno _____	Evaporazione	Precipitazioni	Applicazione fogliare Volatilizzazione dal suolo Deriva	Adsorbimento da parte delle piante Fotodecomposizione Dilavamento Condensazione al suolo
Zona insatura corrispondente all'area radicale	Evaporazione Assorbimento radicale	Percolazione	Applicazione per interramento Dilavamento Trasporto	Degradazione chimica e biologica Ritenzione da parte del suolo Assorbimento radicale Trasporto

Zona insatura sottostante l'area radicale (vadose zone)	Verso l'alto Laterale	Movimento Verso il basso	Trasporto	Degradazione chimica e biologica Ritenzione da parte del suolo Trasporto

Zona satura (groundwater)	Verso l'alto Laterale	Movimento Verso il basso	Trasporto	Degradazione chimica e biologica Ritenzione da parte del suolo Trasporto

Tab. 1 - Fattori agronomici ed ambientali che maggiormente influenzano la mobilità e dispersione del diserbante
(Da Cheng e Koskinen 1986)

Natura dei fattori interessati	Tipo di fattore
I Fitofarmaco	Proprietà chimiche; Struttura; Solubilità; Volatilità Metodo di distribuzione; Formulazione; Dose Tipo di degradazione; Vie di formazione dei metaboliti
II Terreno	Proprietà: tipo e contenuto di sostanza organica, argilla e sostanze amorfe pH struttura permeabilità Condizioni: umidità, aerazione, attività microbica, eterogeneità, profondità della falda acquifera, topografia, pendenza, drenaggio
III Pianta	Caratteristiche della specie Stadio di sviluppo Sistema radicale e rizosfera
IV Ambiente	Temperatura Piovosità Movimento dell'aria Irraggiamento

Coefficienti di partizione e caratteristiche fisico-chimiche						Esempi di erbicidi con comportamento ambientale rispondente alle caratteristiche riportate(7)	Classe di mobilità (1)
Rf (1)	Kd (2)	Kom (3)	WS (4) (ppm)	P-100n (5)	Kow (6)		
0,002	500	2x10E+4	0,006	580	10E+7		1° immobile (Rf= 0-0,09)
0,006	150	6x10E+3	0,06	500	10E+6		
0,02	50	2x10E+3	0,6	410	10E+5	Trifluralin	
0,06	15	600	6	350	10E+4	Dinitramina, Neburon	
0,19	4	160	60	250	10E+3	Limite superiore per la sistemicità nelle piante sulla base del valore di Kow	2° poco mobile (Rf=0,10-0,34)
						Linuron, Isoxaben, Terbutrin	
0,44	1	50	600	170	10E+2	Limite superiore per la percolazione del p.a. tal quale nelle acque di falda (8)	3° mediamente mobile (Rf=0,35-0,64)
						Clortoluron, 2,4 - D acido	
0,72	0,4	15	6000	80	10	Triasulfuron	4° mobile (Rf=0,65-0,89)
0,90	0,1	4	6x10E+4	0	1	Isoproturon, Clorsulfuron, Metsulfuron-metil, MCPA	
0,97	0,03	1	6x10E+5	-80	0,1	Dicamba	5° molto mobile (Rf=0,90-1,0)
0,99	0,01	0,3	miscibile	-160	0,01		

(1) Su strato sottile di terreno (soil TLC) (Da Helling e Turner 1968).

(2) Coefficiente di adsorbimento sul terreno

(3) Coefficiente di adsorbimento sul terreno in funzione della sostanza organica; approssimativamente = BCF su proteine.

(4) Solubilità in acqua.

(5) Parachlor

(6) Coefficiente di partizione ottanolo/acqua; approssimativamente = BCF su lipidi.

(7) Classificati per la mobilità in base ai valori di Rf

(8) Sulla base dei valori di Kd

Tab. 3 - Persistenza e trasporto nel terreno dei principali diserbanti dei cereali.

Principio attivo	Solubilità in acqua (ppm 20-30°C)	Tipo di trasporto predominante (1)	Persistenza nel terreno (in gg)	Presenza rilevata nelle acque (2)
Bentazone	500	W	30-60	+
Dicamba	60.500	W	30-60	+
Clorsulfuron	100 - 27.900*	W	120-250	
2,4 - D acido	620 - 45.000**	W	10-30	+
2,4 - D ammonio	4,4x10E6	W	10-30	
Isoproturon	55	W	20-50	+
Metsulfuron-metil	1.100-9.500*	W	120-250	
Triasulfuron		W	120-250	
Bromoxinil	130	SW	30	
Cyanazina	171	SW	30-60	+
MCPA	825	SW	30-180	+
Terbutryn	25	SW	20-70	+
Bifenox	0,35	S	40-60	
2,4 - D estere	insolubile	S	10-30	
2,4 - DB	insolubile	S		
Dinitramina	1,1	S	90-120	
Fluorocloridone	28	S	60-150	
Isoxaben	1-2	S	120-240	
Linuron	81	S	90-120	
Metabenzthiazuron	59	S	120-180	
Trifluralin	<1	S	120-180	+

(1) Da Canter 1986 modificato

W = con le acque di percolazione o lisciviazione

S = con le particelle di terreno ed i sedimenti

WS = sia con le acque che con i sedimenti

(2) Da Flori e Maini 1990.

(*) Variabilità in funzione del pH

(**) 620 ppm è la solubilità dell'acido, 45.000 quella del suo sale sodico

Tab. 4 - Indici di mobilità di alcuni dei principali diserbanti del grano calcolati sulla base di recenti modelli matematici di previsione e loro ripartizione ambientale secondo il modello di Mackay-Paterson (Da Del Re et. al. 1990).

Principio attivo	Indice di mobilità					Classe di pericolosità*	Ripartizione ambientale			
	AF	Tc	GUS	LEACH	Mz		Suolo	Pianta	Acqua	Sedimento
Cyanazina	0,823	30	3,61	7,3E+10	0,4909	1	1,552	3,095	95,342	0,007
Dicamba	0,812	4	4,19	1,2E+09	0,0198	1	0,114	0,228	99,654	0,000
2,4-D	0,724	7	3,17	6,2E+04	0,0390	2				
MCPA	0,351	21	2,24	7,0E+07	0,0681	3	0,827	1,648	97,510	0,004
Bentazone	0,028	26	1,30	2,4E+08	0,1144	4	1,050	2,093	96,849	0,005
Bromoxinil	0,000	51	0,92	2,3E+08	0,0127	5	1,272	2,537	96,182	0,005
Fluorochloridone	0,297	114	2,10	6,2E+05	0,0532	5	27,898	55,629	16,292	0,120
Linuron	0,276	139	2,00	4,7E+05	0,1057	5	13,580	27,080	59,210	0,059
Terbutryn	0,302	114	2,10	2,5E+06	0,1066	5	21,289	42,450	36,126	0,092
Pendimethalin	0,000	1337	0,09	2,4E+01	0,0019	7	33,268	66,336	0,136	0,144

* Sulla base del punteggio totale ottenuto attribuendo singoli punteggi a ciascun indice di mobilità

Tab. 5 - Concentrazione di alcuni diserbanti del grano e di loro metaboliti nella fase acquosa sottostante la zona radicale della coltura (Da Boesten 1987).

Principio attivo	Dose annuale d'impiego (Kg/Ha di p.a)	Tipo di terreno	Prof. di camp. (m.)	Durata del periodo di controllo (mesi)	Concentrazioni rilevate (mg/m ³ o ppb)		% di dose percolata
					media	intervallo	

Con piovosità naturale

Cyanazina	3	franco-sabbioso	1,6	9	0,4	0,1 + 1,1	0,0006
Cyanazina	2	franco-sabbioso	1,6	6	0,02	0,003 + 0,1	0,0008
cyanazina-amide			1,6	9	0,8	0,1 + 3,0	0,012
cyanazina-amide			1,6	6	0,05	0,02 + 0,1	0,003
Dicamba	6	franco-limoso	2,4	24	0,4	0,2 + 0,7	

Con piovosità naturale più irrigazione

Bentazone	3	franco-limoso	1,0	7	5	1 + 11	0,2
Bentazone	3	franco-limoso	1,0	7	20	1 + 50	0,9
2,4 - D	4	sabbioso	1,1	½	10	1 + 20	0,1
Dicamba	0,1	limo-argilloso	0,9	36	2		5,0

Tab. 6 Persistenza e percolazione di erbicidi applicati in pre e post-emergenza del frumento nelle annate 1984-85 e 1985-86 rilevate con piante test.

Intervallo in giorni dal trattamento	Profondità di prelievo (cm)	Applicazioni di pre-emergenza (prodotti, % p.a., l o Kg/ha p.c.)																
		TRIFLURALIN (44, 5)		DINTRAMBA (23)		PENDIMETALIN (31, 7)		LINURON (50)		CLORTOLLURON (45)		METABOXITAZURON (70)		TERBUTRINA (44)		CLORSULFURON (75)		
		2	00	3	00	3	00	1	00	5	00	3, 5	00	2, 5	00	0, 020	00	
165 *	0 - 5	■	■	■	■	■	■	-	■	■	■	■	-	-	■	■		
165 **	5 - 10	-	(1)	-	(1)	+■	(1)	■	(1)	■	(1)	■	(1)	-	(1)	+■	(1)	
270 *	0 - 15	-	-	-	-	+■	-	+■	-	■	■	■	■	-	-	-	■	
270 **		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Intervallo in giorni dal trattamento	Profondità di prelievo (cm)	Applicazioni di post-emergenza																
											CLORTOLLURON (45)							ISOPROTURON (45)
										2, 5	00						2	00
120 *	0 - 15																	
120 **											■	■						+■
Piante test		LOIETTO	LOIETTO	FRUMENTO	CETRIOLO	CETRIOLO	CETRIOLO	CETRIOLO	CETRIOLO	CETRIOLO	CETRIOLO	CETRIOLO	CETRIOLO	CETRIOLO	CETRIOLO	CETRIOLO	CIPOLLA FINOCCHIO	CETRIOLO

■ = presenza di erbicida; - = erbicida non rilevato; +■ = tracce; (1) = campione non prelevato

* = 1984-85; ** = 1985-86;

ANALISI FISICO-CHIMICA DEL TERRENO= Sabbia 12%; Argilla 35%; Limo 53%; (secondo norme USDA); sostanza organica 1, 70%; pH 8, 29; C.S.C. 28, 13 meq/100g.

DATE TRATTAMENTI= 1984-85 pre-emergenza 18/10/84; post-emergenza 20/03/85

1985-86 pre-emergenza 18/10/85; post-emergenza 19/03/86

DATI PLUVIOMETRICI

	Ottobre	Novembre	Dicembre	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	TOTALE
mm/pioggia 1984-85	27, 8	44, 6	59, 2	34, 0	29, 2	66, 4	5, 4	19, 0	0, 0	18, 2	303, 8
mm/pioggia 1985-86	24, 4	58, 4	32, 4	87, 6	9, 2	61, 0	65, 4	12, 8	27, 2	66, 4	444, 8
irrigazione 1985-86	20										

Tab. 7 Persistenza e percolazione di erbicidi applicati in pre e post-emergenza del frumento nelle annate 1987-88 e 1988-89 rilevate con piante test.

Intervallo in giorni dal trattamento	Profondità di prelievo (cm)	Applicazioni di pre-emergenza (prodotti, % p.a., l o kg/ha p.c.)																	
		TRIFLURALIN (44,5)		PONDOMETALIN (31,7)		LINURON (50)		GLIFOSIFURON (45)		ISOPROTURON (45)		METABENZITIAZURON (70)		GLIFOSIFURON (75)		FLURICLORODNE (22,74)		SODIABEN (12,5)	
		2	**	4	5	1	1,2	4,5	**	3,5	3	4	3,5	0,020	**	1	**	1	**
84 *	0 - 12	-	■	-	■	-	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	12 - 24	-	-	■	-	-	-	-	-	-	-	-	■	■	-	-	-	-	-
	24 - 36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	■	■	-	-	-	-	-
76 **	36 - 48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	■	■	-	-	-	-	-
	0 - 12	-	-	■	■	-	■	■	■	-	■	■	■	■	-	-	-	-	■
148 *	12 - 24	-	-	■	-	-	-	-	-	-	-	-	■	■	-	-	-	-	-
	24 - 36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	■	-	-	-	-	-
142 **	36 - 48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	■	-	-	-	-	-
	0 - 12	-	-	■	■	-	■	■	-	■	■	■	■	■	-	-	-	-	■
215 *	12 - 24	-	-	-	-	-	-	-	-	■	■	■	■	■	-	+	■	-	■
	24 - 36	-	-	-	+	-	+	-	-	■	■	■	■	■	+	■	-	-	-
196 **	36 - 48	-	-	-	-	-	+	-	-	■	■	■	■	■	+	■	-	-	-
	0 - 24	-	-	-	-	-	-	■	■	-	-	■	■	■	+	■	-	-	-
267 *	0 - 24	-	-	-	-	-	-	■	■	-	-	■	■	■	+	■	-	-	-
	268 **	0 - 24	-	-	-	-	-	■	■	-	-	■	■	■	+	■	-	-	-
Intervallo in giorni dal trattamento	Profondità di prelievo (cm)	Applicazioni di post-emergenza																	
						GLIFOSIFURON (45)		ISOPROTURON (45)											
		2,5	**	3	**														
26 *	0 - 12			■		■													
	12 - 24			-		-													
	24 - 36			-		-													
	36 - 48			-		-													
93 *	0 - 12			-		-													
	12 - 24			-		-													
	24 - 36			-		-													
	36 - 48			-		-													
146 *	0 - 24			-		-													
143 **	0 - 24			-		-													
Pianta test		LOIETTO	FRUMENTO	CETRIOLO	CETRIOLO	CETRIOLO	CETRIOLO	CETRIOLO	CETRIOLO	CETRIOLO	CPOLLA	CAVOLO	CAVOLO						

■ = presenza di erbicida; - = erbicida non rilevato; +■ = tracce; * = 1987-88; ** = 1988-89;

ANALISI FISICO-CHIMICA DEL TERRENO= Sabbia 30%; Argilla 21%; Limo 49%; (secondo norme USDA); sostanza organica 1, 20%; pH 7, 84; C.S.C. 21, 25 meq/100g.

DATE TRATTAMENTI= 1987-88 pre-emergenza 21/10/87; post-emergenza 20/02/88

1985-86 pre-emergenza 26/10/88; post-emergenza 28/02/89

DATI PLUVIOMETRICI

	Ottobre	Novembre	Dicembre	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	TOTALE
mm/pioggia 1987-88	172,6	130,8	64,8	10,4	40,2	17,2	38,6	54,8	60,8	2,0	592,2
mm/pioggia 1988-89	45,4	28,6	17,8	0,4	6,4	49,8	71,4	105,0	36,0	124,4	485,8

Tab. 8 - Proprietà fisico-chimiche dei diserbanti del frumento

PRINCIPIO ATTIVO	SOLUBILITA' IN ACQUA (ppm)	VOLATILITA' (mm/Hg)	ADSORBIMENTO COLLOIDALE	MECCANISMO DI DEGRADAZIONE	PERSISTENZA MEDIA
Trifluralin	<1 (27°C)	$2,6 \times 10^{-4}$ (23,5°C)	elevato	microbico, chimico fotolitico	2-5 mesi
Pendimetalin	0,3 (20°C)	3×10^{-5} (25°C)	medio elevato	chimico, fotolitico	3-6 mesi
Bifenox	0,35 (25°C)	$3,2 \times 10^{-6}$ (30°C)	elevato	microbico, chimico	7-8 sett.
Fluroglicofen-etile	<1 (20°C)	non volatile	elevato	microbico, chimico	7-11 sett.
Linuron	75 (25°C)	2×10^{-7} (24°C)	medio	microbico, fotolitico, idrolitico	3-4 mesi
Clortoluron	70 (20°C)	$3,6 \times 10^{-6}$ (20°C)	medio, scarso in terreni sciolti	microbico	2-4 a 10 mesi
Isoproturon	70 (20°C)	$2,5 \times 10^{-8}$ (20°C)	medio	microbico	1-4 mesi
Metabenzthiazuron	59 (20°C)	$<1 \times 10^{-7}$ (20°C)	medio	microbico	2-4 a 10 mesi
Neburon	4,8 (24°C)	bassa	elevato	microbico	4-6 mesi
Terbutrina	25 (20°C)	$9,6 \times 10^{-7}$ (20°C)	elevato	microbico	3-10 sett.
Clorsulfuron	300 a pH 5 (25°C) 27900 a pH (25°C)	$4,6 \times 10^{-6}$ (25°C)	scarso	idrolitico, microbico	4-20 mesi
Triasulfuron	1500 a pH 7 (20°C)	$7,5 \times 10^{-9}$ (20°C)		microbico, chimico	2-4 a 12 mesi
Tribenuron-metile	28 a pH 4 (25°C) 280 a pH 6 (25°C)	$2,7 \times 10^{-7}$ (25°C)	scarso, medio	chimico, microbico	1-2 mesi
Imazametabenz	meta 1360 (20°C) para 850 pH 5,95	bassa	elevato	idrolitico	4-10 mesi
loxinil (sale)	140.000 (25°C)	non volatile	elevato	microbico, idrolitico	2-3 sett.
(estere)	130 (25°C)				
Bromoxinil (sale)	42000 (25°C)	non volatile	medio	microbico, idrolitico	2-3 sett.
(estere)	13 (25°C)		elevato		
2,4 D (sale Na)	620 (20°C)	non volatile	scarso	microbico	1-4 sett.
(sale amminico)	120 (20°C)	bassa	scarso		
(estere)	insolubile	elevata	elevato		
2,4 DB (sale sodico)	55 (25°C)	bassa	scarso	microbico	2-3 sett.
MCPA (sale Na)	270.000 (20°C)	bassa	scarso	microbico	2-3 sett.
(estere)	550 (20°C)	media			
2,4 DP (acidi e sali)	350 (25°C)	10^7 (25°C)	scarso	microbico	2-3 sett.
(est. isottilico)		$4,5 \times 10^{-6}$ (20°C)			
MCPP	620 (20°C)	media bassa	scarso	microbico	2-3 sett.
Clopiralid	1000 (20°C)	$1,2 \times 10^{-5}$ (25°C)	scarso	microbico	3-5 sett.
Dicamba	7900 (25°C)	$3,41 \times 10^{-5}$ (25°C)	scarso	microbico	3-12 sett.
Fluroxipir	91 (20°C)	$9,42 \times 10^{-7}$ (25°C)	medio	microbico	1-5 sett.
Bentazone	500 (20°C)	10^7 (20°C)	scarso con coll.minerali elevato con coll.organici	microbico	5-6 sett.
Flurenolo	36,5 (20°C)	$1,8 \times 10^{-5}$ (20°C)	scarso	microbico	5-6 sett.
Diclofop-metile	3 (22°C)	3×10^{-7} (20°C)	elevato	microbico	2-3 sett.
Tralkossidim	6,5 a pH 6,5 (20°C) 5 a pH 7 (25°C)	3×10^{-9} (20°C)	elevato	microbico	4-5 sett.
Fenoxaprop-etile	0,9 a pH 7 (25°C)	$0,187 \times 10^{-7}$ (20°C)	elevato	microbico	pochi gg.
L-flamprop-isopropile	10 (20°C)	$2,33 \times 10^{-7}$ (20°C)	elevato	microbico	2-5 mesi
Prosulfocarb	13 (20°C)	$5,17 \times 10^{-5}$ (25°C)	medio elevato	idrolitico	3-4 mesi
Isoxaben	1-2 (25°C)	scarsa	elevato	microbico	6-12 mesi
Flurocloridone	28 (20°C)	$5,6 \times 10^{-6}$ (50°C)	elevato	microbico	4-12 mesi
Diflufenican	0,05 (25°C)	$(5,3 \times 10^{-7})$ (30°C)	elevato	microbico	6-12 mesi

I RESIDUI DEI DISERBANTI NEL FRUMENTO

PAOLO FLORI* e ATTILIO A.M. DEL RE**

*Dipartimento di Protezione e Valorizzazione Agroalimentare - Centro di Fitofarmacia - Università di Bologna

**Istituto di Chimica Agraria e Ambientale - Facoltà di Agraria (Piacenza) - Università Cattolica del Sacro Cuore (Milano)

Riassunto

E' descritta la contaminazione del frumento dovuta a residui di fitofarmaci, con particolare riferimento ai diserbanti utilizzati in Italia. La concentrazione media dei residui su frumento e derivati, per l'Italia e per il resto del mondo, è stimata usando dati bibliografici degli ultimi 15 anni. La contaminazione da diserbanti è discussa in relazione ad altri possibili contaminanti (insetticidi e fungicidi) ed ai meccanismi di dissipazione in campo e di adsorbimento dei residui da parte della coltura. Lo scarso numero di dati disponibili per i diserbanti è dovuto alla loro limitata capacità di contaminare il frumento; questo spiega il limitato interesse degli organi di controllo. Con i dati italiani è calcolato un indice di valutazione che tiene conto delle concentrazioni residue, dei consumi alimentari e della tossicità orale, per stimare il contributo di cereali e derivati alla pericolosità potenziale della dieta.

Introduzione

Nella valutazione dello stato di contaminazione del frumento dovuto a residui di diserbanti e più in generale di fitofarmaci, si devono distinguere i prodotti in base al modo di applicazione, che ha grande influenza sul potenziale livello di residuo.

I trattamenti in post-raccolta hanno maggiori probabilità di lasciare residui indesiderabili nel prodotto, mentre minore sembra l'effetto dei trattamenti in campo. Si può prevedere che i prodotti diserbanti siano meno contaminanti dei fungicidi e degli insetticidi, dato che sono utilizzati in lontananza dalla raccolta, ai primi stadi vegetativi della coltura od addirittura in sua assenza; molti dei diserbanti, inoltre, sono applicati al suolo dove subiscono degradazioni ed adsorbimenti che ne diminuiscono la persistenza.

Anche se sul problema della contaminazione delle derrate alimentare molti lavori sono stati scritti, l'esame dei dati pubblicati lascia insoddisfatto chi voglia rispondere alle domande più interessanti: i residui misurati sono dannosi all'uomo? si possono confrontare le pericolosità delle diverse sostanze chimiche? la contaminazione delle derrate è uniforme o presenta pericoli diversi?

Tali domande sono diverse da quelle cui si cerca di dare normalmente risposta: sono contaminate le derrate? la contaminazione è legalmente ammissibile?

Che tutte le derrate siano contaminate, qualunque sia il modo di produzione, risulta, oltre che dai dati sperimentali, dalle considerazioni seguenti sulle vie di contaminazione del frumento, valide per qualunque tipo di coltivazione; il problema ha un grande interesse teorico, soprattutto per le possibili implicazioni ecologiche, ma risulta difficile affermare che possa avere conseguenze sanitarie.

Che la contaminazione sia legalmente ammissibile è invece un problema sostanzialmente artificioso e da risolvere caso per caso, che si riduce al confronto fra dati sperimentali e norme scritte. Ciò non deve essere dimenticato, nonostante le pesanti conseguenze legali ed economiche del mancato rispetto delle prescrizioni. Di questo problema non si parlerà qui.

Valutare la reale pericolosità della contaminazione delle derrate richiede che:

- sia possibile definire in maniera obiettiva e quantitativa una grandezza che stimi il pericolo;
- sia possibile confrontare i valori che tale grandezza assume in diverse derrate e per molte sostanze contaminanti.

La pericolosità orale per l'uomo di una sostanza che contamina una derrata alimentare dipende da diversi fattori:

- la concentrazione (media, probabile, massima?) della sostanza in ognuna delle derrate alimentari che costituiscono la dieta (la concentrazione in un dato momento ed in un materiale di una data origine è quanto normalmente determinano i chimici analisti);

- la quantità (media, probabile, massima?) che della derrata viene assunta con l'alimentazione (la stima è compito dei nutrizionisti e porta a valutazioni dei consumi o delle assunzioni medie per popolazioni o per segmenti di popolazione - il prodotto di quantità di derrata per concentrazione di residuo dà l'esposizione orale totale);

- la tossicità orale, acuta e cronica, della sostanza; queste stime tossicologiche producono indici come la DL50, l'ADI o il NOEL, che riassumono la relazione dose-effetto per un animale da esperimento (il prodotto dell'esposizione orale per l'opportuno indice dà un valore proporzionale alla tossicità).

E' opportuno quindi definire uno o più indici che tengano conto non solo della concentrazione di residuo nelle derrate, ma anche delle quantità di ogni derrata presente nella dieta e delle tossicità acute e croniche di ogni residuo. Tali indici devono risultare additivi per due motivi: 1 - per rappresentare in modo conciso i dati; 2 - per tener conto dell'effetto cumulativo del consumo di diverse derrate contaminate da diversi principi attivi. Ciò è possibile solo se si assume almeno provvisoriamente che gli effetti tossici siano additivi, senza effetti di interazione positiva o negativa.

La struttura di due possibili indici è stata descritta in precedenza ed utilizzata per stimare la pericolosità delle frutta relativamente ad altre derrate (Del Re *et al.* 1989 a); la pericolosità dei diserbanti presenti come residui nelle derrate alimentari in genere è stata studiata con i medesimi strumenti (Cova *et al.* 1991).

In questo lavoro ci proponiamo di presentare una rassegna sullo stato di contaminazione del frumento, dovuta a residui di diserbanti, e di discutere il pericolo potenziale, in confronto con fungicidi ed insetticidi usati per trattamenti in campo o dopo la raccolta, altri cereali (riso) e dieta totale. Dato che la disponibilità di dati completi è

limitata, gli indici citati sono stati applicati solo alla situazione italiana, così come descritta dall'archivio ResPest-I (Trevisan 1987).

Difesa del frumento e residui dei diversi gruppi di fitofarmaci

In Italia, secondo stime relative al 1987, erano coltivati a frumento 2.950.000 ettari, diserbati almeno in misura del 72%.

Sulla base delle spese sostenute per le principali classi di fitofarmaci, l'incidenza globale dei trattamenti risulta ripartita per il 63% per i diserbanti, per il 28% per i fungicidi e per il 9% per gli insetticidi (Catizone 1991). Pur con differenze dovute al tipo di frumento (duro o tenero) ed ai caratteri agronomici delle diverse regioni, i diserbanti più utilizzati possono essere riuniti in quattro gruppi, ciascuno finalizzato al contenimento di definite flore infestanti (Catizone 1991):

- ormonici tradizionali (2,4-D, MCPA);
- ormonici a largo spettro (MCPP, Ioxynil, Dicamba, Bentazone);
- nitroaniline (Trifluralin, Pendimethalin), spesso utilizzate in miscela con derivati ureici (Linuron);
- graminicidi di post-emergenza (Flamprop-M-isopropyl, Dichlofop-methyl);
- derivati ureici, utilizzati da soli soprattutto su frumento tenero (Chlorotoluron, Methabenzthiazuron).

Questi ed altri principi attivi sono utilizzati in pre o post-emergenza, ma sempre a date lontane dalla raccolta del frumento; l'eventuale contaminazione del frumento è dovuta alla persistenza nel terreno ed alla successiva traslocazione nella pianta (Flori e Maini 1990).

Il secondo gruppo per importanza, quello dei fungicidi, risulta potenzialmente contaminante per il frumento a seguito dei trattamenti contro oidio, ruggini, septoria e nerume, quando effettuati in prossimità della raccolta, alla spigatura o alla fioritura (Pancaldi 1991). Privi di interesse sono invece i fungicidi impiegati per la disinfezione delle sementi (Pancaldi *et al.* 1989; Pancaldi 1990). Molti principi attivi sono usati in entrambi i tipi di trattamento (Carbendazim, Prochloraz, Triadimenol, Nuarimol), altri sono specifici

o per la concia delle sementi (Thiabendazole, Carboxim, Guazatine, Imazalil) o per i trattamenti alla parte aerea (Propiconazole, Fenpropimorph, Chlorothalonil).

Gli insetticidi ed i fumiganti, infine, usati prevalentemente dopo la raccolta, risultano il gruppo di fitofarmaci col maggiore impatto residuale.

Il movimento dei diserbanti

I fattori principali che regolano i movimenti nel suolo delle sostanze chimiche in generale e dei diserbanti in particolare sono: movimento dell'acqua nel suolo; ripartizione del principio attivo tra fase solida, fase acquosa e fase gassosa del suolo; struttura e tessitura del suolo; contenuto acquoso del suolo; persistenza del principio attivo.

Tali fattori sono connessi in modo complesso nel senso che possono agire uno sull'altro e modificare la situazione in modo difficile da prevedere. Dato che i diversi fattori agiscono simultaneamente ma in direzioni diverse e continuamente variabili, il movimento dei diserbanti nel suolo può in certa misura essere previsto solo usando simulazioni numeriche.

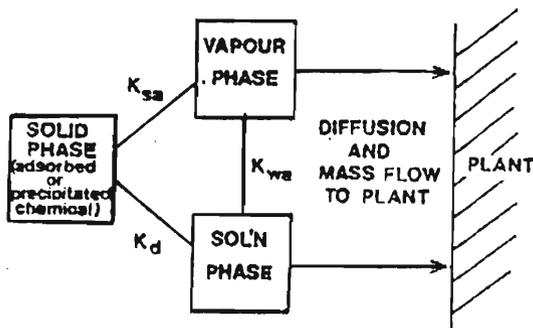
In particolare risulta difficile la previsione della variabilità dei residui, nel suolo o nelle parti della pianta (Del Re 1990), alla cui produzione concorrono la variabilità delle dosi distribuite, la disuniformità della distribuzione orizzontale del diserbante, l'eterogeneità del suolo in direzione tanto orizzontale quanto verticale, l'irregolarità delle condizioni microclimatiche.

Il contenuto acquoso del terreno e conseguentemente la concentrazione del diserbante nella soluzione circolante influenzano in modo determinante la contaminazione della coltura (Flori e Maini 1989), in dipendenza della capacità di percolazione del prodotto nel profilo del terreno (Flori e Maini 1989; Foschi et al. 1991) e della sua disponibilità nei confronti della coltura e della malerba (Schmidt e Pestemer 1990).

I fattori elencati influiscono sul comportamento biologico del prodotto e condizionano l'assorbimento e la translocazione all'interno della pianta nonché il trasporto nella parte edule e la persistenza.

I meccanismi fisico-chimici alla base di questi comportamenti e la ripartizione del diserbante tra fase solida, fase di vapore e soluzione circolante del terreno sono schematizzati in fig. 1 (Riley e Morrod 1976). Il diserbante trasloca dal suolo alla coltura per diffusione in fase di vapore, ma soprattutto per flusso di massa, trovandosi in equilibrio nel suolo tra fase di vapore, fase solida e soluzione acquosa.

Figura 1 - Ripartizione del diserbante nel terreno in relazione della sua capacità di traslocazione nella pianta (Da Riley e Morrod 1976).



Non va per altro trascurata la possibilità dei diserbanti, come di tutte le sostanze volatili, di raggiungere la coltura passando attraverso l'atmosfera, fino a raggiungere concentrazioni che possono essere previste con elementari considerazioni sugli equilibri termodinamici (Paterson 1987).

I trattamenti dopo la raccolta sono dovuti alla necessità di difendere il frumento dai numerosi insetti ed acari che possono

infestarlo nella fase di immagazzinamento (Domenichini 1972; Dal Monte 1972; Mathys 1977).

In questa fase sono distribuiti prodotti fumiganti e non-fumiganti ad azione insetticida; sono di questi i residui solitamente rinvenuti nel frumento e nei cereali in genere. Rispetto ai trattamenti in campo, quelli dopo la raccolta sono indubbiamente quelli che possono lasciare le quantità maggiori di residui.

Legislazioni europee sui residui di diserbanti nel frumento

Uno sguardo ai limiti di tolleranza (livelli ammissibili di residuo nelle derrate) fissati per i principali diserbanti del frumento dai paesi europei (tab. 1), consente di collegare i problemi sopra ricordati a quelli legislativi.

Tutti i paesi europei nei quali un diserbante è registrato ammettono valori di concentrazioni residue molto simili o identici, diversamente da quanto avviene per i residui di insetticidi e fungicidi.

Diverse legislazioni, tra cui quella italiana, ammettono che in generale, anche quando un p.a. non è registrato, valori di 10 ppb (0,01 ppm) non sono perseguibili dal punto di vista legale: livelli così bassi possono essere dovuti a contaminazioni accidentali o ambientali, piuttosto che a trattamenti antiparassitari. Livelli così bassi sono spesso impossibili da determinare con certezza in matrici organiche complesse. Infine, i limiti ammessi come tollerabili dai Ministeri competenti tengono conto delle concentrazioni di residuo che restano nelle derrate a seguito di "buone pratiche agricole".

I limiti adottati dalle varie legislazioni europee per i residui di diserbanti sono bassi e, per la quasi totalità dei casi, tra 50 e 100 ppb, con valori massimi intorno a 200-500 ppb (0,2-0,5 ppm). E' evidente che in tutte le realtà agronomiche ed ambientali dei paesi europei, si ritiene che i diserbanti non determinino residui rilevabili, o piuttosto che questi siano di così bassa entità da consentire valori legali di poche decine di ppb.

In questo senso i bassi limiti di tolleranza fissati per i diserbanti non rappresentano un vincolo per l'agricoltore, ma sono motivati

Tabella 1. Limiti di tolleranza (in ppb) dei diserbanti del grano fissati dai principali paesi europei (*) (**).

Principio attivo	Austria	Belgio	Finlandia	Francia	Germania	Irlanda	Lussemburgo	Olanda	Spagna	Svizzera	FAO	Italia
Bifenox	0,05	0,10		0,10	0,05		0,05	0,05	0,05	0,10		
Bentazone	0,10	0,05			0,10		0,05	0,05	0,10	0,10		
Bromoxinil	0,10	0,10			0,10		0,10	0,05	0,10	0,02		0,10
Cianazina	0,10	0,00			0,05			0,05	0,05	0,02		0,10
Clopiralid	0,50	0,20		2,00	0,05			0,50				0,50
Clortoluron	0,10	0,05			0,10		0,10	0,05	0,05	0,10		0,10
Clorsulfuron					0,05		0,01	0,05	0,05			0,01
2,4 - D	0,10	0,05	0,10		0,10		0,10	0,05	0,10	0,05	0,50	0,10
2,4 - DB		0,05			0,05		0,05	0,05	0,05	0,05		0,05
2,4 - DP	0,10	0,05			0,20	0,05	0,10	0,05	0,05	0,05		0,05
Dicamba	0,05	0,05			0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05		0,10
Diclofop-metile	0,10	0,50		0,05	0,10			0,00	0,05	0,04		0,10
Diflufenicam					0,05				0,02	0,02		
Dinitramina		0,05					0,05					0,01
Fenoxapprop-etile					0,10			0,02	0,02	0,02		
Flamprop-isopropil	0,10				0,10		0,05	0,30				
Fluoroglicofen-metile										0,005		
Fluorocloridone	0,10	0,00		0,05	0,05			0,00				0,05
Flurenol	0,05				0,05		0,05	0,05	0,05	0,05		0,05
Fluroxipir		0,10			0,10		0,05	0,05	0,05			0,50
Imazametabenz				0,05				0,05	0,05			0,50
Ioxinil	0,05	0,05			0,05		0,05	0,05	0,10	0,10		0,10
Isoproturon	0,20	0,01		0,05	0,20		0,10	0,05	0,05	0,05		0,10
Isoxaben		0,10		0,01	0,10			0,10	0,01			
Linuron	0,20	0,20			0,20		0,20	0,20	0,05	0,01		0,20
MCPA	0,10	0,10			0,10		0,10	0,10	0,10	0,05		0,10
MCPB	0,10	0,10			0,10		0,10			0,10		0,10
Metabenzthiazuron	0,10	0,05			0,10		0,05	0,05	0,05	0,05		0,10
Neburon	0,20	0,20			0,05		0,20	0,20	0,05	0,05		0,10
Pendimetalin	0,10	0,05		0,05	0,10		0,05	0,05	0,05	0,05		0,05
Prosulfocarb					0,05					0,05		
Terbutrin	0,05	0,00			0,05		0,05	0,05	0,05	0,05		0,05
Tralkossidim									0,05	0,02		
Triasulfuron									0,05	0,02		
Trifluralin	0,05	0,01			0,01		0,01	0,01	0,05	0,05		0,01

(*) Da Fito-bank C.O.D. (FE)

(**) Danimarca, Grecia, Portogallo, Regno Unito e Svezia non prevedono autorizzazioni su grano dei diserbanti in elenco.

Tabella 2. Contaminazione di campioni di grano e derivati da residui di fitofarmaci. Ricerche condotte negli anni 1975-90.

Autore	Nazionalità	Residuo rilevato	Entità del residuo	Commento
Lee et al.(1990)	USA	Monocrotofos	< 0,07 ppm (30-120 gg)	Prove di contaminazione del grano su coltura in rotazione seminata dopo 30 e 120 giorni dal trattamento del terreno con monocrotofos
Mattheuws (1990)	UK	Clorpirifos-metile	3,1 ppm (4 mesi)	Prove di laboratorio e su impianto pilota per lo studio della degradazione dell'insetticida nei trattamenti di immagazzinaggio
Osborne et al.(1989)	UK	Pirimiphos-metile Clorpirifos-metil Malathion Lindano Carbonio tetracloruro 1,2 - dibromoetano	0,4 - 3,4 ppm 0,1 - 1,5 ppm 0,1 - 2,6 ppm 0,01 - 0,06 ppm 0,01 - 0,09 ppm 0,12 ppm	Controlli eseguiti su 764 campioni di grano di produzione nazionale e d'importazione provenienti da Nord America, Francia, Spagna, Germania, Danimarca
		Erbicidi ureici Erbicidi carbonmati Carbendazim Carbaryl	n.r.	
		Bromo	(a livelli naturali)	
Goedicke et al.(1988)	DDR	DDT; p,p'DDT α,β, HCH, HCB	< 0,02 ppm	Controllo eseguito su campioni raccolti negli anni 1982 - 87
Luke et al. 1988	USA	Malathion	0,5 ppm	Su 3 campioni di grano analizzati uno rivelò la presenza di residui di malathion
Gartrell et al.(1986a)	USA	Clorpirifos Diazinone Fenitrothion Lindano Malathion Metossicloro 2-cloroetil-linoleato Tri-n-butyl-fosfato	1 - 2 ppb 2 - 54 ppb 3 ppb 1 - 2 ppb 8 - 158 ppb 3 ppb 5,5 ppb 3 - 32 ppb	Controllo della contaminazione di 160 alimenti composti destinati all'infanzia; anni 1980-82

segue tab. 2

Gartrell et al.(1986b)	USA	Clorprofam	49	ppb	Controllo della contaminazione di alimenti composti destinati all'alimentazione degli adulti; anni 1980-82
		Clorpirifos	tracce - 5	ppb	
		Diazinone	tracce - 11	ppb	
		Dieldrin	4	ppb	
		Fenitrothion	1 - 4	ppb	
		Eptacloro	5	ppb	
		2-Etilexil-difenilfosfato	485	ppb	
		Malathion	9 - 108	ppb	
		Metossicloro	2	ppb	
		Parathion metile	3	ppb	
		Pentaclorofenolo	tracce - 22	ppb	
		Toxafene	62	ppb	
		Tri-n-butilfosfato	3 - 60	ppb	
Dikshit (1985)	India	Fenitrothion	0,04	ppm	Prove di trattamento alle dosi di 5, 10, 20 ppm di grano stoccato in sacchi di juta, dimostrano l'assenza di residui, dopo 6 e 8 mesi, alle dosi basse e la presenza di tracce alla dose alta.
Bengston et al.(1983)	Australia	Deltamethrin	1,82	ppm	Prove di disinfestazione di grano immagazzinato con miscele e dosi diverse di insetticidi piretroidi ed organofosforati
		Fenvalerate	0,70	ppm	
		Permethrin	0,82	ppm	
		Phenothrin	1,21	ppm	
		Fenitrothion	4,3 - 9,8	ppm	
		Pirimifos-metile	1,8 - 2,6	ppm	
Mian e Mulla (1983)	USA	Diflubenzuron	0,59 - 5,0	ppm	E' studiata la persistenza su grano immagazzinato di 3 insetticidi regolatori di crescita, valutando i residui alle dosi d'impiego di 1, 5, 10 ppm e agli intervalli di tempo di 1,4,5,8,10,12,23 mesi
		Triflumuron	0,52 - 5,13	ppm	
		Methoprene	0,38 - 3,73	ppm	
Chawla e Karla (1983)	India	p,p' DDT	0,014	ppm	Residui medi di DDT ed HCH rilevati nel controllo di 40 campioni di grano raccolti, alla maturità nella regione del Punjab (India), nel 1979.
		p,p' DDE	0,008	ppm	
		p,p' TDE	0,004	ppm	
		o,p' DDT	0,003	ppm	
		α HCH	0,017	ppm	
		β HCH	0,010	ppm	
		δ HCH	0,005	ppm	
δ HCH	0,004	ppm			

segue tab. 2

Bailey et al. (1982)	UK	Malathion	0,1 - 1,5	ppm	Controllo dei residui di insetticidi organoclorurati organofosforati e fumiganti su 281 campioni di grano prodotti localmente ed importati negli anni 1978-79.
		Pirimifos-metile	0,1 - 0,3	ppm	
		Carbonio tetracloruro	0,002 - 20	ppm	
		Cloroformio	0,05 - 0,13	ppm	
		1,1,2 Tricloroetilene	0,09 - 0,2	ppm	
		1,2 Dibromoetano	0,09 - 0,8	ppm	
		Solfuro di carbonio	0,01 - 1,5	ppm	
Lindano	0,002 - 0,3	ppm			
Ocker e Seibel (1980)	RFT	Lindano	< 1 - 7	ppb	Indagine sulla presenza di residui su grano negli 1975-78.
		α HCH	0,5	ppb	
		HCB	0,5 - 1	ppb	
Seibel e Ocker (1979)		HCH	tracce		Esame di 200 campioni di grano raccolti negli anni 1974 - 75.
		α HCH			
		HCB			
		DDT			

dalla presenza nulla o sporadica nel frumento nelle diverse realtà colturali, agronomiche ed ambientali.

Dati internazionali

Se si esaminano i dati reperibili a livello internazionale (tab.2), si constata innanzitutto che nella quasi totalità delle ricerche è stato eseguito prevalentemente il controllo dei residui insetticidi e solo secondariamente dei fungicidi e diserbanti.

Le analisi sono spesso condotte non tanto sul cereale quanto sull'alimento finito (farina, pane, biscotti, ecc.)

Di regola i diserbanti non sono presenti come residui (Osborne et al. 1989) e solo in un caso (Gartrell et al. 1986 b) sono state rilevate tracce di Chlorprofam in un alimento i cui costituenti di base (presumibilmente patata) avevano ricevuto un trattamento in post-raccolta.

In tutti gli altri casi le analisi hanno evidenziato soprattutto la presenza di insetticidi e fumiganti, sia pure a livelli di pochi ppb. I campioni con livelli elevati di insetticidi residui provenivano da prove sperimentali per lo studio degli effetti dei trattamenti di conservazione in fase di immagazzinamento (Diflubenzuron, Triflumuron, Methoprene) (Mian e Mulla 1983) o da trattamenti durante l'immagazzinamento in varie condizioni (Osborne et al. 1989).

I residui in Italia

Una situazione del tutto analoga a quella internazionale si ritrova a livello italiano (tab. 3) dove nuovamente si rileva:

- a) scarsità di controlli nei riguardi dei residui erbicidi ;
- b) assenza di residui nei controlli effettuati;
- c) prevalenza di residui insetticidi provenienti da trattamenti di immagazzinamento.

Le concentrazioni di residui nelle derrate alimentari in Italia sono state stimate per mezzo dei dati archiviati in ResPest-I (Trevisan 1987).

Tabella 3. Medie aritmetiche e geometriche dei residui di fitofarmaci in cereali e derivati.

Nome ISO	materiale (codice)~	modello N°	normale media	modello N°	log-normale media
2,4,5-T	5	16	0	0	0
	31	14	0	0	0
2,4-D	5	18	0	0	0
	31	20	30	6	100
2,4-DB	5	18	0	0	0
	31	14	0	0	0
ALDRIN	5	203	3,52	90	2,4
	21	4	0	0	0
	23	50	0	0	0
	24	9	0	0	0
α-BHC	31	24	0	0	0
	5	350	7,07	181	2,34
	21	4	0,5	2	0
	23	50	3,19	27	2,99
ATRAZINE	24	9	1,89	5	3,29
	31	117	1,73	3	27,14
	5	18	0	0	0
	31	14	0	0	0
AZINPHOS-METHYL	5	43	0	0	0
BENOMYL	5	56	0,06	14	0,13
β-BHC	5	150	3,33	1	500
	21	4	0,25	1	0
	23	50	0,03	2	0,71
	24	9	0,06	1	0,5
BHC	31	117	1,71	2	100
	5	44	10,44	44	5,63
BROMINE	5	151	5162,25	148	3683,26
	21	25	3240	25	3171,05
	24	3	2000	3	2000
	31	3	0	0	0
BROMOPHOS-ETHYL	5	57	0	0	0
BROMOPHOS-METHYL	5	33	0	0	0
CARBENDAZIM	5	58	806,07	16	529,18
CARBONTETRACHLORIDE	5	9	2446,67	7	2362,42
CARBOPHENOTHION	5	57	4,04	1	230
CHLORDANE	5	82	0	0	0
CHLORPYRIFOS	5	57	0	0	0
CHLORPYRIFOS-METHYL	5	153	1575,46	105	1111,49

* - valore non calcolabile

N° - numero di dati totali pubblicati

~ - codici del materiale: 5 cereali in granella, riso escluso; 21 paste alimentari; 23 pane; 24 prodotti dolciari; 31 riso

continua tab. 3

CHLORTHAL-DIMETHYL	5	18	0	0	0
	31	14	0	0	0
DDT	5	366	7,3	222	5,53
	31	19	7,37	4	24,49
δ-BHC	5	105	0	0	0
	31	29	208,28	10	158,49
DIAZINON	5	202	0	0	0
	31	8	0	0	0
DICAMBA	5	18	0	0	0
	31	14	0	0	0
DICHLORVOS	5	182	15,99	17	104,44
DICOFOL	5	105	0	0	0
	31	19	0	0	0
DIELDRIN	5	439	0,58	90	2,66
	21	4	0	0	0
	23	50	0	0	0
	24	9	0	0	0
	31	24	0	0	0
DIMETHOATE	5	164	1,22	1	200
	31	8	0	0	0
DINOCAP	5	14	0	0	0
DITHIOCARBAMATES	5	353	0	0	0
ENDOSULFAN	5	158	1,44	31	1,61
	31	19	0	0	0
ENDRIN	5	189	2,83	19	19,12
	21	4	0	0	0
	23	50	0,07	1	3,5
	24	9	0	0	0
	31	24	0,13	1	3
ETHION	5	100	5,3	4	132,29
ETHYLENE DICHLORIDE	5	9	20211,11	7	14666,01
ETHYLENTIOUREA	5	4	0	0	0
ETRIMFOS	5	57	20,35	4	290
FENCHLORPHOS	5	115	0	0	0
FENITROTHION	5	58	6,21	2	179,72
FENOPROP	5	16	0	0	0
	31	14	0	0	0
FONOFOS	5	57	0	0	0
HEPTACHLOR	5	203	1,17	80	1,78
	21	4	0,63	3	0,79
	23	50	0,15	6	1,11
	24	9	0,44	3	1,08
	31	121	14,06	9	77,43
HEPTACHLOR EPOXIDE	5	228	1,25	56	1,18
	21	4	0	0	0
	23	50	0,01	1	0,5
	24	9	0	0	0
	31	24	0,88	2	4,47
HEXACHLOROBENZENE	5	357	0,57	19	8,67

continua tab. 3

HEXACHLOROBENZENE (segue)	31	111	0,27	3	10
ISOFENPHOS	5	9	0	0	0
LINDANE	5	439	16,58	279	7,61
	21	4	3,63	3	4,61
	23	50	4,76	23	8,04
	24	9	8,89	6	11,17
	31	130	33,92	99	24,2
MALATHION	5	356	759,55	190	163,14
	31	87	11,49	1	1000
MANEB	5	4	10	4	10
MCPA	5	18	0	0	0
	31	32	39,2	21	39,52
MECOPROP	5	18	0	0	0
	31	14	0	0	0
METHACRIFOS	5	57	5,26	1	300
METHIDATHION	5	144	0	0	0
	31	8	0	0	0
METHOXYCHLOR	5	82	2,04	4	28,63
	31	114	22,81	8	177,83
METHYL BROMIDE	21	54	6382,59	54	3367,34
	31	14	8512,14	14	5070,43
MEVINPHOS	5	107	0	0	0
	31	8	0	0	0
MOLINATE	31	30	0	0	0
o,p'-DDE	5	57	0	0	0
o,p'-DDT	5	119	0,79	62	1,27
	21	4	0	0	0
	23	50	0	0	0
	24	9	0,78	2	3,16
	31	209	1,45	4	44,72
o,p'-TDE	5	57	0	0	0
	21	4	0	0	0
	23	50	0,28	4	3,22
	24	9	0	0	0
	31	5	0,4	1	2
p,p'-DDE	5	73	8,34	16	38,03
	21	4	1	3	1,26
	23	50	2,11	28	2,45
	24	9	8,72	6	7,75
	31	87	0,97	10	7,24
p,p'-DDT	5	135	8,2	84	7,46
	21	4	1	1	4
	23	50	1,55	9	7,49
	24	9	4,94	4	4,46
p,p'-DDT	31	119	1,74	21	9,83
p,p'-TDE	5	57	0	0	0
	21	4	0	0	0
	23	50	0,4	4	4,49
	24	9	1,5	2	6,71

continua tab. 3

p,p'-TDE (segue)	31	5	0,4	1	2
PARAOXON	5	20	0	0	0
PARATHION	5	145	0,18	1	26
	31	8	0	0	0
PARATHION-ETHYL	5	57	0	0	0
PARATHION-METHYL	5	202	1,97	39	0,35
	31	8	0	0	0
PHOSALONE	5	9	0	0	0
PIRIMIPHOS-METHYL	5	144	248,4	28	988,06
	31	8	0	0	0
PROPANIL	5	19	0	0	0
	31	47	16,64	24	21,58
SIMAZINE	5	18	0	0	0
	31	14	0	0	0
TDE	5	23	4,2	23	4,2
THIOPHANATE-METHYL	5	66	1,63	12	0,22
TIOCARBAZIL	31	8	16005	8	1544,54

Come in altre occasioni (Del Re *et al.* 1987, Del Re *et al.* 1988, Del Re *et al.* 1989 a, Del Re *et al.* 1989 b, Del Re *et al.* 1989 c), risulta difficile sintetizzare senza ambiguità i numerosi dati disponibili.

Un primo ostacolo all'interpretazione è dovuto al fatto che la distribuzione statistica dei dati è certamente non-normale e sembra piuttosto essere log-normale. Perciò il valore più probabile non corrisponde alla media aritmetica, ma, se la distribuzione è realmente log-normale, alla media geometrica.

D'altra parte la media aritmetica resta il baricentro dei dati e stima in questo caso l'esposizione globale. Dato che in questo lavoro (vedi avanti) si confrontano i prodotti e le derrate in base alla tossicità acuta, sembra più opportuno discutere in base ai valori più probabili (moda, valutata con la media geometrica nell'ipotesi di una distribuzione log-normale) anzichè ai valori medi.

In tab. 3 sono riportate sia le medie aritmetiche sia le medie geometriche. Le medie geometriche sono a volte più basse, soprattutto nel caso in cui pochi dati presentavano valori molto alti; in alcuni casi, invece, sono maggiori e rappresentano stime in eccesso perchè è stato necessario escludere dal calcolo tutti i dati pari a 0, per evitare alterazioni arbitrarie dei dati durante il calcolo.

Tabella 4 - Medie ed intervalli fiduciali dei residui di diserbanti trovati in cereali e derivati.

Nome ISO	materiale (codice)~	N°	----- modello normale -----			N°	----- modello log-normale -----		
			media	intervallo fiduciale^			media	intervallo fiduciale^	
2,4,5-T	5	2	0	0	0	0	*	*	*
	31	1	0	*	*	0	*	*	*
2,4-D	5	2	0	0	0	0	*	*	*
	31	4	50	-7,74	107,74	2	100	100	100
2,4-DB	5	2	0	0	0	0	*	*	*
	31	1	0	*	*	0	*	*	*
ATRAZINE	5	2	0	0	0	0	*	*	*
	31	1	0	*	*	0	*	*	*
DICAMBA	5	2	0	0	0	0	*	*	*
	31	1	0	*	*	0	*	*	*
FENOPROP	5	2	0	0	0	0	*	*	*
	31	1	0	*	*	0	*	*	*
MCPA	5	2	0	0	0	0	*	*	*
	31	15	23,63	7,03	40,23	12	19,7	12,09	32,1
MECOPROP	5	2	0	0	0	0	*	*	*
	31	1	0	*	*	0	*	*	*
MOLINATE	31	7	0	0	0	0	*	*	*
	5	3	0	0	0	0	*	*	*
PROPANIL	31	15	12,14	3,8	20,47	12	9,32	5,08	17,07
	5	2	0	0	0	0	*	*	*
SIMAZINE	31	1	0	*	*	0	*	*	*
	5	2	0	0	0	0	*	*	*
TIOCARBAZIL	31	8	16005	767,91	31242,09	8	1544,54	171,24	13932,83

* - valore non calcolabile

^ - limiti inferiore e superiore ($\pm 2 \cdot$ errore standard)

N° - numero di gruppi di dati disponibili per il calcolo di media ed intervallo fiduciale^

~ - codici del materiale: 5 cereali in granella, riso escluso; 21 paste alimentari; 23 pane; 24 prodotti dolciari; 31 riso

La presentazione di medie ha un significato se accompagnata dalla presentazione di intervalli fiduciali. Purtroppo molti dati sono pubblicati dagli autori in gruppi, senza indicazioni della variabilità e sono riportati senza modifiche in ResPest-I. In questi casi, i gruppi di dati sono stati considerati come valori singoli, arrivando così a stime finali che sono medie di medie.

I limiti fiduciali per la distribuzione normale (tab. 4) sono stati calcolati da $\text{media} \pm 2$ errori standard.

Per il calcolo dei limiti fiduciali della distribuzione log-normale (tab. 4) si è proceduto così:

- è stato calcolato il logaritmo delle concentrazioni;
- sono stati calcolati media ed errore standard dei logaritmi;
- sono stati calcolati i limiti fiduciali della media dei logaritmi ($\text{media} \pm 2$ errori standard);
- sono stati ricalcolati la media geometrica ed i suoi limiti fiduciali dall'esponenziale dei valori calcolati al punto precedente.

In tab. 4 sono presentate le medie aritmetiche e geometriche assieme ai limiti fiduciali (per brevità, solo i dati sui diserbanti). E' evidente che le medie, risultanti da campioni di diversa numerosità e diversamente pesati, sono diverse da quelle di tab. 3; le differenze tuttavia non sembra abbiano molto peso nel determinare il significato dei risultati globali. Il limite fiduciale inferiore delle media aritmetiche è spesso inferiore a 0, indicando che il modello normale non è appropriato.

Indici valutativi, medie ed intervalli fiduciali

Come è stato detto sopra, la pericolosità orale per l'uomo di una sostanza che contamina una derrata alimentare dipende da diversi fattori: la concentrazione della sostanza in ognuna delle derrate alimentari che costituiscono la dieta; la quantità che della derrata viene assunta con l'alimentazione; la tossicità orale, acuta e cronica, della sostanza.

Sulla base di tali considerazioni abbiamo definito un indice (Del Re *et al.* 1989 a) per la tossicità acuta:

conc. ($\mu\text{g}/\text{kg}$ alimento) \cdot consumo (g alimento/giorno)

Indice =

DL50 ($\text{mg}/\text{kg}_{\text{PC}}$) \cdot kg_{PC}

dove 'conc.' è la concentrazione di un residuo in un alimento, 'DL50' la dose letale per il 50% di ratti (maschi, dove il sesso è dato), 'kg_PC' è il peso corporeo in kg (assunto per il calcolo pari a 70 kg) e 'consumo' è l'assunzione media quotidiana con l'alimentazione, stimata in base a dati citati (Saba *et al.* 1990).

L'indice è espresso in unità di misura semplice (1/giorno) e rappresenta il contributo di ogni principio attivo in ogni alimento all'assunzione globale di prodotti chimici con l'alimentazione, pesata per la tossicità; può essere sommato per valutare il contributo di più principi attivi o di più alimenti; riassume il contributo giornaliero alla tossicità acuta dei contaminanti la dieta.

Un ostacolo attualmente insuperabile per arrivare alla stima della pericolosità dei residui è costituito dall'ignoranza sulle interazioni tra gli effetti dei vari principi attivi. Per l'uso dell'indice abbiamo assunto l'ipotesi più semplice, che gli effetti tossici siano indipendenti ed additivi.

L'indice è quindi valido solo supponendo che tra i vari tipi di residui e tra ogni residuo ed i componenti della dieta non si abbia alcuna interazione, in senso sinergico o altro e che l'azione tossica di ogni residuo sia del tutto indipendente dalla presenza di altri residui e di principi alimentari e sia quindi additiva.

Nel lavoro citato (Del Re *et al.* 1989 a) era definito anche un indice di tossicità cronica, basato sulle ADI; dato che pochissimi valori di ADI sono stati fissati per i diserbanti, tale indice non è stato usato in questo lavoro.

In tabb. 5 e 6 sono riportati gli indici calcolati colle medie geometriche dei livelli di residui, per i motivi illustrati sopra, e coi dati di consumo (Saba *et al.* 1990); in tab. 5 sono riportati i valori calcolati per derrata, in tab. 6 per principio attivo (p.a.). Questi dati sui consumi sono qualificati da un errore standard; perciò per il calcolo dei limiti fiduciali degli indici (tabb. 5 e 6) si sono usati medie e limiti fiduciali calcolati per la tab. 4 e si è proceduto così:

Tabella 6 - Indici cumulativi per p.a., calcolati in modello log-normale, considerando singoli i dati a gruppi, con valori minimi e massimi valutati sia con gli S.E. dei consumi, sia con gli S.E. dei residui.

Nome ISO	N°	media	limiti fiduciali^	
2,4-D	6	0,06	0,06	0,06
ALDRIN	60	0,10	0,04	0,21
BENOMYL	21	<	<	<
BROMINE	90	7577,19	3570,11	11887,11
CARBENDAZIM	48	0,01	0,01	0,04
CARBOPHENOTHION	3	1,07	<	<
CHLORPYRIFOS-METHYL	78	0,21	0,12	0,40
DDT	480	0,07	0,03	0,31
DICHLORVOS	51	0,47	0,27	0,82
DIELDRIN	48	0,01	0,01	0,02
DIMETHOATE	3	0,17	<	<
ENDOSULFAN	15	0,02	<	0,20
ENDRIN	15	0,83	0,01	1,00
ETHION	6	0,23	0,21	0,27
ETRIMFOS	3	0,06	<	<
FENITROTHION	6	0,08	0,07	0,10
HEPTACHLOR	78	0,10	0,02	1,27
HEXACHLORO BENZENE	15	<	<	<
LINDANE	630	0,21	0,13	0,39
MALATHION	390	0,10	0,03	0,05
MANEB	12	<	<	<
MCPA	36	0,01	0,01	0,01
METHACRIFOS	3	0,16	<	<
METHOXYCHLOR	18	0,02	<	0,14
PARATHION	3	0,74	<	<
PARATHION-METHYL	18	0,65	0,08	5,29
PIRIMIPHOS-METHYL	9	0,29	0,08	0,98
PROPANIL	36	<	<	<
THIOPHANATE-METHYL	21	<	<	<
TIOCARBAZIL	24	0,03	0,01	0,31
Totale cereali	2226	7582,95	3571,29	11898,97
Totale dieta	44197	23307,63	11914,05	44716,04

N° - numero totale di gruppi di dati (vedi testo)

S.E. - errore standard

< - indice minore di 0,01

Confronto tra frumento e dieta totale

I cereali e derivati danno all'indice riferito alla dieta totale un contributo pari al 32,5 %, dovuto essenzialmente tutto al bromo contenuto nei prodotti trasformati, mentre i restanti principi attivi (insetticidi e fungicidi) danno contributi trascurabili.

Nulla risulta il contributo dei diserbanti.

Conclusioni

Relativamente alla presenza dei residui erbicidi la condizione igienico-sanitaria del frumento appare del tutto tranquillizzante, anche a fronte di un ridotto numero di controlli eseguiti nei loro confronti. Questa situazione risulta per altro originata dell'assenza dei residui erbicidi sul frumento e sugli alimenti da esso derivati, anzichè, come molti ritengono, esserne la causa.

In accordo con i dati della letteratura internazionale, risulta dall'analisi dei dati italiani che i residui di diserbanti sono praticamente assenti da cereali e derivati. Conseguentemente, il contributo dei diserbanti del frumento alla potenziale tossicità degli alimenti è nullo.

Ringraziamento

Si ringrazia il C.N.R., "Progetto strategico Qualità e Tipicità degli alimenti: Metodologie innovative di indagine" per il contributo economico.

Bibliografia citata

BAILEY S., COLLINS G.B., FISHWICK F.B., HART H.V., HORLER D.F. e SCUDAMORE K.A. (1982) - Pesticide residues in foodstuff in Great Britain; organochlorine pesticides, organophosphorus pesticides and fumigant residues in home-produced and imported wheat. *Pesticide Science*, 13, 373-378.

BENGSTON M., DAVIES R.A.H., DESMARCHELIER J.M., HENNING R., MURRAY W., SIMPSON B.W., SNELSON J.T., STICKA R, WALLBANK B.E. (1983) - Organophosphorothioates and synergised pyrethroids as grain protectants on bulk wheat. *Pesticide Science*, 14(4), 373-384.

CATIZONE P. (1991) -Diserbo. In *Agricoltura e Ambiente*. Accademia Nazionale di Agricoltura Ed. Edagricole; pg 481.

CHAWLA R.P., KALRA R.L. (1983) - Harvest time residues of DDT and HCH in the Punjab wheat crop untreated with these chemicals. *Agro-ecosystems* 8(3/4), 255-257.

COVA D., DEL RE A. A. M., NATALI P., TREVISAN M. (1991) - Esposizione e rischio tossicologico da diserbanti negli alimenti. *Atti del l'VIII Simposio Chimica degli Antiparassitari. I diserbanti*, Ed. Biagini, Lucca, 33-38.

DEL RE A.A.M., ROGGI C., PASTONI F. (1987) - Residui di alcuni antiparassitari negli alimenti: confronto tra dati sperimentali e soglie tossicologiche. *Atti '60 Convegno sulla patologia da tossici ambientali ed occupazionali'*, Edigraf, Torino, 145-155.

DEL RE A.A.M., CURTO O., TREVISAN M. (1988) - Pesticide residues: the italian situation. In: *Lintas C. e Spadoni M.A. (a cura di): Food safety and health protection*. Monografia N. 28., C.N.R., Roma, 215-240.

DEL RE A. A. M., NATALI P. e TREVISAN M. (1989 a) - Contaminazione della frutta in comparazione con altri alimenti. *EUROFRUT: Convegno 'Valore Dietetico Nutrizionale della Frutta'* Ferrara, 26 ottobre 1989

DEL RE A.A.M., TREVISAN M., NATALI P. (1989 b) - Il contributo delle acque potabili alla quantità totale di antiparassitari assunta con l'alimentazione. In: *A. Frigerio (a cura di): Acque per uso potabile. Protezione e controllo della qualità*. Fantigrafica, Cremona, 327-337.

DEL RE A.A.M., TREVISAN M., NATALI P. (1989 c) - I residui di antiparassitari nelle derrate alimentari e nelle acque. Presentato al VIII congresso della Società Italiana di Tossicologia - Convegno Preliminare. 'Sostanze Naturali e Sostanze di Sintesi in Agricoltura: Rischi tossicologici a Confronto'. Bologna, 20 marzo 1989.

DEL RE A.A.M. (1990) - Gli effetti ambientali dei pesticidi. In: *Linee di sviluppo della ricerca in fisiologia vegetale: tra Scilla e Cariddi, scienza o moda*. Ed. Società Italiana di Fisiologia Vegetale, 23-29.

DIKSHIT A.K. (1985) - The protection of bagged grain from insect infestation using fenitrothion. *Pesticides* 19(10), 73-75.

FLORI P., MAINI P. (1990) - I residui dei diserbanti ad applicazione fogliare: presenza nelle colture e riflessi ambientali. *Informatore Agrario* 3, SI-90.

FOSCHI S., RAPPARINI G., FLORI P. (1991) - Mobilità e persistenza dei diserbanti nel terreno. VIII Convegno biennale della Società Italiana per lo Studio della Lotta alle Malerbe. Rimini 17-18 ottobre.

GARTRELL M.J., CRAUN J.C., PODREBARAC D.S, GUNDERSON E.L (1986 a) - Pesticide, selected elements and other chemicals in infant and toddler diet samples, october 1980-march 1982. *J. AOAC*. 69(1), 123-145

GARTRELL M.J., CRAUN J.C., PODREBARAC D.S, GUNDERSON E.L (1986 b) - Pesticides, selected elements and other chemicals in adult total diet samples, october 1980-march 1982. *J. A.O.A.C* 69(1), 146-159

GOEDICKE H.J., RIEBEL A., SEEFELD F. (1988)- Zur Ruckstandsstitution von DDT, HCH und HCB in Getreidekornern in den Jahren 1982 bis 1987. *Nahrung*, 32(10), 945-953

LEE PW, FUKUTO J.M., FERNANDEZ H., STEARNS S.M. (1990) - Fate of monocrotophos in the environment *J. Agric. Food Chem.*,38(2), 567-573.

LUKE M.A., MASUMOTO H.T., CAIRNS T., HUMDLEY H.K. (1988) - Levels and incidences of pesticide residues in various foods and animal feed analyzed by the

- Luke multiresidue methodology for fiscal years 1982-1986. *J. A.O.A.C.* 71(2), 415-433
- MATTHEWS W.A. (1990) - The fate of chlorpiriphos-methyl in stored wheat: a comparison of a laboratory-scale experiment with a pilot-scale treatment. *Pesticide Science*, 30(1), 21-29
- MIAN L.S., MULLA M.S. (1983) - Persistence of three IGRs in stored wheat. *J.f. Econ. EntomolW.* 76(3), 622-625.
- OCKER H.D., SEIBEL W.V. (1980) - Residue situation in grain and bread. Part 1. Pesticide residues (In tedesco). *Getreide Mehl. Brot.* 34(1), 22-25.
- OSBORNE B.G., BARRETT G.M., LAAL-KHOSHAB A., WILLIS K.S. (1989) - The occurrence of pesticide residues in UK home-grown and imported wheat. *Pesticide Science*, 27(1), 103-109.
- PANCALDI D., GIORDANI G., CONCARO G. (1989) - Effetti dei trattamenti fungicidi nella difesa del frumento duro dal fusarium culmorum. *Informatore Agrario*, 36, 75-82.
- PANCALDI D. (1990) - La concia dei cereali. *Informatore Fitopatologico*, 9, 35-38.
- PANCALDI D. (1991) - Come difendere il grano dai funghi epigei. *Terra e Vita*, 12, 65-70.
- PATERSON S. (1985): Equilibrium models. In: *Environmental exposure from chemicals* (Brock Neely W, Blau G.E., Eds.). CRC Press, Boca Raton, FL; Vol. I, pp. 217-232.
- RILEY D., MORROD R.S. (1976) - Relative importance of factors influencing the activity of herbicides in soil. *Proc. of British Crop Protection Conference - Weeds Vol 3*, 971-980.
- SABA A., TURRINI A., MISTURA G., CIALFA E. (1990) - Indagine nazionale sui consumi alimentari delle famiglie 1980-84. Alcuni principali risultati. *Riv. Soc. It. Sci. Alim.* 19, 53-65.
- SEIBEL W.V., OCKER H.D. (1979) - Gehalt an Pflanzenschutzmittel-ruckstaendn und Schwermetallen in den deutschen Weizen- und Roggenernten 1974 und 1975. *Landwirtsch. Forsch.* 32(1-2), 186-196.
- SCHMIDT R.R., PESTEMER W. (1980) - Plant availability and uptake of herbicides from the soil. In *Interactions between herbicides and the soil*, Ed. R.J. Hance; Academic Press; pg 179-182.
- TREVISAN M. (1987) - Respest-I. Un archivio italiano sui residui di pesticidi. *Acqua Aria* n.2, 217-223.
- WAGENET R.J., HUDSON J.L. (1989): Leaching estimation and chemistry model - LEACHM. Cornell University, Ithaca, NY, pp. 148.
- WORTHING C.R. (1987) - *The Pesticide Manual*. 8th Edition, British Crop Protection Council Thornton Heath CR4 7QG, UK, 1081 pp.

COMUNICAZIONI

EFFETTI DELLA DURATA E DEL PERIODO DI COMPETIZIONE DELLE MALERBE NELLA COLTURA DEL FRUMENTO DURO (*Triticum durum* Desf.)°

PASQUALE MONTEMURRO*, ANNAMARIA CASTRIGNANO** , GIULIO SARLI***

* Istituto di Agronomia generale e Coltivazioni erbacee di Bari

** Istituto Sperimentale Agronomico del M.A.F. di Bari

*** Centro di Studio sull'Orticoltura Industriale del C.N.R. di Bari

RIASSUNTO

Vengono riportati i risultati di una sperimentazione riguardante gli effetti della durata e del periodo di competizione delle malerbe nella coltura del frumento duro, svolta allo scopo di individuare i seguenti parametri competitivi: la durata della competizione tollerata (DCT), il periodo richiesto di assenza dalle malerbe (PRAM) ed il periodo critico (PC). I dati relativi al PRAM ed alla DCT sono stati interpolati mediante due funzioni logistiche; per la DCT è stata usata una funzione decrescente ($y = a+b/[1+c \exp(dx)]$), per il PRAM una sigmoidale crescente ($y = a/[1+b \exp\{-(cx + dx^2)\}]$). L'intersezione delle curve si è verificata in corrispondenza del 55° giorno, in cui si è riscontrato un calo produttivo del 14,5%. Poichè dipendenti dal livello della perdita produttiva che può essere accettato, DCT e PRAM non possono assumere valori assoluti; il PC è rilevabile solo se le perdite produttive sono inferiori al 14,5%.

SUMMARY

Effects of duration and period of weed competition in durum wheat (*Triticum durum* Desf.)

Results of a trial carried out to evaluate the duration of tolerated competition (DTC), the required free period (WFP) and the critical period (PC) in durum wheat are reported. DCT and PRAM data were interpolated using two logistic functions; models used, decreasing and increasing respectively for DCT ($y = a+b/[1+c \exp(dx)]$) and WFP ($y = a/[1+b \exp\{-(cx + dx^2)\}]$) showed a good data adaptation. The two curves' intercept was to 55th day after wheat emergence, which corresponded 14,5% of yield reduction. DCT and WFP parameters depend on the acceptable yield reduction; only if these yield losses are lower of 14,5%, PC is observed.

Introduzione

L'esigenza di razionalizzare il più possibile la lotta alle malerbe può essere soddisfatta abbastanza bene utilizzando strategie di tipo integrato come quelle proposte nell'Integrated Weed Management System (I.W.M.S.), obiettivo del quale è quello di mantenere la competitività della flora infestante al di sotto di un certo livello con tutti i mezzi disponibili (Shaw, 1982).

Indispensabile per poter gestire il diserbo chimico secondo i dettami dell'I.W.M.S. è la conoscenza dei parametri competitivi di base e cioè della soglia di infestazione e del periodo critico (PC), con l'aiuto dei quali è possibile stabilire rispettivamente se e quando intervenire (Zanin e Berti, 1988).

La scarsità di informazioni sui predetti parametri per la maggior parte delle colture, unitamente alla variabilità delle situazioni pedo-climatiche e floristiche ed al fatto che non sempre risulta semplice monitorare in modo veloce e preciso l'infestazione, non rendono però per il momento possibile una gestione degli erbicidi mirata e flessibile, così come dovrebbe avvenire nell'I.W.M.S. (Zanin, 1989; Zanin e Berti, 1989).

Scopo del presente lavoro è stato quello di acquisire dati che, relativamente alla coltura del frumento duro, possano risultare utili per la definizione della durata della competizione tollerata (DTC) e del periodo richiesto di assenza dalle malerbe (PRAM), che sono i parametri la conoscenza dei quali permette di individuare il PC. Su queste problematiche non sembra siano mai state effettuate esperienze sperimentali per le aree cerealicole dell'Italia meridionale.

Andamento meteorico

I valori della temperatura media dell'aria non si sono discostati di molto da quelli pluriennali, fatta eccezione per i mesi di dicembre (-1,1°C), maggio (-2,3°C) e di marzo (+1,4°C). La piovosità è risultata complessivamente più elevata di quella attesa (+45,1 mm); in particolare, i mesi più piovosi sono stati dicembre, febbraio ed aprile (tab. 1).

Tab. 1 - Temperatura media dell'aria, precipitazioni mensili e relativi scarti dalle medie pluriennali (1960-89) nel periodo della prova.

1990-91	Temperatura (°C)	Scarti	Precipitazioni (mm)	Scarti
Dicembre	8,4	-1,1	168,2	+88,9
Gennaio	8,1	-0,1	55,1	-10,8
Febbraio	8,0	-0,8	68,7	+10,7
Marzo	12,3	+1,4	27,2	-38,3
Aprile	12,7	-0,9	65,0	+30,7
Maggio	15,7	-2,3	12,3	-17,6
Giugno	25,4	+0,3	0,7	-18,4

Materiali e metodi

La prova è stata realizzata nell'annata 1990-91 presso l'Azienda agraria sperimentale "E. Pantanelli" dell'Università di Bari a Policoro (MT), su di un terreno limoso-argilloso di origine alluvionale.

La determinazione della DCT è avvenuta permettendo alle malerbe di svilupparsi liberamente per 0 (testimone pulito per l'intero ciclo colturale)-35-45-55-65-75 e 85 giorni dopo l'emergenza del frumento; al termine di ciascuno dei periodi previsti, le parcelle sono state tenute libere dalle infestanti fino alla raccolta del cereale.

Il PRAM è stato valutato mantenendo le parcelle sgombre dalle malerbe per 0 (testimone inerbito per tutto il ciclo colturale)-35-45-55-65-75 e 85 giorni a partire da quello dell'emergenza del frumento; successivamente, trascorsi i periodi di assenza di competizione, l'infestazione non è stata più ostacolata fino alla raccolta.

Sia nelle parcelle del PRAM che in quelle della DCT, l'eliminazione delle malerbe è avvenuta manualmente, nei tempi previsti.

Lo schema sperimentale adottato è stato quello a blocchi randomizzati con 4 ripetizioni. L'infestazione delle malerbe è stata valutata utilizzando il metodo fitosociologico dell'abbondanza-dominanza di Brown-Blanquet alla fine di ciascuno dei periodi di competizione nelle parcelle della DCT, ed il 10/6/91 in quelle del PRAM.

Al momento della raccolta sono stati determinati la produzione di granella ed il numero di spighe·m⁻² e successivamente, in laboratorio, il peso ettolitrico delle cariossidi.

Ulteriori notizie sulla conduzione della prova sono riportate nel prospetto 1

Prospetto 1 - Notizie sulla conduzione della prova.

Coltura precedente: barbabietola da zucchero		
Concimazione (kg·ha ⁻¹):	- alla semina	54 N
	- in copertura	45 N
Date di:	- semina (a file distanti 18 cm)	18/12/90
	- emergenza	11/1/91
	- raccolta	5/7/91
Cultivar: Duilio		138 P ₂ O ₅

Per analizzare i dati della produzione di granella e del peso ettolitrico relativi alla DCT ed al PRAM sono state regredite due funzioni non lineari, scelte in base

alla loro capacità di adattamento ai punti sperimentali ed alla possibilità di dare una interpretazione biologica ai parametri.

Per la DCT si è usata una funzione decrescente utilizzata da Zanin *et al.* (1989) per la coltura del mais, di tipo logistico:

$$y = a + b / [1 + c \exp(dx)] \quad [1]$$

in cui:
 y = DCT;
 x = numero di giorni dall'emergenza;
 a = parametro corrispondente all'asintoto inferiore (produzione della coltura infestata per tutta la durata della coltivazione);
 c = parametro legato al massimo (y_M) della funzione (produzione della coltura in assenza di infestazione per tutto il suo ciclo) dalla relazione: $y_M = a + b/(1+c)$
 d = parametro che descrive la rapidità con cui la curva decresce all'aumentare di x.

Per il PRAM si è utilizzato un modello logistico (Pearl e Reed, 1923), generalizzato da Joly e Hahn (1989), che rappresenta una curva di tipo sigmoidale crescente ed asimmetrica rispetto al punto di flesso, della forma:

$$y = a / \{1 + b \exp[-(cx + dx^2)]\} \quad [2]$$

ove:
 y = PRAM
 x = giorni dall'emergenza;
 a = parametro che rappresenta il valore finale (asintotico) massimo, corrispondente alla coltura mai infestata;
 b = parametro legato al valore iniziale del PRAM (y_0) dalla relazione: $y_0 = a/(1+b)$;
 c = parametro legato alla durata del periodo precedente al punto di inflessione;
 d = parametro che descrive la rapidità di crescita della curva all'aumentare di x.

Nel nostro caso particolare si è utilizzata una forma semplificata della [2], ottenuta ponendo $c=0$, dal momento che quest'ultimo parametro risultava fortemente correlato con gli altri 3, rendendo quindi singolare lo Jacobiano dei parametri.

La scelta delle particolari funzioni [1] e [2], rispetto alle molte versioni della curva logistica presenti in letteratura, è stata dettata essenzialmente dalla buona flessibilità presentata dalle stesse ad adattarsi ai dati sperimentali e dalla possibilità di assegnare ai parametri di regressione un significato biologico. Le stime dei parametri delle curve in questione sono state ottenute con una procedura iterativa implementata su personal computer, utilizzando le procedure statistiche del SAS (SAS, 1987), applicando il metodo di Marquardt (Marquardt, 1963), in cui i residui sono regrediti sulle derivate parziali della funzione rispetto a ciascun parametro, fino al raggiungimento della convergenza.

Tab. 2 - Valori dei parametri, loro errore standard asintotico ed errore standard del modello per le funzioni scelte del PRAM e della DCT relative alla produzione e al peso ettolitrico della granella.

Produzioni di granella			Peso ettolitrico		
Parametri	Err. st. asintotico		Parametri	Err. st. asintotico	
P R A M					
a	5,73904	0,04859	a	82,39331	0,17232
b	1,00070	0,04534	b	0,10554	0,00368
d	0,00058	0,00008	d	0,00046	0,00003
Err. stand.del modello		0,11933	Err. stand. del modello		0,46431
D C T					
a	2,87854	0,00036	a	74,11398	0,02600
b	2,99035	0,000	b	8,46264	0,00000
c	0,00927	0,00330	c	0,00675	0,00465
d	0,07107	0,00480	d	0,05726	0,00821
Err. stand. del modello		0,13257	Err. stand. del modello		0,44480

Al fine di ottenere il decremento percentuale giornaliero della produzione in funzione della durata della competizione (x), la [1] è stata derivata rispetto ad x e la funzione così ottenuta è stata divisa per la [1] e moltiplicata per cento.

Risultati

Nelle parcelle della DCT si è sviluppata una infestazione costituita in prevalenza da *Sinapis arvensis* L., *Fumaria officinalis* L., *Avena ludoviciana* Durieu e *Phalaris* spp.; il grado di ricoprimento è naturalmente risultato progressivamente più elevato all'aumentare della durata della competizione (fig. 1). Nelle parcelle del PRAM, le specie ritrovate si sono differenziate in funzione dei periodi di assenza della competizione sia quantitativamente che qualitativamente per tutto il ciclo colturale, tranne in quelle in cui la coltura è rimasta inerbita per tutto il ciclo colturale (tesi 0), nelle quali le specie riscontrate sono risultate le stesse della DCT. In particolare, dall'osservazione della figura 2 si evidenzia come *S. arvensis*, *Polygonum aviculare* L. e *Chenopodium album* L. siano state valutate come le specie con il maggior coefficiente medio di ricoprimento, rispettivamente nelle

parcelle tenute prive da infestazione per 35 - 55 e 65 giorni dopo l'emergenza del frumento.

Osservando la figura 3 si può notare come l'intersezione della curva del DCT con quella del PRAM avvenga in corrispondenza del 55° giorno, all'inizio della levata del frumento, in cui si riscontra una produzione ridotta del 14,5% rispetto a quella ottenuta quando la coltura è stata tenuta sempre priva da infestazione (fig. 4).

Nel caso fossero accettabili contrazioni produttive inferiori al 14,5%, è possibile individuare un periodo critico della competizione del tipo teorizzato da Roberts (1976). A titolo di esempio, ipotizzando una perdita dell'8%, il PC risulterebbe esteso tra i punti a e b, corrispondenti rispettivamente al 43° ed al 66° giorno (fig. 4), quando il frumento si trovava tra lo stadio di pieno accostamento e quello del 1° nodo; pertanto, se si è in grado di controllare l'infestazione per tutta la durata di questo intervallo, la coltura è messa in condizioni di raggiungere il livello produttivo prefissato. Qualora, invece, la produzione che si è disposti a perdere fosse uguale o superiore a quella quantificata dall'intersezione delle due curve, non è possibile individuare un PC. Di conseguenza, per contenere, ad esempio, la dannosità delle malerbe nella misura del 20%, sarebbe sufficiente provvedere alla loro eliminazione con un unico intervento da effettuarsi tra i punti c e d e cioè tra il 50° ed il 60° giorno (fig. 4).

Il massimo effetto depressivo sulla produzione della granella di frumento si è naturalmente verificato quando la competizione delle malerbe è durata per tutto l'arco del ciclo colturale del frumento; l'entità del calo produttivo è stata valutata nella misura del 50% (fig. 4). Il decremento giornaliero ha raggiunto la punta massima intorno al 72° giorno (-1,25%); nel periodo compreso tra il 35° ed il 72° giorno, ogni giorno di ritardo nell'eliminazione della competizione ha determinato una diminuzione di produzione media dello 0,88% (fig. 5).

La dannosità dell'infestazione è ovviamente diminuita all'aumentare del periodo di tempo in cui la coltura veniva mantenuta priva di malerbe fino a diventare pressochè trascurabile (meno del 4%) quando la loro emergenza non è stata più ostacolata per 75 giorni dopo quello del cereale, che in tale momento aveva raggiunto lo stadio del 2° nodo (fig. 4).

La notevole diminuzione degli effetti negativi sulla produttività è quasi sicuramente giustificabile oltre che con la tardività di insediamento nella coltura

delle infestanti, anche con il basso grado di ricoprimento che queste ultime hanno potuto determinare.

Anche gli altri due parametri, cioè il peso ettolitrico ed il numero di spighe·m², hanno naturalmente risentito in modo notevole degli effetti della competizione delle infestanti. Il primo di essi, per il quale si osserva un andamento simile a quello trovato per la produzione (fig. 6), ha subito diminuzioni piuttosto consistenti quando la competizione si è protratta oltre il 60° giorno dopo quello dell'emergenza della coltura. La contrazione più forte (9% circa) si è naturalmente verificata nelle parcelle in cui la competizione è durata per tutto il ciclo del cereale.

Per quanto riguarda il numero di spighe·m², è da segnalare il fatto che questo parametro ha subito diminuzioni di un certo rilievo quando la competizione è durata per tempi superiori al 45° giorno, oltre la fase di fine accestimento del frumento, e quando è stata controllata per periodi inferiori ai 65 giorni e cioè fino al momento in cui la coltura aveva raggiunto lo stadio del 1° nodo (fig. 7).

Conclusioni

La sperimentazione che è stata effettuata ha permesso di rendere disponibili alcune prime indicazioni che possono trovare una certa utilità, in condizioni floristiche e pedo-climatiche simili a quelle in cui si è operato, nella gestione del diserbo chimico della coltura del frumento duro, in modo particolare nel caso in cui tale gestione debba avvenire nell'ottica dell'I.W.M.S. Le due curve che sono state interpolate, infatti, noto il livello di perdita di produttività ritenuto accettabile, permettono di definire DCT e PRAM.

La conoscenza di questi due parametri competitivi consente, inoltre, di individuare eventualmente il periodo critico della competizione, la cui rilevazione, stando ai risultati ottenuti, è possibile solo se la riduzione di produzione ammissibile è inferiore al 14,5%. In pratica, risulta possibile valutare preventivamente l'economicità del diserbo, decidere con più razionalità il momento in cui effettuare l'intervento e scegliere tra i principi attivi quelli con un'adeguata persistenza d'azione. Riguardo a quest'ultimo aspetto, considerando che quando è stato impedito l'instaurarsi della competizione fino all'80° giorno, la coltura è stata messa nelle condizioni di

esprimere quasi al massimo la sua potenzialità produttiva, la residualità non dovrebbe superare di molto il limite indicato.

Bibliografia

- COUSENS, R., 1988. Misinterpretation of results in weed research through inappropriate use of statistics. *Weed Research*, 28, 281-289.
- JOLY, R.J. and D.T. HAHN, 1989. An empirical model for leaf expansion in Cacao in relation to plant water deficit. *Annal of Botany*, 64, 1-8.
- MARQUARDT, D.W., 1963. Algorithm for least squares estimation of nonlinear parameters. *Journal for the Society of Industrial and applied mathematics*, 11, 431-441.
- PEARL, R. and L.J. REED, 1923. On the mathematical theory of population growth. *Metron*, 3, 6-19.
- ROBERTS, H.A., 1976. Weed competition in vegetable crops. *Annals of Applied Biology*, 83, 321-324.
- SAS, 1987. SAS users guide: statistics, version 6 edition. SAS Institute Inc. Cary, NC.
- SHAW, W.C., 1982. Integrated weed management system technology for pest management. *Weed Sci.*, 30 (supplement), 2-12.
- ZANIN, G., 1989. Il diserbo controllato. *Agricoltura e Ricerca*, 98, 105-116.
- ZANIN, G., BERTI, A., 1988. Il campionamento sequenziale nella gestione integrata della lotta alle malerbe (In corso di stampa su *Riv. di Agron.*).
- ZANIN, G., BERTI, A., 1989. Per una sempre migliore razionalizzazione degli interventi chimici. *Atti Convegno S.I.L.M.*, Torino, 9-10 nov., 119-145.
- ZANIN, G., BERTI, A., SATTIN, M., 1989. Mais (*Zea mais L.*). *Abutilon theophrasti* Medicus: effetto della durata e del periodo di competizione. *Riv. di Agron.*, 22 (2), 185-192.

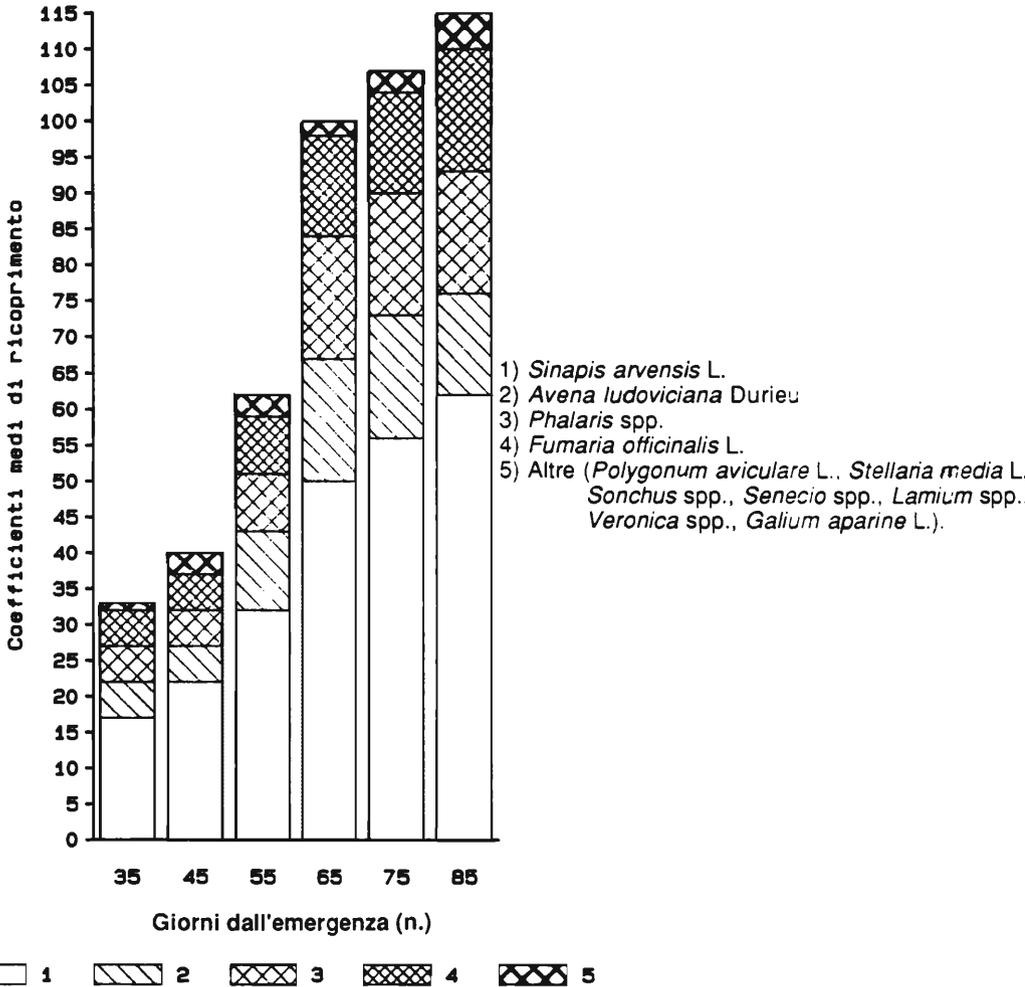


Fig. 1 - Coefficienti medi di ricoprimento delle infestanti rilevati nelle parcelle del DTC

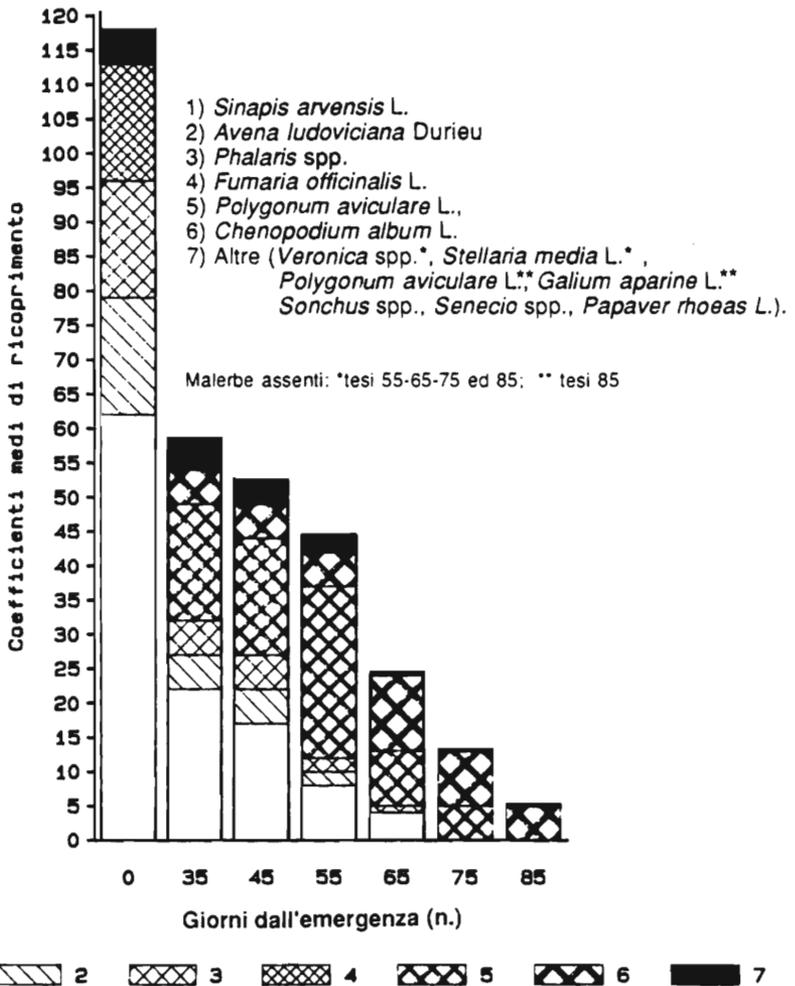


Fig. 2 - Coefficienti medi di ricoprimento delle infestanti rilevati nelle parcelle del PRAM

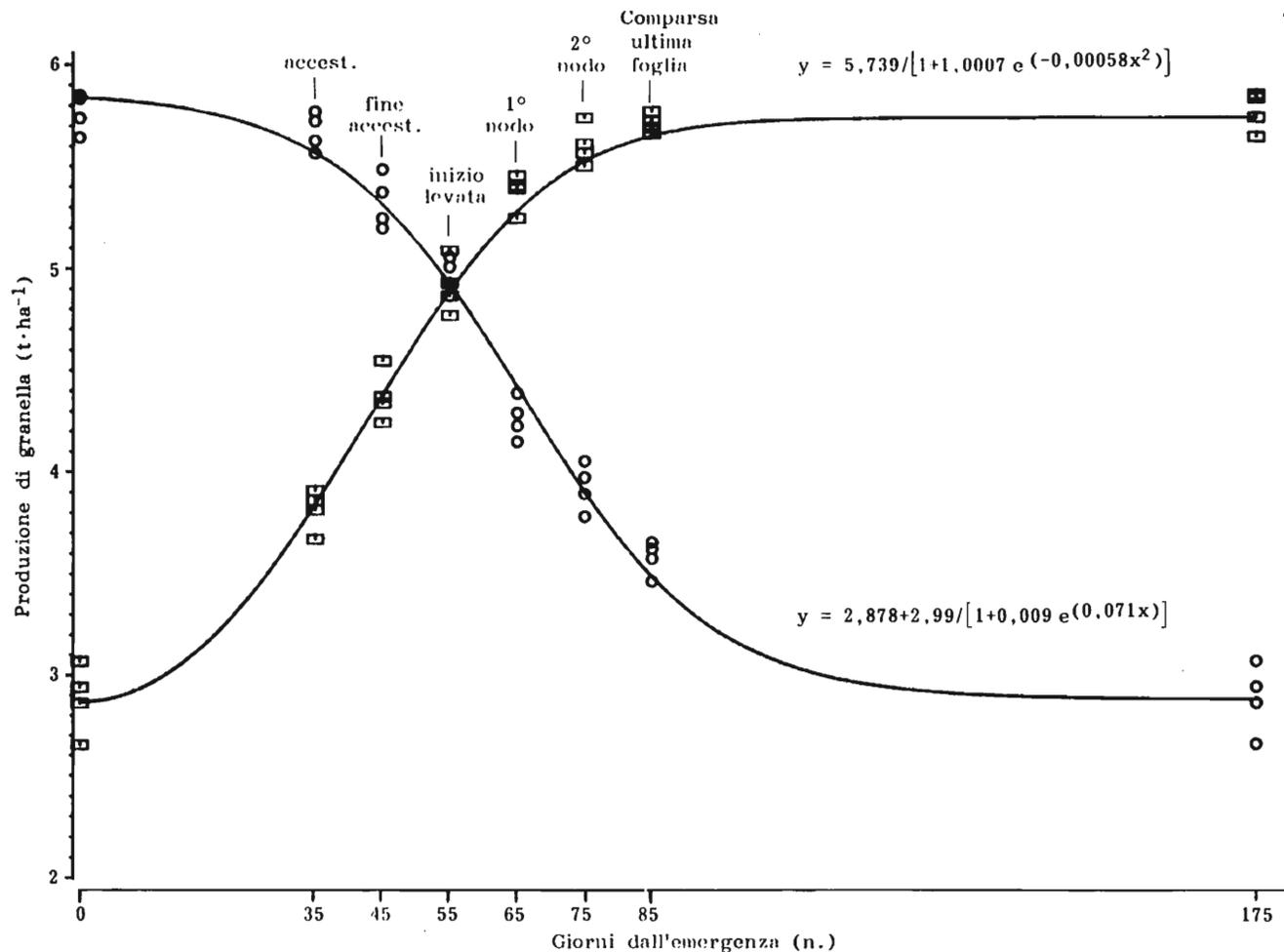


Fig. 3 - Influenza della durata della competizione tollerata (DCT) e del periodo richiesto di assenza dalle malerbe sulla produzione di granella (cerchio = DCT; rettangolo = PRAM).

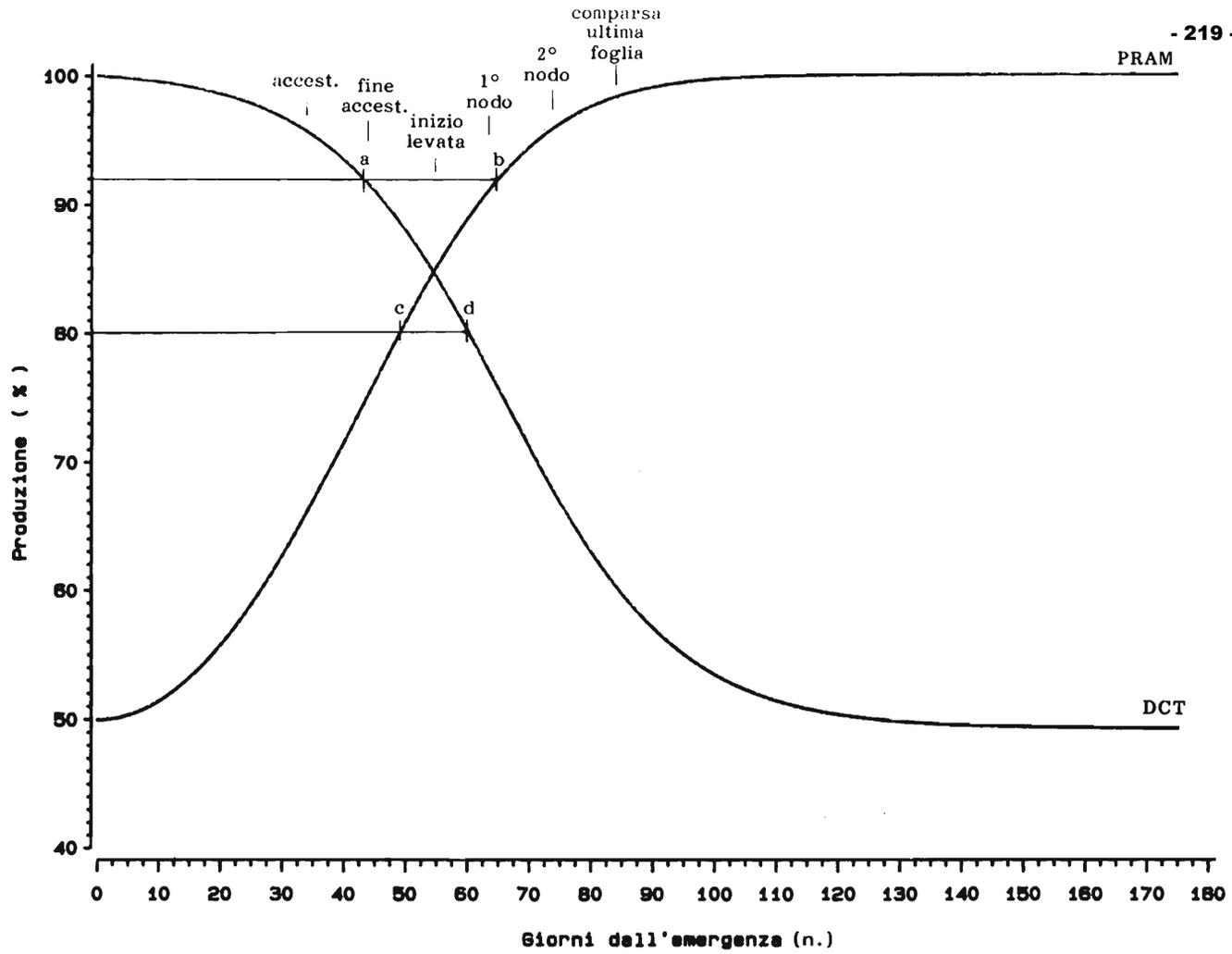


Fig. 4 - Esempio di utilizzo delle curve DCT e PRAM in funzione del livello produttivo accettabile. I dati sono espressi in % rispetto al controllo mai inerbato.

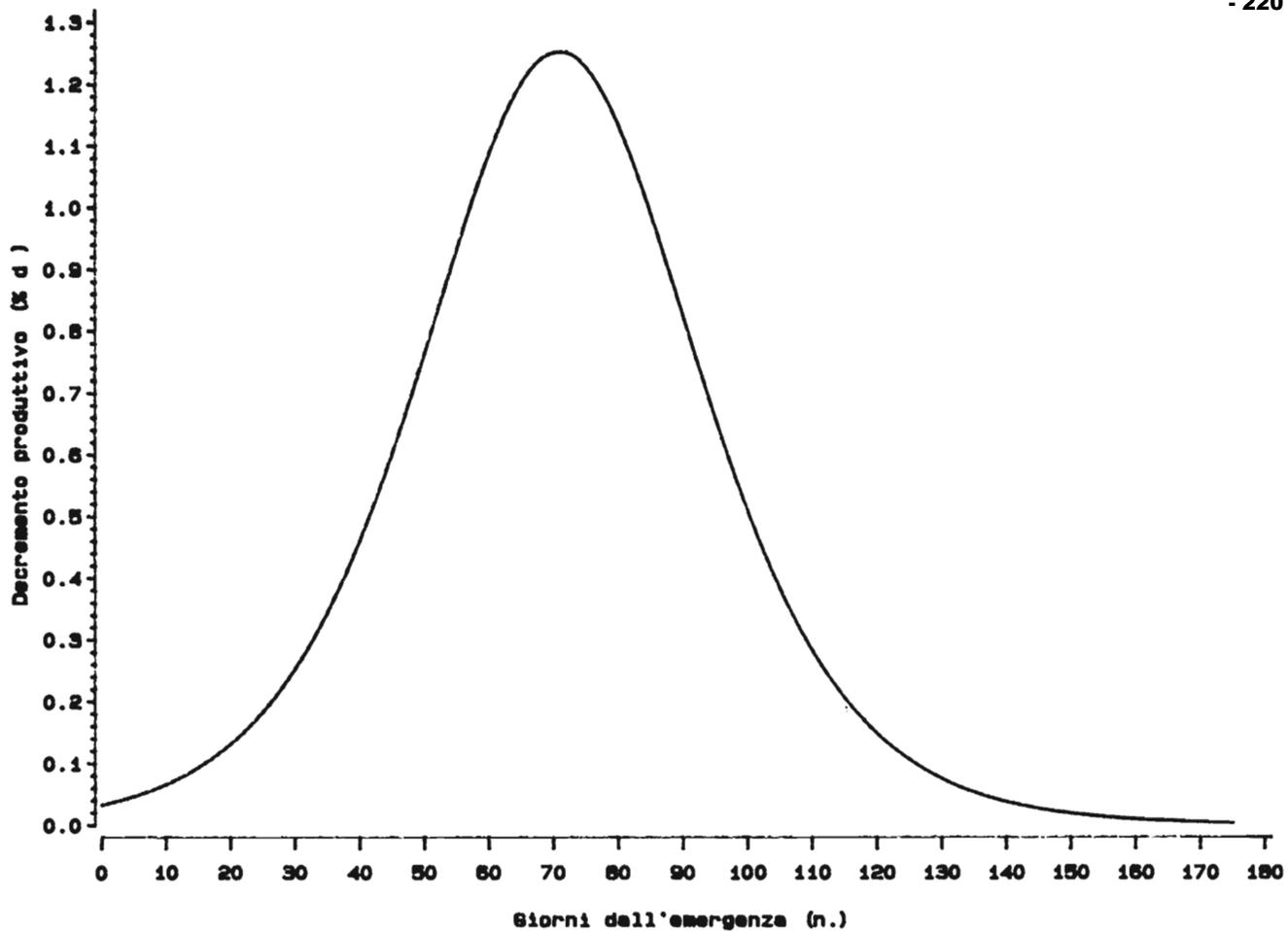


Fig.5 - Andamento del decremento produttivo in funzione della durata della competizione.

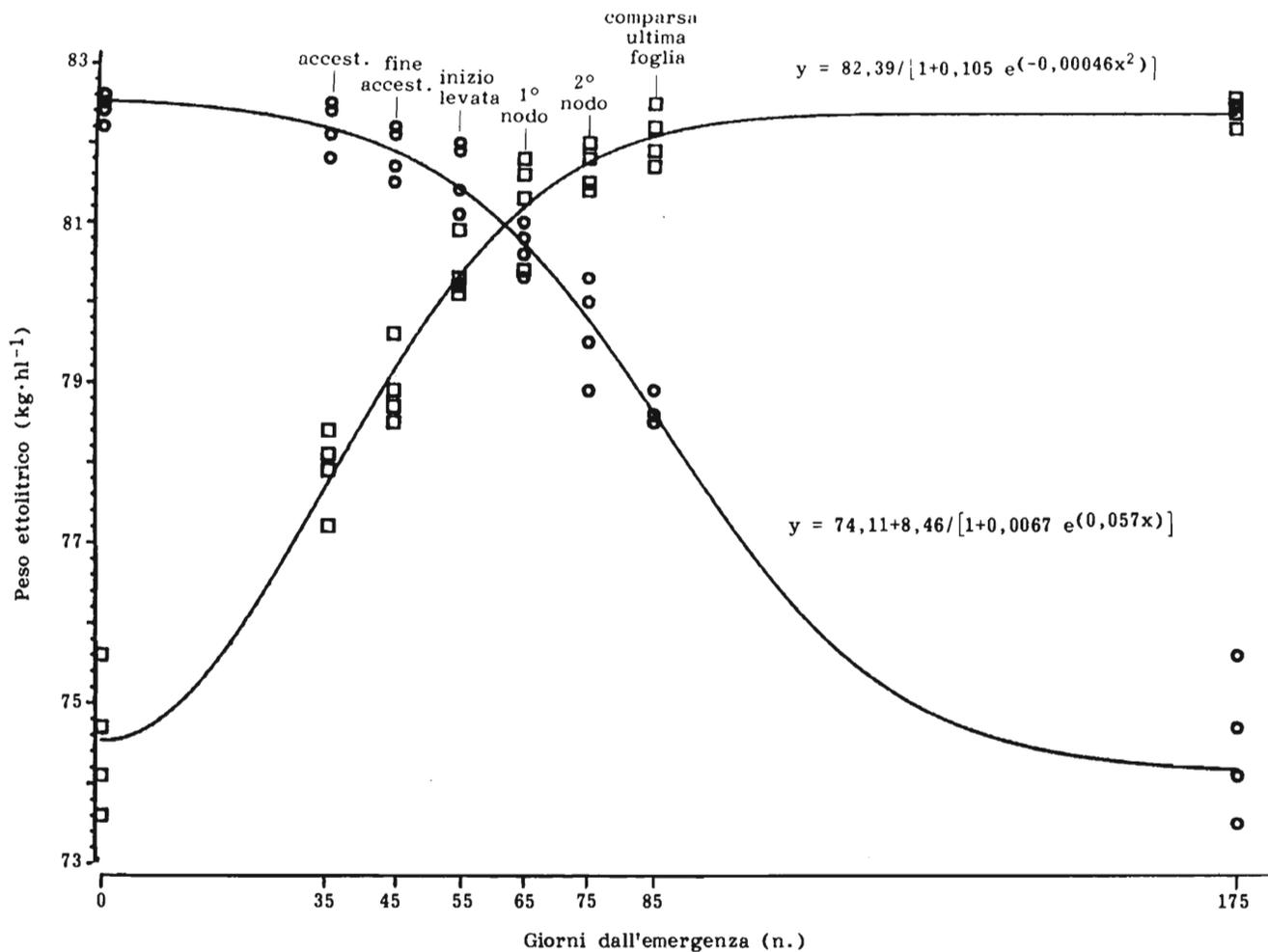


Fig. 6 - Influenza della durata della competizione tollerata (DCT) e del periodo richiesto di assenza dalle malerbe sul peso ettolitrico delle carioidi (cerchio = DCT); rettangolo = PRAM).

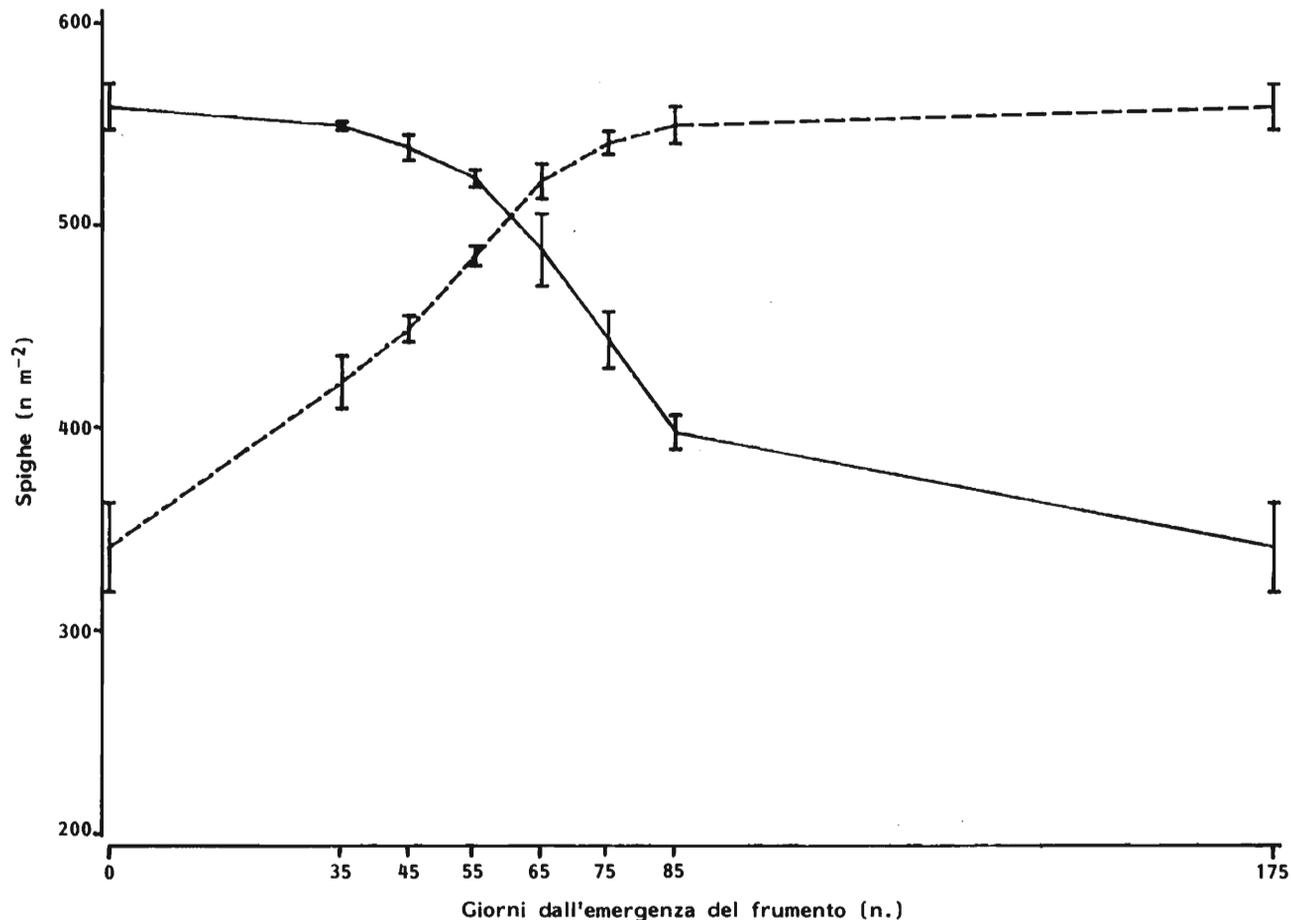


Fig. 7 - Influenza della durata della competizione tollerata (DCT) e del periodo richiesto di assenza dalle malerbe sul numero di spighe (tratto continuo = DCT; discontinuo = PRAM).

IMPIEGO DEL PROSULFOCARB NEL DISERBO DEL FRUMENTO E DELL'ORZO IN PIEMONTE.

PIER CARLO MASSERANO, ANNA SAGLIA, CORRADO SANTANGELO, LORENZO BALLADORE
PALLIERI

Regione Piemonte - Servizio sperimentazione e lotta fitosanitaria.

ANGELO MARTINOLI

ICI Solplant S.p.a. - Milano.

Introduzione

Il frumento è la coltura che ha a disposizione il maggior numero di principi attivi per il contenimento delle malerbe con un ampio ventaglio di possibilità circa l'epoca di intervento.

Nonostante ciò, continua l'interesse e la ricerca da parte dell'industria chimica per la messa a punto di nuove molecole purchè siano dotate di sempre più bassa tossicità, siano applicabili in post-emergenza precoce e siano in grado, contemporaneamente, di inibire lo sviluppo di una ampia gamma di erbe infestanti e di risolvere alcuni gravi problemi contingenti (controllo delle avene, del Galium aparine, dell'Alopecurus, ecc.).

Il prosulfocarb ottempera a queste esigenze (Maggioni et al. , 1990).

E', infatti, un diserbante di pre- e post-emergenza precoce, appartenente alla famiglia dei Tiocarbammati, selettivo per le colture di frumento tenero e duro, orzo e segale, a semina autunno-vernina, dove controlla lo sviluppo di numerose infestanti sia monocotiledoni (coda di volpe, fienarola, loglio) sia dicotiledoni tra cui il Galium aparine di difficile contenimento.

Applicato in pre-emergenza agisce sulle infestanti sia in germinazione che nei primi stadi di sviluppo.

Distribuito in post-emergenza, il prosulfocarb (ICIA0574) viene assorbito da radici, foglie ed apice vegetativo delle giovani infestanti; traslocato nei punti di crescita meristemati determina, in successione: arresto di sviluppo, clorosi ed, infine, morte dell'infestante.

Il meccanismo d'azione del prosulfocarb è analogo a quello degli altri diserbanti tiocarbammati: dopo la trasformazione in sulfossido, inibisce

la biosintesi dei lipidi con alterazione delle membrane cellulari; interfe=risce, quindi, con i processi vitali della cellula fino a determinare la morte dell'intera piantina.

Il prosulfocarb è il primo erbicida appartenente alla famiglia dei tio=carbammati che viene impiegato per il diserbo dei cereali a semina autunna=le. Infatti, gli altri principi attivi analoghi tipo butylate, EPTC, dime=piperate, cycloate, molinate, ecc., vengono impiegati su altre colture a semina primaverile (mais, riso, bietola, patata, ortive, ecc.).

Inoltre, la possibilità di intervenire precocemente in post-emergenza e la buona compatibilità con altri diserbanti permette all'agricoltore di scegliere la combinazione ottimale verso le infestanti presenti e di preve=nire ogni possibilità di fenomeni di resistenza.

Materiali e metodi

Il prosulfocarb è stato provato in Piemonte nelle annate agrarie 1988-89, 1989-90 e 1990-91 al fine di valutarne l'efficacia e la selettività in condizioni non ottimali di intervento.

Dalla tabella 1, in cui si indicano le principali modalità operative e di gestione delle prove, risulta infatti che i trattamenti di post-emergen=za negli anni 1988-89 e 1989-90 sono stati eseguiti abbastanza tardivamen=te nel tempo pur con la coltura allo stadio di 2-3 foglie.

Ciò si è verificato a causa delle tardiva semina della coltura che ha impedito al seme di germinare in breve tempo.

Nell'annata agraria 1990-91, caratterizzata da abbondanti piogge au=tunnali e nevicate invernali, si è accertata la capacità di persistenza e la selettività del prosulfocarb.

Nelle tabelle 2, 3 e 4 si elencano i prodotti impiegati, le rispettive dosi, le epoche di intervento ed i risultati conseguiti.

I diserbanti sono sempre stati distribuiti erogando circa 550 l di ac=qua ad ettaro con una attrezzatura di precisione avente una barra di m 4 fornita di ugelli a ventaglio Teejet 11008 e con pressione di esercizio di 1,5 bar.

Tabella 1. Principali elementi informativi sulle prove di diserbo con pro=
sulfocarb negli anni 1988-89, 1989-90 e 1990-91.

Anno	1988-89	1989-90	1990-91
Comune in cui si sono svolte le prove	Montemagno (CN)	BoscoMarengo (AL)	Caluso (TO)
Schema sperimentale adottato	Blocchi randomiz.	Blocchi randomiz.	Blocchi randomiz.
N.ro ripetizioni	Quattro	Due	Due
Dimens. parcelle	20 mq	240 mq	100 mq
Specie e varietà	Orzo:Arma	Frum. d.:Manital	Frum. t.:Centauro
Data di semina	17/11/1988	15/12/1989	06/11/1990
Data del diserbo	17/11/1988 pre-emergenza 01/03/1989 post-emergenza	/ 22/03/1990 post-emergenza	/ 05/12/1990 post-emergenza
Stadio vegetativo			
Scala FeekesLarge	C - D	C - D	B - C

In tutte le annate agrarie la fitotossicità è stata valutata sulla base della scala convenzionale 1-9 EWRS eseguendo i rilievi il 07/03/1989, il 28/03/1990 e il 25/03/1991.

Per evidenziare, invece, la capacità di contenimento del prosulfocarb sulle malerbe, si è ricorso al metodo della conta del numero di infestanti in un metro quadrato negli anni 1988-89 e 1990-91, mentre nell'annata agraria 1989-90 si è preferito utilizzare il metodo della percentuale di copertura delle malerbe. I rilievi sono stati effettuati il 19/04/1989, il 28/05/1990 ed il 27/05/1991.

Tutti i dati ottenuti sono stati sottoposti all'analisi della varianza

Risultati e conclusioni

Nell'annata agraria 1988-89 le malerbe, al momento del rilievo dell'ef=

ficacia erbicida, erano mediamente rappresentate nel testimone da Veronica persica (20%), Veronica hederaefolia (11%), Polygonum persicaria (8%), Matricaria chamomilla (3%), Chenopodium album (3%), altre specie dicotiledoni allo stadio cotiledonare (42%), Fallopia convolvulus (2%) e Lolium spp. (11%).

Dall'esame dei dati riportati in tabella 2 si può affermare che il pro=sulfocarb, sia da solo che in miscela, anche alle dosi minime provate, ha una ottima capacità di contenimento di Lolium spp. sia nella distribuzione in pre-emergenza che in post-emergenza.

Nei confronti delle erbe infestanti a foglia larga il pro=sulfocarb da solo non è in grado di determinare un controllo completo.

D'altro canto, già in passato è stato messo in evidenza da Maggioni et al. (op. cit.) che Cerastium arvensis, Chenopodium album, Fumaria officinalis, Galium aparine, Lamium purpureum, Myosotis arvensis, Stellaria media, Veronica hederaefolia e Veronica persica sono sensibili alla molecola, mentre risulta mediamente sensibile Matricaria chamomilla e figurano resistenti o mediamente resistenti Matricaria perforata, Papaver rhoeas, Sinapis arvensis, Viola arvensis, Viola tricolor e le poligonacee in genere.

E' sufficiente, però, l'aggiunta di 0,05 l/ha di isoxaben a 3 l/ha di pro=sulfocarb per ottenere un ottimo risultato nella eliminazione delle malerbe dicotiledoni.

La selettività è stata eccellente per tutte le tesi in pre-emergenza, mentre si sono notati lievi sintomi di fitotossicità (valore medio 3,4) nelle applicazioni in post-emergenza del pro=sulfocarb + isoxaben alla dose più elevata con comparsa di piccole aree circolari necrotiche sulle foglie dell'orzo.

Per la valutazione dei risultati conseguiti nell'annata agraria 1989-90 si deve, invece, tener conto che le malerbe a foglia larga poco sensibili al pro=sulfocarb determinavano un ricoprimento medio, nel testimone, del 44,5% di cui il 31% ad opera del Convolvulus arvensis.

Si giustifica, pertanto, il non brillante risultato ottenuto dalla miscela pro=sulfocarb + isoxaben alla dose rispettivamente di 3 l/ha + 0,05 l

/ha che aveva sortito un ottimo effetto sulle malerbe nella prova del 1988-89. Infatti, il convolvolo non risulta controllato da entrambi gli erbici di.

Le specie monocotiledoni, rappresentate nel testimone da Echinochloa crus-galli per il 16% (specie infestante non tipica del frumento) e da Alopecurus myosuroides per il 2%, sono state sufficientemente controllate dal prosulfocarb purchè utilizzato a dosi non inferiori a 3 l/ha di p.a..

Non sono stati riscontrati fenomeni di fitotossicità sulla coltura.

Infine, nell'annata agraria 1990-91, con una infestazione media nel testimone limitata a Matricaria chamomilla (41%), Viola tricolor (9%), Apera spica-venti (45,5%) e Poa annua (4,5%), il prosulfocarb ha messo in evidenza, ancora una volta, la sua ottima attività graminicida alla dose di 3,2 l/ha di p.a..

I dati riportati in tabella 4 confermano, inoltre, che il prosulfocarb da solo non è in grado di contenere efficacemente lo sviluppo delle specie infestanti dicotiledoni, ma necessita dell'aiuto di un partner (isoxaben) per inibire completamente lo sviluppo delle specie dicotiledoni fatta eccezione per le specie perenni.

Non si sono notati sintomi di fitotossicità.

In conclusione si può affermare che il prosulfocarb ha dimostrato, nel triennio di prove, di possedere una buona selettività verso il frumento e l'orzo.

Per conseguire risultati altamente positivi nel contenimento delle malerbe soprattutto dicotiledoni, è necessario miscelarlo con altre molecole attive sulle specie a foglia larga. In tal modo, come già accennato in premessa, si dà la possibilità agli operatori agricoli di scegliere, negli interventi di post-emergenza, la molecola partner ottimale sulla base delle infestanti presenti.

In ogni caso, occorre distribuire non meno di 3 l di prosulfocarb ad ettaro, pena una perdita di efficacia nel controllo delle graminacee. Lievi fenomeni di fitotossicità si sono manifestati nell'orzo diserbato in

post-emergenza.

Riassunto

In prove di diserbo del frumento e dell'orzo condotte in Piemonte nel triennio 1988-91 si è constatato che il prosulfocarb esplica un ottimo contenimento su Apera spica-venti, Poa annua e Lolium spp.

Manifesta un soddisfacente controllo di Echinochloa crus-galli e di Alopecurus myosuroides purchè si provveda a distribuire non meno di 3 l ad ettaro. Necessita dell'azione aggiuntiva di un partner per ampliare e rendere più incisiva la sua capacità di impedire lo sviluppo delle specie dicotiledoni annuali. L'isoxaben, alla dose di 0,05 l/ha di p.a., concorre positivamente a tale scopo.

La selettività è stata buona in tutti gli anni di prova.

Summary

In weed control trials of wheat and barley carried out in Piemonte in the years 1988-91, it has been noticed that: prosulfuron gives an excellent control on Apera spica-venti, Poa annua and Lolium spp..

It shows a satisfying reduction of Echinochloa crus-galli and Alopecurus myosuroides if it is distributed not less than 3 l/ha. Necessity of the adding action of a partner in order to increase and make more incisive its capacity to stop the development of annual dicots species. Isoxaben, at the rate of 0,05 l/ha a.i., contributes, in a positive way, to that purpose.

The selectivity has been good in all these years of trial.

Bibliografia

MAGGIONI A.E., PALMIERI R., DEVOTI M., GIACOMELLI G., POLITI A. (1990). Prosulfocarb (ICIA0574) : un nuovo erbicida selettivo per il frumento e l'orzo. Atti Giornate Fitopatologiche, I , 133-138.

Tabella 2. Prodotti impiegati, dosi ed epoche di somministrazione, n.ro erbe infestanti al mq ne ~~229~~ 1988-89

Tesi	Prodotti	Dosi l, kg/ha p.a.	Data di intervento	Contenimento infestazione					
				Totale infestanti		Totale dicotiledoni		Totale monocotiledoni	
				N.ro piante mq	% controllo	N.ro piante mq	% controllo	N.ro piante mq	% controllo
1	Prosulfocarb	3,2	17/11/88	3,20	91,5	3,20	90,0	0,00	100,0
2	Prosulfocarb	4,0	17/11/88	1,50	96,0	1,50	95,5	0,00	100,0
3	Prosulfocarb+	3,0 +	17/11/88	0,50	99,0	0,50	98,5	0,00	100,0
	Isoxafen	0,06							
4	Prosulfocarb+	3,75+	17/11/88	0,20	99,5	0,20	99,0	0,00	100,0
	Isoxafen	0,07							
5	Pendimetalin+	0,8 +	17/11/88	0,50	99,0	0,50	98,5	0,00	100,0
	Linuron	0,45							
6	Prosulfocarb	3,2	01/03/89	1,70	95,0	1,70	95,0	0,00	100,0
7	Prosulfocarb	4,0	01/03/89	1,40	96,0	1,40	96,0	0,00	100,0
8	Prosulfocarb+	3,0 +	01/03/89	0,70	98,0	0,70	98,0	0,00	100,0
	Isoxafen	0,06							
9	Prosulfocarb	3,75+	01/03/89	0,20	99,5	0,20	99,0	0,00	100,0
	Isoxafen	0,07							
10	Clorsulfuron	0,02	01/03/89	0,00	100,0	0,00	100,0	0,00	100,0
11	Testimone			38,00		33,80		4,20	
			0,05	3,37		3,57		0,53	
			Dms						
			0,01	4,54		4,81		0,71	

Tabella 3. Prodotti impiegati, dosi ed epoche di somministrazione, percentuale di copertura nel 1989-90

Tesi	Prodotti	Dosi l, kg/ha p.a.	Data di intervento	Contenimento infestazione					
				Totale infestanti		Totale dicotiledoni		Totale monocotiledoni	
				% copertura	% controllo	% copertura	% controllo	% copertura	% controllo
1	Prosulfocarb	3,2	22/03/90*	45,65	20,3	43,45	8,1	2,25	77,5
2	Prosulfocarb	4,0	22/03/90	30,00	47,6	28,00	40,8	2,00	80,0
3	Prosulfocarb+ Isoxafen	2,4 + 0,05	22/03/90	25,10	56,2	20,10	57,5	5,00	50,0
4	Prosulfocarb+ Isoxafen	3,0 + 0,06	22/03/90	18,95	66,9	16,95	64,1	2,00	80,0
5	MCPA+ 2,4D	0,25 0,31	08/05/90**	55,20	3,6	30,20	36,1	25,00	0,0
6	Testimone			57,25		47,25		10,00	
			0,05	6,37		8,30		3,13	
			Dms						
			0,01	9,99		13,02		4,91	

* Intervento di post-emergenza con frumento a 2-3 foglie.

** Intervento di post-emergenza con frumento ad inizio levata.

Tabella 4. Prodotti impiegati, dosi ed epoche di somministrazione, n.ro erbe infestanti al mq nel 1990-91

Tesi	Prodotti	Dosi l, kg/ha p.a.	Data di intervento	Contenimento infestazione					
				Totale infestanti		Totale dicotiledoni		Totale monocotiledoni	
				N.ro piante mq	% controllo	N.ro piante mq	% controllo	N.ro piante mq	% controllo
1	Prosulfocarb	3,2	05/12/90*	4,00	64,0	4,00	27,0	0,00	100,0
2	Prosulfocarb	4,0	05/12/90	3,50	68,0	3,50	36,0	0,00	100,0
3	Prosulfocarb+ Isoxafen	3,2 + 0,05	05/12/90	0,00	100,0	0,00	100,0	0,00	100,0
4	Prosulfocarb+ Isoxafen	3,6 + 0,06	05/12/90	0,00	100,0	0,00	100,0	0,00	100,0
5	Pendimetalin+ Linuron	0,8 + 0,45	05/12/90	8,00	27,0	3,50	36,0	4,50	18,0
6	Testimone			11,00		5,50		5,50	
			0,05	4,27		1,90		3,62	
			Dms						
			0,01	6,70		2,98		ns	

* Intervento di post-emergenza con frumento a 1-2 foglie.

POSSIBILITA' E LIMITI DELLA SARCHIATURA MECCANICA DEL FRUMENTO

Prof. GINO COVARELLI ¹

Dott. UMBERTO BONCIARELLI ¹

*Istituto di Agronomia generale e Coltivazioni erbacee
Università di Perugia*

Riassunto

Nell'arco di tre anni sono state realizzate sette prove sperimentali di campo per valutare l'efficacia erbicida di alcuni trattamenti meccanici (sarchiature) nella coltura del frumento allo stadio di pieno accostimento. Gli attrezzi utilizzati sono stati: erpice strigliatore, erpice a maglia (tipo Howard) e rullo "cultipacker", confrontati in ogni prova con il miglior diserbo chimico ed il testimone inerbito.

I trattamenti meccanici hanno evidenziato una buona efficacia erbicida solo nei confronti delle infestanti dicotiledoni ai primi stadi (59-74% di efficacia erbicida nei confronti del testimone), ma non sulle infestanti graminacee (5-10%); sembra comunque che l'efficacia nei confronti di queste ultime possa essere incrementata con un secondo passaggio di erpice in senso opposto al primo. Tra gli attrezzi impiegati i migliori effetti rinettanti si sono avuti con l'erpice strigliatore, mentre in assoluto il diserbo chimico è risultato sempre il più efficace. Un certo danno alla coltura (con riduzione significativa di resa) da parte dei trattamenti meccanici è stato rilevato in una sola prova.

Premessa

Quando la popolazione attiva in agricoltura era molto superiore a quella attuale (poco più del 10%) e la semina del frumento veniva effettuata a file più distanziate che oggi, in questa coltura le erbe infestanti venivano eliminate con la sarchiatura manuale. L'avvento del diserbo chimico ha consentito di abbandonare questa faticosa e costosa (in termini di lavoro) operazione, fornendo un fondamentale contributo al processo di modernizzazione e razionalizzazione (1) di tale coltura; questo, grazie anche al miglioramento genetico e alla disponibilità di fertilizzanti azotati, ha reso possibile il conseguimento di livelli produttivi molto elevati, inimmaginabili fino a pochi anni fa (2).

Tuttavia alcuni inconvenienti evidenziati dall'uso degli erbicidi chimici e il desiderio, talvolta eccessivo, di taluni di evitare l'impiego di questi presidi sanitari, ci ha indotto a valutare sperimentalmente l'efficacia e i limiti di particolari interventi meccanici (sarchiature e

¹ il lavoro è da attribuire agli autori in parti uguali

rullature) quale mezzo di eliminazione delle erbe infestanti anche nella coltura del frumento. Ciò anche in considerazione del fatto che le esperienze sperimentali (e relativa bibliografia) circa tale argomento risultano estremamente limitate (3).

L'effetto rinettante atteso da tali operazioni meccaniche è riconducibile alla differente resistenza alle sollecitazioni prodotte dagli organi lavoranti tra le piante di frumento, nella fase di pieno accestimento e quindi ben insediate, e le plantule di specie infestanti ai primi stadi di sviluppo presenti in questo periodo.

Tali operazioni possono avere un certo interesse anche per quei produttori che operano nell'agricoltura di tipo "alternativo" o "biologico", che in genere non vogliono avvalersi del mezzo chimico per eliminare le erbe infestanti.

Materiali e metodi

La sperimentazione è stata condotta nella media valle del Tevere (loc. Papiano, PG), su terreni argillo-limosi, nelle annate 1988/89, 1989/90 e 1990/91, realizzando rispettivamente 3, 1 e 3 prove nei tre anni.

Con schema sperimentale a blocco randomizzato (4 ripetizioni nei primi due anni e 5 ripetizioni nel terzo) sono stati messi a confronto, accanto ad un testimone inerbito e ad uno diserbato chimicamente, le seguenti tesi di diserbo meccanico:

- | | |
|---------|---|
| 1988/89 | a- erpicatura con erpice strigliatore Wieder Lely |
| | b- erpicatura con erpice a maglia tipo Howard |
| | c- rullatura con rullo cultipacker |
| 1989/90 | a- erpicatura con erpice strigliatore Wieder Lely |
| | b- erpicatura con erpice a maglia tipo Howard |
| 1990/91 | a- erpicatura con erpice strigliatore Wieder Lely |
| | b- 2 erpicature con erpice strigliatore Wieder Lely |
| | c- erpicatura con erpice a maglia tipo Howard |

L'erpice strigliatore è un tipo di erpice snodato, con organi lavoranti costituiti da sottili denti di acciaio flessibili; la "strigliatura" dovrebbe smuovere superficialmente il terreno estirpando le erbe infestanti.

L'erpice a maglia tipo Howard, anch'esso di tipo snodato, ha come organi lavoranti degli elementi a tridente collegati da anelli, in modo da formare una "maglia"; anche in questo caso il lavoro è limitato ai primi

Tabella 1 - Notizie agronomiche relative alle prove sperimentali

prova n°	1988/89			1989/90	1990/91		
	1	2	3	4	5	6	7
Cultivar	Aurelio	Aurelio	Chiarano	Chiarano	Centauro	Centauro	Chiarano
Data di semina	28-10-88	28-10-88	28-10-88	10-11-89	25-10-90	25-10-90	25-10-90
Concimaz. azotate							
<i>data di esecuzione</i>	13-2-89	13-2-89	13-2-89	23-2-90	22-1-91	25-1-91	15-2-91
<i>dose (kg/ha di N)</i>	90	90	90	90	100	100	90
<i>data di esecuzione</i>	1-4-89	29-3-89	29-3-89	14-3-90	19-3-91	18-3-91	19-3-91
<i>dose (kg/ha di N)</i>	60	60	60	90	50	50	90
Diserbo chimico							
<i>prodotto</i>	Illoxan combi	Buctril-M	Illoxan combi				
<i>dose</i>	3 l/ha	1,5 l/ha	3 l/ha				
<i>data di esecuzione</i>	6-3-89	6-3-89	6-3-89	1-3-90	28-2-91	20-3-91	6-3-91
Sarchiature							
<i>data di esecuzione</i>	18-1-89	18-1-89	18-1-89	23-2-90	25-2-91	25-2-91	4-3-91
<i>data di esecuz. (1)</i>					28-2-91	28-2-91	6-3-91

1) del secondo passaggio con erpice strigliatore

centimetri di terreno.

Il rullo cultipacker è formato da due alberi paralleli posti in serie; quello anteriore ha dischi con denti contrapposti (azione sminuzzante), quello posteriore porta dischi leggermente dentati.

Alcune notizie relative alle cultivar impiegate e agli altri interventi agronomici sono schematizzate nella tabella 1. In tutti i casi la distanza di semina tra le file era di 12,5 cm e la quantità di seme era calcolata in ragione di 450 cariossidi pure e germinabili per m².

Il diserbo chimico è stato effettuato sempre in post-emergenza scegliendo i prodotti più efficaci in funzione della flora infestante presente.

Gli interventi meccanici sono stati effettuati con la coltura in pieno accestimento, su terreno ben asciutto superficialmente, quando si riteneva che la coltura fosse meno sensibile agli organi lavoranti, e con le infestanti ai primi stadi di sviluppo: graminacee a 2-3 foglie e dicotiledoni allo stadio di rosetta di 2-4 cm di diametro.

L'efficacia erbicida delle diverse tesi è stata valutata in ogni parcella utilizzando una stima visiva soggettiva, mediante il metodo dell'abbondanza- dominanza di Braun-Blanquet (4, 5); i coefficienti registrati per ogni singola specie sono stati poi convertiti nei rispettivi valori centrali di ricoprimento percentuale e sottoposti all'analisi della varianza.

Sulla coltura sono state determinati: il numero di spighe sull'unità di superficie, l'altezza e la resa in granello.

Risultati

Annata 1988/89 (tabella 2)

La **prova n°1** presentava un livello di infestazione piuttosto elevato, con un ricoprimento complessivo del testimone inerbito pari al 76%, con presenza prevalente di *Papaver rhoeas* e di *Avena spp*, in pari misura.

I trattamenti meccanici nel complesso hanno avuto la stessa capacità nel controllare l'infestazione (efficacia erbicida media del 40% circa), ma con differenze a carico dei diversi attrezzi impiegati: i due erpici hanno controllato accuratamente il papavero, ma non hanno avuto effetto nel controllare l'avena, mentre il rullo ha avuto un'efficacia

Tabella 2 - Annata 1988/89 - Prove n° 1- 3

Ricoprimento percentuale delle malerbe, risultati produttivi, rilievi agronomici.

PROVA N°1	Ricoprimento percentuale delle malerbe (*)					Produzione di granella t/ha 13% um.	Spighe n/m2	Altezza cm
	AVESP (*)	PAPRH (*)	SINAR (*)	Altre specie	TOTALE			
Erpice strigliatore	43	8	1	1	54	4,35	395	86
Erpice a maglia	40	4	1	-	45	4,40	403	85
Rullo cultipacker	15	20	3	-	38	4,31	401	85
Diserbo chimico	3	+	+	+	3	4,78	414	86
Testimone inerbito	36	36	4	-	76	3,88	415	85
MDS 0,05 di P=					44	n.s.	n.s.	n.s.
MDS 0,01 di P=					n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

PROVA N°2	Ricoprimento percentuale delle malerbe (*)					Produzione di granella t/ha 13% um.	Spighe n/m2	Altezza cm
	AVESP (*)	LOLMU (*)	PAPRH (*)	Altre specie	TOTALE			
Erpice strigliatore	3	2	10	+	15	6,25	481	95
Erpice a maglia	10	3	10	+	23	6,10	469	94
Rullo cultipacker	7	3	16	2	28	6,29	459	96
Diserbo chimico	+	-	-	+	+	6,49	469	95
Testimone inerbito	14	3	39	1	57	6,22	528	96
MDS 0,05 di P=					23	n.s.	n.s.	n.s.
MDS 0,01 di P=					32	n.s.	n.s.	n.s.

PROVA N°3	Ricoprimento percentuale delle malerbe (*)					Produzione di granella t/ha 13% um.	Spighe n/m2	Altezza cm
	ALOMY (*)	LOLMU (*)	PAPRH (*)	Altre specie	TOTALE			
Erpice strigliatore	6	+	4	-	10	6,99	670	80
Erpice a maglia	8	+	7	-	15	6,46	667	81
Rullo cultipacker	5	1	4	-	10	7,22	649	81
Diserbo chimico	1	-	+	-	1	7,36	642	81
Testimone inerbito	14	1	16	-	31	7,36	627	81
MDS 0,05 di P=					16	0,32	n.s.	n.s.
MDS 0,01 di P=					n.s.	0,45	n.s.	n.s.

Tabella 3 - Annata 1989/90 - Prova n° 4

Ricoprimento percentuale delle malerbe, risultati produttivi, rilievi agronomici.

PROVA N°4	Ricoprimento percentuale delle malerbe (*)					Produzione di granella t/ha 13% um.	Spighe n/m2	Altezza cm
	AVESP (*)	PAPRH (*)	SINAR (*)	Altre specie	TOTALE			
Erpice strigliatore	75	11	1	-	87	2,57	387	89
Erpice a maglia	53	14	3	-	70	3,20	407	87
Diserbo chimico	1	-	-	-	1	5,10	499	87
Testimone inerbito	39	51	1	-	91	3,13	420	87
MDS 0,05 di P=					21	1,47	70	n.s.
MDS 0,01 di P=					30	n.s.	n.s.	n.s.

(*) Legenda: + = tracce; - = assente.

AVESP *Avena spp.*SINAR *Sinapis arvensis*LOLMU *Lolium multiflorum*ALOMY *Alopecurus myosuroides*PAPRH *Papaver rhoeas*

media verso entrambe le malerbe. Pur non essendo emerse differenze significative su rese in granella, spighe a m² e altezze, le produzioni ottenute con i tre interventi meccanici sono state in tutti i casi superiori al testimone (+12%, +13% e +11%) ed intermedie con quelle registrate con il diserbo chimico, che ha prodotto il 23% più del testimone.

Nella **prova n°2** l'infestazione era di livello inferiore rispetto alla precedente, con prevalenza di *Papaver rhoeas* (39% di ricoprimento nel testimone) e presenza più limitata di avena.

I trattamenti meccanici hanno determinato un controllo dell'infestazione presente di circa il 60% e, anche se non sono state riscontrate differenze significative nell'azione erbicida tra i diversi attrezzi, l'erpice strigliatore è sembrato essere il mezzo più efficace.

Le produzioni, così come gli altri parametri agronomici, non hanno fatto registrare differenze statisticamente significative rispetto al testimone inerbito, probabilmente a causa del livello piuttosto basso dell'infestazione.

La **prova n°3** presentava una modesta (31% di ricoprimento complessivo nel testimone inerbito) infestazione costituita prevalentemente da *Papaver rhoeas* e da *Alopecurus myosuroides*, presenti in quantità simili.

Anche se nelle parcelle su cui è stato eseguito il diserbo meccanico è stata rilevata un'infestazione inferiore di oltre il 50% rispetto al controllo inerbito, le massime produzioni sono state registrate nel controllo e con il diserbo chimico.

Le parcelle che hanno ricevuto il rullo cultipacker hanno fornito produzioni statisticamente simili a quelle massime mentre, dove sono stati impiegati i due erpici, si sono avute produzioni statisticamente inferiori, indicando, per questi attrezzi, un certo danno alla coltura, evidentemente non compensato in questo caso (infestazione di modesto livello) dagli effetti positivi dovuti alla riduzione delle malerbe. Tale azione negativa non è stata comunque spiegata dagli altri parametri rilevati (numero di spighe per m², altezza della coltura) che non hanno subito effetti rilevanti all'analisi statistica.

Annata 1989/90 (tabella 3)

Da questa annata sperimentale è stata eliminata la tesi che prevedeva l'intervento con il rullo cultipacker, la cui efficacia si è rivelata troppo dipendente dalle condizioni di umidità del terreno.

La **prova (n°4)** eseguita in questa annata era caratterizzata da un'elevata infestazione di avena selvatica (39% di ricoprimento nel testimone) e di papavero (51% di ricoprimento).

Gli interventi con i due erpici hanno dimostrato un buon controllo del papavero (efficacia erbicida del 75% circa), ma hanno causato un incremento dell'infestazione di avena selvatica, probabilmente sia per la riduzione della competizione esercitata su quest'ultima dal papavero sia per un possibile stimolo alla germinazione dell'infestante graminacea.

L'effetto dei diversi tipi di lotta ha trovato riscontro nelle produzioni: il diserbo chimico, che ha eliminato tutte le infestanti, ha permesso produzioni superiori del 63% rispetto al controllo inerbito, mentre gli interventi meccanici, a causa dell'insufficiente azione erbicida, hanno fatto registrare produzioni non significativamente differenti dal testimone. Un'andamento simile a quello delle produzioni è stato registrato per il numero di spighe a m².

Annata 1990/91 [tabella 4]

In questa annata sperimentale è stata aggiunta una tesi che prevedeva un secondo passaggio dell'erpice strigliatore, a distanza di qualche giorno, in senso inverso al primo.

La **prova n°5** presentava una forte infestazione di papavero comune e di avena selvatica (rispettivamente 48 e 42% di ricoprimento nel testimone inerbito).

Il singolo passaggio con l'erpice strigliatore mostrava una buona efficacia erbicida nei confronti del papavero (65%), ma una sostanziale inefficacia nei confronti dell'avena; con il doppio passaggio invece, oltre ad un incremento di efficacia nei confronti della dicotiledone, veniva controllata piuttosto bene (79% circa) anche l'avena. L'erpice a maglia risultava relativamente poco efficace nei confronti di entrambe le malerbe. Pur in presenza di effetti ben differenziati nel controllo di un'infestazione di importante entità, le rese in granella e le spighe a m² non evidenziavano sensibili differenze né effetti statisticamente significativi, probabilmente per il vigore della coltura e la conseguentemente elevata capacità competitiva nei confronti delle infestanti nella fase di granigione.

La **prova n°6** era caratterizzata da un'infestazione con dominanza di *Papaver rhoeas* (63% di ricoprimento nel testimone sul 71% complessivo).

In questo caso di infestazione con forte prevalenza di dicotiledoni,

Tabella 4 - Annata 1990/91 - Prove n° 5-7

Ricoprimento percentuale delle malerbe, risultati produttivi, rilievi agronomici.

PROVA N°5	Ricoprimento percentuale delle malerbe (*)					Produzione di granella t/ha 13% um.	Spighe n/m2	Altezza cm
	AVESP (*)	PAPRII (*)	SINAR (*)	Altre specie	TOTALE			
Erpice strigl. 1 pass.	44	17	1	-	62	6,12	735	92
Erpice strigl. 2 pass.	9	8	+	-	17	5,94	706	92
Erpice a maglia	33	35	1	-	69	6,04	701	93
Diserbo chimico	1	+	-	-	1	6,22	687	92
Testimone inerbito	42	48	3	-	93	5,82	755	92
MDS 0,05 di P=					25	n.s.	n.s.	n.s.
MDS 0,01 di P=					35	n.s.	n.s.	n.s.

PROVA N°6	Ricoprimento percentuale delle malerbe (*)					Produzione di granella t/ha 13% um.	Spighe n/m2	Altezza cm
	AVESP (*)	LOLMU (*)	PAPRII (*)	Altre specie	TOTALE			
Erpice strigl. 1 pass.	1	+	16	+	17	4,56	579	85
Erpice strigl. 2 pass.	-	+	10	+	10	4,78	609	83
Erpice a maglia	+	-	39	+	39	4,45	567	84
Diserbo chimico	1	+	-	+	1	5,20	574	84
Testimone inerbito	2	+	63	6	71	4,04	591	83
MDS 0,05 di P=					11	0,68	n.s.	n.s.
MDS 0,01 di P=					15	n.s.	n.s.	n.s.

PROVA N°7	Ricoprimento percentuale delle malerbe (*)					Produzione di granella t/ha 13% um.	Spighe n/m2	Altezza cm
	LOLMU (*)	AVESP (*)	ALOMY (*)	Altre specie	TOTALE			
Erpice strigl. 1 pass.	64	7	4	-	75	I rilievi produttivi ed agronomici non sono stati possibili per grandine che ha colpito la prova		
Erpice strigl. 2 pass.	54	16	2	-	72			
Erpice a maglia	64	12	4	-	80			
Diserbo chimico	+	-	+	-	+			
Testimone inerbito	68	22	2	-	92			
MDS 0,05 di P=					36			
MDS 0,01 di P=					49			

(*) Legenda: + = tracce; - = assente.

AVESP *Avena spp.*SINAR *Sinapis arvensis*LOLMU *Lolium multiflorum*ALOMY *Alopecurus myosuroides*PAPRII *Papaver rhoeas*

l'erpice strigliatore ha mostrato un'eccellente efficacia nel controllo dell'infestazione sia con un passaggio (-76%) sia con due (-86%), mentre l'erpice a maglia ha avuto un'efficacia minore (-45%). Le rese in granella hanno rispecchiato abbastanza bene gli effetti dei trattamenti nel controllo dell'infestazione, con produzioni significativamente maggiori, rispetto al controllo inerbito, sia per il diserbo chimico (+29%) che per l'erpice strigliatore a doppio passaggio (+18%); gli altri interventi meccanici hanno fatto registrare produzioni superiori rispetto al testimone (in media dell'11%), ma non confortate da significatività statistica. Anche in questo caso il numero di spighe sull'unità di superficie non ha evidenziato aspetti degni di rilievo.

L'ultima **prova (n°7)** presentava un'infestazione composta da sole specie graminacee, con prevalenza di *Lolium multiflorum* e *Avena spp.* (rispettivamente 68% e 22% di ricoprimento nel controllo inerbito); nessun intervento meccanico ha in questo mostrato un'efficacia erbicida significativa statisticamente: in media si è avuta una modesta riduzione dell'ordine del 18%. In questa prova i dati agronomici non sono stati rilevati a causa di una violenta grandinata che ha colpito la prova.

Discussione dei risultati

Una prima considerazione deve essere fatta circa la sostanziale omogeneità floristica delle situazioni di prova, caratterizzate da una struttura delle comunità vegetali poco diversificata dal punto di vista specifico, con prevalenza di *Papaver rhoeas* tra le dicotiledoni e di *Avena spp* tra le graminacee; una presenza significativa di *Lolium multiflorum* e di *Alopecurus myosuroides* si è registrata solo in un caso, mentre quella di *Sinapis arvensis* è stata sempre su livelli di ricoprimento molto bassi.

Considerando i sistemi comuni a tutte le prove (tab. 5) si può notare che l'erpice strigliatore (1 passaggio) mostra un'efficacia erbicida complessiva media del 43%, leggermente superiore a quella dell'erpice a maglia (37%). Sensibili differenze si riscontrano nell'efficacia erbicida nei confronti delle diverse specie considerate: se infatti l'azione verso le dicotiledoni sembra di buon livello, rispettivamente 74% e 59% di efficacia, non altrettanto si può dire per ciò che riguarda le graminacee, sulle quali l'efficacia risulta modesta

Tabella 5 - Efficacia erbicida (% rispetto al testimone inerbito)

Verso tutte le malerbe									
<i>prova n°</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>media</i>	<i>n° prove</i>
Erpice strigliat. 1 p.	29	74	68	4	33	76	18	43	7
Erpice strigliat. 2 p.					82	86	22	(63)	3
Erpice a maglia	41	60	52	23	26	45	13	37	7
Rullo cultipacker	50	51	68					(56)	3
Diserbo chimico	96	100	97	99	99	99	100	98	7
Verso le malerbe graminacee									
<i>prova n°</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>media</i>	<i>n° prove</i>
Erpice strigliat. 1 p.	-19	71	60	-92	-5	(*)	18	5	6
Erpice strigliat. 2 p.					79	(*)	22	(50)	2
Erpice a maglia	-11	24	47	-36	21	(*)	13	10	6
Rullo cultipacker	58	41	60			(*)		(53)	3
Diserbo chimico	92	100	93	97	98	(*)	100	97	6
(*) infestazione di graminacee di trascurabile entità									
Verso le malerbe dicotiledoni									
<i>prova n°</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>media</i>	<i>n° prove</i>
Erpice strigliat. 1 p.	78	74	75	77	65	75	(*)	74	6
Erpice strigliat. 2 p.					84	84	(*)	(84)	2
Erpice a maglia	88	74	56	67	29	38	(*)	59	6
Rullo cultipacker	43	59	75				(*)	(59)	3
Diserbo chimico	100	100	100	100	100	100	(*)	100	6
(*) infestazione di dicotiledoni di trascurabile entità									

Tab. 6 - Produzione di granello e numero di spighe a m2 (numeri indice: testimone =100)

Produzione di granello ad umidità standard									
<i>prova n°</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>media</i>	<i>n° prove</i>
Erpice strigliat. 1 p.	112	100	95	82	105	113	(*)	101	6
Erpice strigliat. 2 p.					102	118	(*)	(110)	2
Erpice a maglia	113	98	88	102	104	110	(*)	103	6
Rullo cultipacker	111	101	98				(*)	(103)	3
Diserbo chimico	123	104	100	163	107	129	(*)	121	6
Numero di spighe per unità di superficie									
<i>prova n°</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>media</i>	<i>n° prove</i>
Erpice strigliat. 1 p.	95	91	107	92	97	98	(*)	97	6
Erpice strigliat. 2 p.					94	103	(*)	(98)	2
Erpice a maglia	97	89	106	97	93	96	(*)	96	6
Rullo cultipacker	97	87	104				(*)	(96)	3
Diserbo chimico	100	89	102	119	91	97	(*)	100	6
(*) non rilevato a causa di una grandinata che ha colpito la prova									

(5% e 10%). L'azione dell'erpice strigliatore sembra comunque aumenti sensibilmente di efficacia, specie nei confronti delle graminacee, con un secondo passaggio (in senso inverso al primo) effettuato a qualche giorno di distanza. Il rullo cultipacker, pur presente solo in tre prove, sembrerebbe avere, nei confronti delle graminacee, un'efficacia migliore degli erpici.

Il differenziale di azione nei confronti delle diverse specie è probabilmente riconducibile alle caratteristiche di germinazione superficiale del papavero e di struttura della plantula (stadio di rosetta), che lo rendono facilmente "intercettabile" dagli organi lavoranti; ciò a differenza delle specie graminacee, strutturalmente più simili alla coltura, e quindi più resistenti all'azione meccanica degli attrezzi, sia per *habitus* di crescita e sviluppo sia per una più "robusta" radicazione, almeno allo stadio in cui vengono effettuate le sarchiature.

Considerando gli effetti dei trattamenti meccanici sulla coltura, sembra che solo in alcuni casi (prova n°3) abbiano prodotto danni di rilievo, mentre nel complesso la loro azione negativa non è stata grave; in ogni caso il fattore "numero di spighe/m²" ha mostrato differenze di modesta entità, e comunque non sistematiche né significative, rispetto al diserbo chimico e al controllo (tab. 6).

Per le tesi di diserbo meccanico i soli casi di produzioni statisticamente differenti dal testimone sono opposti: si è avuta una produzione minore (erpice strigliatore 1 e 2 passaggi) in una prova (n°3) caratterizzata da un'infestazione molto blanda (disturbo sulla coltura > effetto diserbante); viceversa, in una prova fortemente infestata in forte prevalenza da dicotiledoni (n°6) il doppio passaggio con erpice strigliatore ha prodotto un incremento significativo della produzione. In tutti gli altri casi gli effetti, positivi o negativi a seconda dell'infestazione (per entità e tipo), non sono risultati significativi statisticamente, con medie complessive (tab. 6) comunque leggermente superiori al controllo. Il diserbo chimico ha invece permesso produzioni di oltre il 20% superiori al testimone.

Conclusioni

1 - Gli interventi meccanici hanno mostrato un buon grado di efficacia solo verso malerbe a nascita superficiale e con plantule facilmente estirpabili come *Papaver rhoeas*,

2 - La possibilità di effettuare tali operazioni sembra limitata ad un

coltura ben insediata, con malerbe ai primi stadi di sviluppo e su terreno ben asciutto in superficie.

3 - Gli stessi interventi sono risultati scarsamente attivi verso malerbe graminacee, come *Avena spp.*, che hanno la capacità di emergere da semi posti in profondità e una morfologia capace di resistere all'azione degli organi lavoranti; la limitata efficacia erbicida verso queste malerbe è comunque aumentata ripetendo l'operazione dopo qualche giorno, in direzione opposta al primo passaggio.

4 - Alcuni casi hanno evidenziato che gli attrezzi impiegati (specie l'erpice strigliatore) possono produrre un certo danno alla coltura di frumento in accestimento, anche se tale effetto non sembra in genere di rilevante entità.

5 - Gli interventi meccanici hanno permesso produzioni superiori al testimone, ma comunque inferiori a quella del diserbo chimico, solo in caso di forte infestazione dovuta a specie facilmente estirpabili e con germinazione concentrata nel tempo. Con infestazioni caratterizzate da entità medio-bassa e/o da specie resistenti, essi sono risultati scarsamente efficaci o del tutto inefficaci nel controllo delle malerbe; è in queste situazioni che gli effetti negativi possono emergere traducendosi in riduzioni delle rese, a causa del danno alla coltura non sufficientemente compensato dall'effetto diserbante.

6 - In ogni caso il diserbo chimico ha presentato un'efficacia erbicida, per costanza e versatilità, ben superiore agli interventi meccanici, inducendo maggiori effetti sulle rese della coltura.

Summary

MECHANICAL TREATMENTS FOR WEED CONTROL IN WHEAT

Seven field trials over a period of three years were carried out in central Italy in order to evaluate the weed control efficacy of some mechanical treatments in wheat (*Triticum aestivum* L.) crops, during the tillering stage.

The implements employed were: harrow with spring teeths, "Howard" flexible harrow and "cultipacker" tandem roller; mechanical treatments with these tools were compared with the best chemical weed control and with an untreated check.

Mechanical treatments were effective *vs.* dicotyledon weeds in an early stage (59-74% of average efficacy *vs.* untreated), but had only a poor control *vs.* grass weeds (5-10%). However it seems that efficacy *vs.* these latter can be improved by a second harrowing in opposite direction to the first.

In all trials the best weed control was obtained by chemical treatments, while,

among the different implements, was the harrow with spring teeth that showed on average the best effects.

Some damage by mechanical treatments to the wheat crop, with a statistically significant loss of yield, was noticed in one trial only.

Bibliografia

- (1) BORGHI B., BOGGINI G., CATTANEO M., CORBELLINI M., Sperimentazione varietale su cereali vernini. Primi risultati di un decennio di prove su frumento tenero (*Triticum aestivum* L.). *Riv. di Agronomia*, 1986, XX, p. 3-12.
- (2) RIVOIRA G., DEIDDA M., MARRAS G.F. Evoluzione e problemi attuali della coltivazione dei cereali vernini. *Riv. di Agronomia*, 1987, 21, 4 (suppl.), p. 5-32.
- (3) BÖHRNSEN A.; BRÄUTIGAM V. Mechanische Unkrautbekämpfung mit Striegel und Netzegge in Winterweizen, *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* (1990) Sonderheft 12, 463-472.
- (4) BRAUN BLANQUET J., *Plant sociology, the Study of Plant communities*. 1983, Koeltz scientific Books, Koenigstein, p 30-34.
- (5) FERRARI C., BALDONI G., TEI F. Lo studio della vegetazione infestante le colture agrarie. 1987, Atti del VI Convegno della Società Italiana di Lotta alle Malerbe, Milano, 12 Nov., p. 165.

RISULTATI DI QUATTRO ANNI DI SPERIMENTAZIONE SUL DISERBO DEL FRUMENTO

ALBERTO DEL PINO e ANDREA ONOFRI

Istituto di Agronomia generale e Coltivazioni erbacee di Perugia

RIASSUNTO

Quattro prove sperimentali di pieno campo sono state condotte negli anni 1986-90 in Italia Centrale allo scopo di valutare l'efficacia erbicida e la selettività di numerosi erbicidi di pre e post-emergenza per il diserbo del frumento.

Con infestazioni miste di dicotiledoni (principalmente Papaver rhoeas) e graminacee (Lolium multiflorum, Phalaris spp. e Avena spp.), in pre-emergenza ottimi risultati sono stati ottenuti dai nuovi prodotti a base di diflufenican+chlortoluron, diflufenican+trifluralin, isoxaben+trifluralin oltre che dal più vecchio chlortoluron+terbutrina. In post-emergenza, invece, buoni risultati si sono ottenuti impiegando isoproturon.

Altri trattamenti come prosulfocarb e isoxaben in pre-emergenza o diclofop-methyl e tralkoxidim in post-emergenza, pur avendo uno spettro d'azione più limitato delle miscele precedenti, hanno comunque dimostrato di poter essere vantaggiosamente impiegati contro Phalaris spp. e L. multiflorum il primo, contro P. rhoeas e Sinapis arvensis il secondo e contro le infestanti graminacee in genere gli altri.

Alcuni erbicidi tra quelli impiegati hanno dato origine a transitori fenomeni di fitotossicità che in nessun caso hanno provocato influenze negative sulla produzione.

SUMMARY

RESULTS OF A FOUR-YEAR CHEMICAL WEED CONTROL TRIAL IN WHEAT

Four field trials were carried out in central Italy from 1986 to 1990 in order to evaluate weed control ability and selectivity of some pre or post-emergence herbicides for wheat.

Results show that against weeds both broadleaves (above all Papaver rhoeas) and grasses (Lolium multiflorum, Phalaris spp. e Avena spp) excellent results were obtained by weeding in pre-emergence with the new herbicides diflufenican+chlortoluron, diflufenican+trifluralin and isoxaben+trifluralin, as well as with the older one chlortoluron+terbutrina. Other treatments, though showing more limited efficacy spectrum, gave good results against particular weeds, such as prosulfocarb in pre-emergence against Phalaris spp. and L. multiflorum, isoxaben against P. rhoeas and Sinapis arvensis and tralkoxidim or diclofop-methyl against all grasses.

Some herbicides caused little fitotoxicity symptoms, but yield was never affected.

Introduzione

Le erbe infestanti sono uno dei principali fattori limitanti la produzione del frumento: i cali produttivi, causati dalla competizione esercitata dalle malerbe verso acqua, luce ed elementi nutritivi a disposizione della coltura, possono infatti variare dal 2 fino al 75% (Baldoni, 1990) in funzione delle specie infestanti presenti, della loro densità e dell'epoca in cui emergono.

Attualmente il diserbo chimico rimane ancora il metodo di lotta più affidabile contro le malerbe del frumento, tenendo in considerazione le alte esigenze produttive legate anche alla politica mondiale che assegna a questa coltura un ruolo fondamentale per sfamare una popolazione in progressivo aumento (Giorgi e Borghi, 1991).

Attualmente sul mercato italiano sono disponibili, per il diserbo del frumento, oltre 30 principi attivi. Con questa vasta gamma di prodotti, l'agricoltore si trova nella favorevole condizione di poter ottenere un perfetto controllo delle infestanti nelle varie situazioni floristiche, ma la scelta risulta difficile poichè richiede conoscenze specifiche ed approfondite.

L'immissione sul mercato di nuovi prodotti erbicidi porta alla necessità di valutarne l'efficacia erbicida, la selettività nei confronti della coltura ed i vantaggi rispetto a quelli di più vecchia immissione. Questo, soprattutto, per favorire un'impiego mirato e razionale del mezzo chimico onde evitare l'insorgere o l'aggravarsi di problemi legati a scelte poco opportune quali la comparsa di una flora di sostituzione (Covarelli e Della Pietà, 1986; Sgattoni e al., 1984; Tei, 1986) poco equilibrata molto competitiva e difficile da controllare.

Materiali e metodi

La sperimentazione si è svolta a Papiano (PG), località della media valle del Tevere, nel quadriennio 1986-90 su terreni di tessitura franco argillosa.

I prodotti diserbanti usati, le epoche di trattamento e le dosi d'impiego sono riportati in tabella 1.

Lo schema sperimentale adottato è stato sempre il blocco randomizzato con 5 ripetizioni; le parcelle avevano una superficie utile variabile, fra le annate da 16 a 20 m².

I terreni sede delle prove hanno ricevuto 100 kg di P₂O₅, sot

Tab. 1. Elenco dei principi attivi e loro dosi di impiego.

Principi attivi	Dosa/ha di p.a. (g)	Nomi formulati commerciali	Dosa/ha di f.c. (kg o l)	Stadio della coltura al trattamento	Anno d'impiego			
					1986/87	1987/88	1988/89	1989/90*
PRE-EMERGENZA								
Isoxaben	125	Eiset	1	-	X	X		
Isoxaben+Chlortoluron	85+1800	Eiset Combi	5	-	X	X	X	X
Isoxaben+Trifluralin	96+900	Eiset TF	4	-		X	X	X
Diflufenican+Trifluralin	100+800	Blizzard	2	-	X		X	
Diflufenican+Chlortoluron	125+2000	Zodiac Dicuran DFF	5	-	X	X	X	
Chlorsulfuron	15	Glean 75 DF	20 g	-	X		X	X
Chlortoluron	2000	Dicuran L, Granonet	4	-	X	X		
Terbutrina+Chlortoluron	655+1271	Precuran L	3,5	-	X	X	X	
Prosullocarb	3200	Arcade	4	-			X	X
Prosullocarb	4000	Arcade	5	-			X	X
POST-EMERGENZA								
Imazamethabenz+Pendimethalin	600+1000	Assert Combi	5	1-2 foglie	X	X		
Chlorsulfuron	15	Glean 75 DF	20 g	1-2 foglie	X	X	X	
Trifluralin	720	Treflan EC, Trifluralin N 46, Triplen NT	1,5	1-2 foglie	X	X		
Trifluralin+Metoxuron	1000+2500	Tarexan	5	1-2 foglie	X	X		
Isoproturon	1500	Arelon DS	3	1-2 foglie	X	X	X	
Prosullocarb	3200	Arcade	4	1-2 foglie			X	X
Prosullocarb	4000	Arcade	5	1-2 foglie			X	
Isoproturon	1500	Arelon DS	3	Accestimento				X
Diclofop-methyl	900	Illoxan	2,5	Accestimento	X		X	X
Diclofop-methyl+loxylinil	900+500	Illoxan + Cipotril	2,5+2,0	Accestimento	X	X		
Diclofop-methyl+Olio	450+800	Illoxan + Diversi	1,25+1,0	Accestimento				X
Diclofop-methyl+Solfato ammonico	450+10000	Illoxan + Solfato amm.	1,25+10	Accestimento				X
Tralkosidim	400	Grasp	4	Accestimento	X			X
Tralkosidim+Olio	200+800	Grasp + Diversi	2,0+1,0	Accestimento				X
Tralkosidim	400	Grasp	4	Levata				X

* In questa annata, alle parcelle trattate con prodotti gramincidi è stato fatto seguire un trattamento con ioxynil+bromoxynil+MCPP (Oxytil M a 2,5 l/ha) per il controllo delle infestanti dicotiledoni.

forma di triplape 46-48%, prima dell'aratura eseguita in estate, e 180 kg di azoto, sotto forma di urea, in due dosi di 60 e 120 kg/ha distribuite rispettivamente all'accestimento ed alla levata.

Le varietà di frumento utilizzate, la data di semina, quella dei trattamenti, dei rilievi floristici e della raccolta sono elencate nella tabella 2.

I prodotti sono stati distribuiti, previa diluizione in 500 l/ha di acqua, mediante pompa a spalla O.P.S. (Oxford Precision Sprayer) munita di una barra con ugelli a ventaglio tipo Albuz APG 110 R.

Al momento dei trattamenti di post-emergenza precoce lo sviluppo della coltura e delle principali malerbe era il seguente: frumento a 1-2 foglie, infestanti graminacee con 1-2 foglie e dicotiledoni allo stadio di plantula; il trattamento tardivo, invece, è stato effettuato con frumento in fase di accestimento, infestanti graminacee a 3-4 foglie o inizio accestimento (pieno accestimento nel 1988-89) e dicotiledoni allo stadio di prime foglie vere o di rosetta di 2-4 cm di diametro.

Nel 1990 è stato eseguito un trattamento in epoca ancor più tardiva (tralkoxidim) con il frumento e le infestanti graminacee in levata.

In ciascuna prova sono state eseguite periodiche osservazioni allo scopo di rilevare eventuali effetti fitotossici sulla coltura utilizzando la scala convenzionale E.W.R.S. (European Weed Research Society) da 1 a 9, con 1 pari a fitotossicità nulla e 9 a morte di tutte le piante. I risultati di queste osservazioni sono riportati e commentati solo in quei casi in cui sono emersi sintomi di fitotossicità visibili.

Quando si è ritenuto che l'attività erbicida dei prodotti impiegati si fosse completamente esplicata è stato eseguito il rilievo floristico parcellare mediante il metodo fitosociologico dell'abbondanza-dominanza di Braun-Blanquet; gli indici rilevati sono stati successivamente trasformati nei relativi valori di ricoprimento e mediati per le diverse ripetizioni.

Alla raccolta sono state determinate le rese di granella e le altezze della coltura.

I dati sono stati trattati statisticamente mediante analisi della varianza; per la separazione delle medie è stato adottato il metodo della "cluster analysis" proposto da Scott e Knott (1974) e illustrato da Gates e Bilbro (1978).

Tab. 2. Varietà utilizzate e date di esecuzione della semina, dei trattamenti erbicidi, del rilievo floristico e della raccolta.

Notizie agronomiche	Annata			
	1986-87	1987-88	1988-89	1989-90
Varietà	Marzotto	Marzotto	Centauro	Centauro
Semina	12-11-86	6-11-87	10-11-88	8-11-89
Trattamenti di:				
pre-emergenza	12-11-86	7-11-87	10-11-88	11-11-89
post-emergenza:				
1-2 foglie	20-12-86	4-12-87	22-12-88	12-12-89
accestimento	3-2-87	17-2-88	8-3-89	16-2-90
levata	-	-	-	23-3-90
Rilievo floristico	19-5-87	21-5-88	12-5-89	24-4-90
Raccolta	24-7-87	2-7-88	22-7-89	26-6-90

Andamento stagionale (grafico 1)

L'annata 1986-87 è stata caratterizzata da una serie di precipitazioni nella decade successiva a quella dei trattamenti di pre-emergenza che ha permesso a questi ultimi di esplicare una buona azione erbicida generale. All'inizio della fase di levata del frumento (1^a e 2^a decade di marzo) si è avuto un periodo di freddo intenso e persistente, successivamente la temperatura si è mantenuta su valori simili alla media poliennale. Durante la fase di granigione le temperature favorevoli e gli eventi piovosi di scarsa entità, ma ben distribuiti, hanno favorito il regolare riempimento delle cariossidi di frumento.

Nel 1987-88 le frequenti ed elevate piogge cadute nel mese di novembre sembrano aver diminuito l'efficacia erbicida dei prodotti di pre-emergenza. Le temperature sono state piuttosto miti, superiori alla media del poliennio, dal mese di novembre alla seconda decade di febbraio. Freddo più intenso, che però non ha provocato danni alle piantine nella fase di fine accostamento-inizio levata, si è verificato invece dalla 3^a decade di febbraio alla 3^a decade di marzo. Durante la fase di spigatura del frumento si sono registrate temperature superiori alla media ed elevati valori di piovosità: questo ha favorito l'insorgere di malattie fungine che hanno compromesso le rese di questa annata.

Nel corso del 1988-89 le temperature sono state più basse della media fino alla 2^a decade di febbraio e potrebbero aver diminuito leggermente l'efficacia media del diserbo di post-emergenza precoce. Il periodo successivo è stato, invece, caratterizzato da temperature miti e piovosità scarsa, ma non si sono verificati fenomeni di stress idrico durante la maturazione che si è pertanto potuta svolgere nelle migliori condizioni.

Il 1989-90 nel complesso è stato abbastanza simile, per ciò che riguarda le temperature, all'annata precedente, mentre si è differenziato da quest'ultimo per le precipitazioni notevolmente inferiori (-100 mm). In prossimità della semina le precipitazioni, anche se piuttosto scarse, non hanno determinato cali nell'efficacia generale dei trattamenti diserbanti di pre-emergenza.

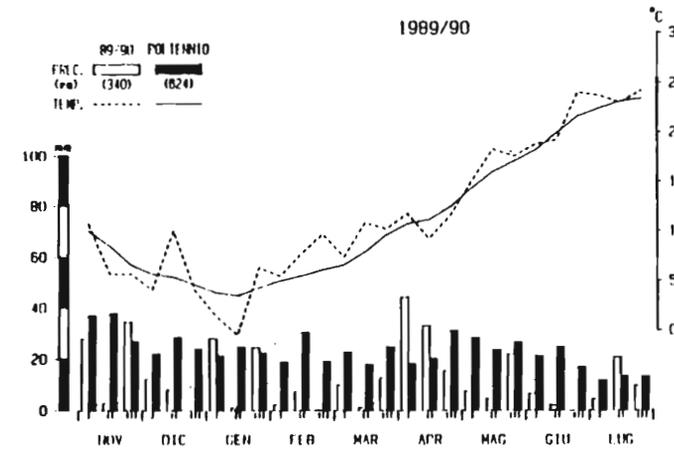
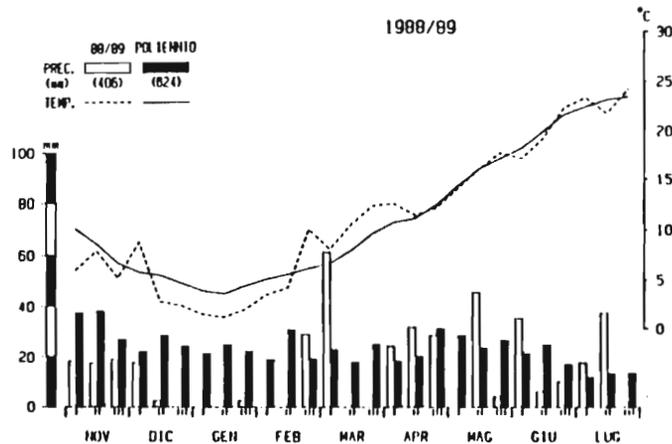
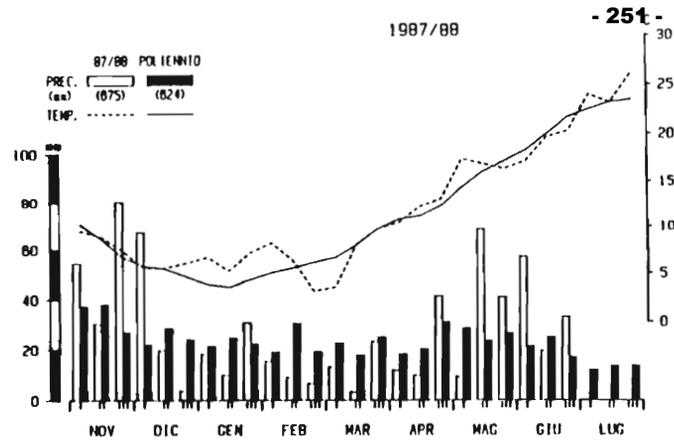
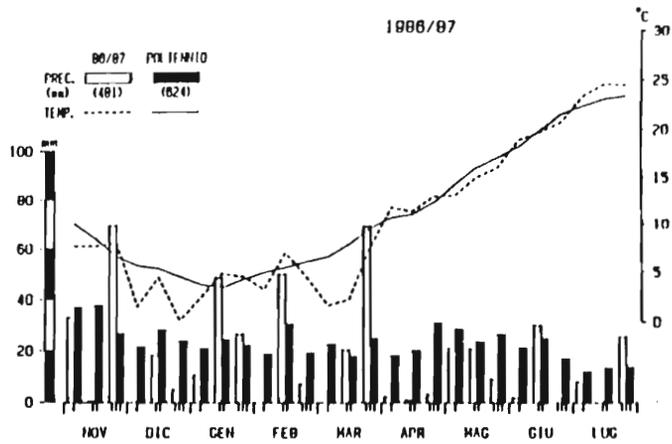


Gráfico 1. Andamento climatico (temperature e precipitazioni medie decadiche) nelle 4 annate di sperimentazione a Papiano (Pg).

Risultati e discussioni

Anno 1986-87 (Tab. 3)

In questa prima annata di sperimentazione l'infestazione era costituita prevalentemente da Papaver rhoeas fra le dicotiledoni e da Lolium multiflorum fra le graminacee. Queste infestanti nel controllo inerbito avevano un ricoprimento rispettivamente del 32 e 58%. Tra i prodotti di pre-emergenza sono emerse le miscele a base di isoxaben + chlortoluron, diflufenican + chlortoluron, diflufenican + trifluralin e terbutrina + chlortoluron che hanno garantito un controllo delle due malerbe superiore al 90%. Isoxaben e chlorsulfuron, impiegati da soli, hanno completamente controllato solo il papavero comune, mentre il chlortoluron è risultato poco attivo sia verso il papavero comune che verso il loglio. Con i prodotti di post-emergenza, invece, ottimi risultati si sono ottenuti con isoproturon e diclofop-methyl + ioxynil nei confronti di entrambe le malerbe principali. Buono il controllo del loglio da parte di diclofop-methyl e tralkoxidim impiegati da soli, mentre tutti gli altri erbicidi hanno ben controllato solo il papavero.

Chlortoluron e trifluralin + metoxuron hanno dato origine, in questa annata, a lievi e transitori sintomi di fitotossicità che non si sono però ripercossi negativamente sulla produzione.

L'altezza media della coltura nel testimone non trattato (79 cm) risultava significativamente superiore rispetto a quella media nelle parcelle diserbate (76 cm). Ciò è legato alla competizione verso la luce esercitata dalle infestanti che, associata a condizioni nutrizionali ed idriche non troppo limitanti per la coltura, sembra aver provocato un aumento della taglia delle piante (Evans, 1973).

Le produzioni ottenute nelle parcelle diserbate sono state tutte significativamente superiori a quelle ottenute nelle parcelle inerbite: in media il trattamento erbicida ha provocato un aumento di produzione del 49%. Inferiori alle tesi migliori (-15%) sono state le produzioni ottenute da tralkoxidim e diclofop-methyl a causa della competizione esercitata dalle infestanti dicotiledoni da essi, ovviamente, non controllate. Altamente significativo è risultato il coefficiente di correlazione tra produzione e ricoprimento delle infestanti ($r=-0,872^{**}$).

Tab. 3. Dati medi sul ricoprimento % delle infestanti, efficacia erbicida e dati produttivi. Papiano (Pg), 1986-87.

Principi attivi	Dose/ha (g) di p.a.	Ricoprimento delle infestanti (%)				Efficacia erbicida %			Fitotos. E.W.R.S. da 1 a 9	Altezza media (cm)	Produzione t ha ⁻¹ al 13% di Um.
		Lolium multiflorum	Papaver rhoeas	Altre specie*	Totale	Graminac	Dicotil.	Totale			
PRE-EMERGENZA											
Isoxaben+Chlortoluron	85+1800	1	+	+	1 a	98 a	100 a	99 a	1	75 b	6,75 a
Diflufenican+Chlortoluron	125+2000	+	1	1	2 a	98 a	97 a	98 a	1	75 b	6,81 a
Diflufenican+Trifluralin	100+800	3	-	5	8 a	90 a	97 a	92 a	1	75 b	6,64 a
Terbutrina+Chlortoluron	655+1271	6	3	+	9 a	91 a	91 a	91 a	1	76 b	6,47 a
Chlorsulfuron	15	20	1	1	22 b	67 b	97 a	77 b	1	75 b	6,52 a
Isoxaben	125	30	+	8	38 c	42 c	100 a	62 c	1	76 b	6,73 a
Chlortoluron	2000	22	22	+	44 c	66 b	35 b	56 c	2	76 b	6,63 a
POST-EMERGENZA											
Isoproturon	1500	+	-	+	+ a	100 a	100 a	100 a	1	75 b	6,70 a
Diclofop-methyl+loxynil	900+494	+	+	+	+ a	100 a	100 a	100 a	1	75 b	6,53 a
Chlorsulfuron	15	10	+	3	13 b	80 a	100 a	87 b	1	75 b	6,62 a
Trifluralin+Metoxuron	1000+2500	10	8	1	19 b	83 a	80 a	81 b	2	76 b	6,52 a
Imazamethabenz+Pendimethalin	600+1000	18	+	2	20 b	69 b	100 a	80 b	1	75 b	6,50 a
Trifluralin	720	39	-	4	43 c	35 c	100 a	56 c	1	76 b	6,47 a
Diclofop-methyl	900	-	53	+	53 c	100 a	0 c	46 c	1	76 b	5,43 b
Tralkoxidim	400	+	63	5	68 d	100 a	0 c	31 d	1	79 a	5,13 b
Testimone non trattato	-	58	32	8	98 e	-	-	-	1	79 a	4,30 c

N.B.: Medie seguite da lettere diverse sono significativamente differenti per $P \leq 0,05$ (Test di Scott-Knott).

+ = presenza in tracce; - = assenza

* = Infestanti presenti sporadicamente: Phalaris spp., Avena spp., Bromus spp. e Matricaria chamomilla

Anno 1987-88 (Tab.4)

L'infestazione di questa annata era costituita quasi esclusivamente da graminacee rappresentate da L. multiflorum (77% di ricoprimento nel controllo) e da Phalaris spp. (32%). Le infestanti dicotiledoni erano, invece, poco presenti nel testimone non trattato (ricoprimento inferiore al 9%).

Le tesi migliori come efficacia erbicida totale sono risultate essere isoxaben + trifluralin tra quelle di pre-emergenza ed isoproturon e diclofop-methyl + ioxynil tra quelle di post-emergenza.

Riguardo alle singole infestanti la scagliola è stata controllata efficacemente solo in post-emergenza con diclofop-methyl, isoproturon e chlorsulfuron (controllo percentuale superiore al 95%); verso il loglio, invece, il miglior controllo è stato ottenuto in pre-emergenza con chlortoluron da solo, o in miscela con diflufenican, e con isoxaben+trifluralin ed in post-emergenza con diclofop-methyl, isoproturon e trifluralin + metoxuron.

In quest'annata la miscela diclofop-methyl + ioxynil ha provocato sul frumento alcuni sintomi di fitotossicità, come ingiallimenti e decolorazioni associati ad un rallentamento dello sviluppo, che non si sono ripercossi negativamente sulla produzione, ma che hanno determinato una minor taglia della coltura al raccolto.

Tutte le tesi poste a confronto hanno ottenuto in media produzioni di granella doppie rispetto a quelle del controllo non trattato; significativa è risultata la correlazione tra la produzione e il ricoprimento delle infestanti ($r=-0,898^{**}$).

Anno 1988-89

Anche in questa annata (tab. 5), l'infestazione era composta per la quasi totalità da infestanti graminacee: L. multiflorum, Avena spp. e Phalaris spp. presenti nel controllo inerbito con un ricoprimento del 71, 54 e 28% rispettivamente. Le poche dicotiledoni (11% di ricoprimento sul controllo) erano rappresentate principalmente da P. rhoeas, Fumaria officinalis e Matricaria chamomilla.

Tutte le tesi di pre-emergenza hanno dato risultati più che soddisfacenti (84-96%) fatta eccezione per diflufenican + trifluralin e chlorsulfuron. Con i trattamenti di post-emergenza, invece, risultati

Tab.4. Dati medi su ricoprimento % delle infestanti, efficacia erbicida e dati produttivi. Papiano (Pg), 1987-88.

Principi attivi	Dose/ha (g) di p.a.	Ricoprimento delle infestanti (%)				Efficacia erbicida %			Fitotos. EWRS da 1 a 9	Altezza media (cm)	Produzione t ha ⁻¹ al 13% di Um.
		Lolium multiflorum	Phalaris spp.	Altre specie *	Totale	Graminac.	Dicotiled.	Totale			
PRE-EMERGENZA											
Isoxaben+ Trifluralin	96+900	3	13	+	16 a	85 a	100 a	86 a	1 a	79 a	3,69 a
Diflufenican+Chlortoluron	125+2000	2	24	1	27 b	76 b	91 a	77 b	1 a	79 a	3,70 a
Terbutrina+Chlortoluron	655+1271	24	28	2	54 d	52 d	81 a	55 c	1 a	79 a	2,66 b
Chlortoluron	2000	7	54	9	70 e	41 d	45 b	40 d	1 a	78 a	2,68 b
Isoxaben+Chlortoluron	85+1800	15	63	+	78 e	28 e	100 a	34 d	1 a	78 a	3,03 b
Isoxaben	125	71	38	1	110 f	8 f	100 a	11 e	1 a	76 b	1,47 c
POST-EMERGENZA											
Diclotop-methyl+loxynil	900+500	-	+	8	8 a	98 a	45 b	94 a	3 b	72 c	3,37 a
Isoproturon	1500	3	7	3	13 a	90 a	81 a	89 a	1 a	80 a	3,83 a
Trifluralin+Metoxuron	1000+2500	3	31	+	34 c	68 b	100 a	71 b	1 a	78 a	3,58 a
Chlorsulfuron	15	34	6	+	40 c	63 c	99 a	66 b	1 a	79 a	2,70 b
Trifluralin	687	22	24	5	51 d	57 c	64 b	57 c	1 a	78 a	2,76 b
Imazamethabenz+Pendimethalin	600+1000	35	28	4	67 e	42 d	74 a	43 d	1 a	76 b	1,82 c
Testimone non trattato	-	77	32	9	118 f	-	-	-	1 a	74 b	0,99 d

N.B.: Medie seguite da lettere diverse sono significativamente differenti per $P \leq 0,05$ (Test di Scott-Knott).

+ = presenza in tracce; - = assenza

* = infestanti presenti sporadicamente: Poa spp., Bromus sterilis, Alopecurus myosuroides, Galium aparine, Papaver rhoeas, Fumaria officinalis, Matricaria chamomilla e Sinapis arvensis.

Tab. 5. Dati medi su ricoprimento % delle infestanti, efficacia erbicida e dati produttivi. Papiano (Pg), 1988-89.

Principi attivi	Dose/ha (g) di p.a.	Ricoprimento delle infestanti (%)					Efficacia erbicida %			Fitotos. E.W.R.S. da 1 a 9	Altezza media (cm)	Produzione t ha ⁻¹ al 13% di Um.
		Lolium multifl.	Avena spp.	Phalaris spp.	Altre specie*	Totale	Graminac.	Dicotiled.	Totale			
PRE-EMERGENZA												
Prosulfocarb	4000	6	2	3	-	11 a	93 a	100 a	94 a	1 a	74	6,73 a
Isoxaben+Trifluralin	96+900	6	6	3	-	16 a	90 a	100 a	90 a	1 a	74	6,62 a
Diflufenican+Chlortoluron	125+2000	3	1	15	-	19 a	88 a	100 a	88 a	1 a	75	6,71 a
Isoxaben+Chlortoluron	85+1800	2	+	18	-	19 a	87 a	100 a	88 a	1 a	73	7,09 a
Prosulfocarb	3200	5	8	3	5	22 a	89 a	60 b	87 a	1 a	74	6,66 a
Terbutrina+Chlortoluron	655+1271	6	1	15	+	23 a	85 a	100 a	86 a	1 a	74	6,19 a
Diflufenican+Trifluralin	100+800	3	24	3	+	31 a	80 b	100 a	81 b	1 a	72	6,43 a
Chlorsulfuron	15	6	34	3	-	44 b	71 b	100 a	73 b	1 a	72	6,32 a
POST-EMERGENZA												
Isoproturon	1500	18	1	5	-	24 a	84 a	100 a	85 a	1 a	74	7,05 a
Prosulfocarb	4000	3	38	15	-	57 b	63 c	100 a	65 c	3 b	73	6,04 a
Prosulfocarb	3200	6	34	18	3	60 c	62 c	85 a	63 c	3 b	72	6,48 a
Diclofop-methyl	900	5	21	11	27	64 c	75 b	0 c	61 c	3 b	74	6,25 a
Chlorsulfuron	15	34	63	13	5	115 d	28 d	50 b	29 d	1 a	73	5,11 b
Testimone non trattato	-	71	54	28	11	163 e	-	-	-	1 a	75	4,55 b

N.B.: Medie seguite da lettere diverse sono significativamente differenti per $P \leq 0,05$ (Test di Scott-Knott).

+ = presenza in tracce; - = assenza.

* = infestanti presenti sporadicamente: Alopecurus myosuroides, Papaver rhoeas, Matricaria chamomilla, Sinapis arvensis e Fumaria officinalis.

soddisfacenti sono stati ottenuti solamente con isoproturon.

Per quanto riguarda le singole infestanti tutti i prodotti di pre-emergenza hanno dimostrato un buon controllo dell'avena selvatica, fatta eccezione per diflufenican + trifluralin e chlorsulfuron; in post-emergenza invece solo isoproturon ha fornito risultati soddisfacenti nei confronti di questa infestante. L'insufficiente controllo dell'avena selvatica da parte del diclofop-methyl è da attribuirsi al fatto che l'infestante era già molto sviluppata al momento del trattamento.

Il loglio è stato controllato in misura superiore al 90% da tutti i trattamenti di pre-emergenza, mentre tra quelli di post-emergenza solo prosulfocarb, diclofop-methyl ed in parte isoproturon si sono dimostrati ugualmente attivi.

Verso la scagliola si sono dimostrati efficaci prosulfocarb, isoxaben + trifluralin, diflufenican + trifluralin e chlorsulfuron in pre-emergenza ed isoproturon in post-emergenza che hanno tutti ottenuto percentuali di controllo superiori all' 80%.

Anche in questa annata un transitorio arresto di sviluppo è stato osservato nelle parcelle trattate con prosulfocarb e diclofop-methyl in post-emergenza, ma senza ripercussioni negative sulla produzione.

In quest'annata nessuna differenza è stata riscontrata nel rilievo delle altezze al raccolto.

Le produzioni di granella, nelle tesi trattate, sono state significativamente più elevate (+ 42%) rispetto al testimone inerbito ad eccezione del trattamento in post-emergenza con chlorsulfuron che, a causa della sua efficacia erbicida piuttosto scarsa, ha determinato produzioni che non si sono statisticamente discostate da quelle del controllo. Altamente significativa, anche in quest'annata, è risultata la correlazione tra produzione e ricoprimento totale ($r=-0,937^{**}$).

Anno 1989-90

L'infestazione di questo anno di sperimentazione (tab. 6) si differenzia dalle annate precedenti per un'elevata presenza di infestanti dicotiledoni: P. rhoeas, Vicia sativa e Sinapis arvensis infatti presentavano ricoprimenti, nel testimone inerbito, rispettivamente pari al 63, 56 e 23 %. Le infestanti graminacee presenti erano Avena spp., L. multiflorum e Phalaris spp. con ricoprimenti sul testimone rispettivamente del 47, 33 e 12 %.

Tra i trattamenti di pre-emergenza nessun prodotto ha dimostrato un'efficacia erbicida particolarmente elevata: infatti nessuno di essi ha efficacemente controllato la veccia, mentre l'avena selvatica è stata controllata solo da isoxaben in miscela con chlortoluron che però si è dimostrato poco attivo nei confronti della scagliola.

Verso la senape selvatica ed il loglio i principi attivi impiegati in pre-emergenza hanno dimostrato tutti un'attività elevata, mentre verso il papavero comune, solo le miscele a base di isoxaben hanno garantito un'efficacia ottimale.

In post-emergenza il prosulfocarb è risultato attivo verso loglio e senape selvatica, mentre isoproturon verso scagliola, loglio, papavero e senape selvatica. Questi due principi attivi, nel complesso, hanno dato comunque risultati piuttosto scarsi nei confronti dell'infestazione mista presente in quest'annata. La bassa attività erbicida totale dell'isoproturon, che nelle annate precedenti era risultato sempre tra i migliori è da attribuire all'eccessivo sviluppo raggiunto dall'avena al momento del trattamento ed all'elevata presenza della veccia che risulta essere poco controllata da questo erbicida.

Le prestazioni dei graminicidi tralkoxidim e diclofop-methyl, sono state saggiate eliminando successivamente (13 marzo) le infestanti dicotiledoni con una miscela di ioxynil + bromoxynil + MCPP. Entrambi i prodotti sono stati impiegati sia a dose piena che a dose dimezzata con aggiunta di un attivante (olio minerale o solfato ammonico), il tralkoxidim, inoltre, è stato utilizzato in due distinte epoche di trattamento (accestimento e levata del frumento). Entrambi i prodotti a dose piena hanno avuto un elevato controllo di tutte le graminacee presenti; a dose dimezzata il tralkoxidim è rimasto a livelli di attività elevati, mentre il diclofop-methyl ha perso efficacia soprattutto verso Phalaris spp. (controllo del 5%) ed in parte verso Avena spp. (controllo del 50-60%).

Anche in quest'annata le altezze del frumento rilevate al raccolto non sono risultate significativamente differenti.

La produzione media delle tesi trattate è risultata del 54% superiore a quella del controllo non trattato e tra i diversi trattamenti si sono evidenziate differenze legate all'efficacia erbicida. Va evidenziato, in particolare, che il ritardo nella distribuzione del tralkoxidim ha portato ad una significativa riduzione (-10%) della produzione, legata alla

Tab. 6. Dati medi su ricoprimento % delle infestanti, efficacia erbicida e dati produttivi. Papiano (Pg), 1989-90.

Principi attivi	Dose/ha (g) di p.a.	Ricoprimento delle infestanti (%)								Efficacia erbicida %			Altezza media (cm)	Produzione t ha ⁻¹ al 13% di Um.	
		Avena spp.	Lolium multifl.	Phalaris spp.	Papaver rheoas	Vicia sativa	Sinapis arvensis	Altre specie***	Totale	Gramin.	Dicotil.	Totale			
PRE-EMERGENZA															
Isoxaben+Chlortoluron	85+1800	1	+	10	-	24	-	-	35 b	88 a	83 b	85 b	80	6,84 a	
Isoxaben+Trifluralin	96+900	39	+	1	+	14	-	1	55 b	56 b	90 a	77 c	80	6,78 a	
Chlorsulfuron	15	56	1	+	11	23	4	4	99 c	37 c	72 c	58 d	82	6,44 b	
Prosulfocarb	4000	14	-	+	50	33	-	8	105 c	85 a	38 d	56 d	80	6,50 b	
Prosulfocarb	3200	11	-	+	63	44	-	4	122 c	88 a	25 e	49 d	80	6,27 b	
POST-EMERGENZA *															
Tralkoxidim	400	-	-	-	-	-	-	-	- a	100 a	100 a	100 a	81	7,27 a	
Tralkoxidim+Olio	200+800	+	-	+	+	-	-	-	+ a	100 a	100 a	100 a	79	7,11 a	
Tralkoxidim**	400	+	-	+	-	1	-	-	1 a	100 a	99 a	100 a	80	6,61 b	
Dicofop-methyl	800	7	-	-	-	-	-	-	7 a	93 a	100 a	97 a	78	7,01 a	
Dicofop-methyl+Solf. amm.	450+10000	19	-	11	-	-	-	+	30 b	67 b	100 a	87 b	80	7,12 a	
Dicofop-methyl+Olio	450+800	23	-	11	-	-	-	-	34 b	63 b	100 a	86 b	81	6,92 a	
Isoproturon	1500	39	-	4	10	34	1	4	92 c	53 b	66 c	61 d	81	6,44 b	
Prosulfocarb	3200	56	6	14	63	38	-	13	190 d	18 c	22 e	20 e	82	6,31 b	
Testimone non trattato	-	47	33	12	63	56	23	4	238 e	-	-	-	80	4,38 c	

N.B.: Medie seguite da lettere diverse sono significativamente differenti per $P \leq 0,05$ (Test di Scott-Knott).

+ = presenza in tracce; - = assenza

* = ai trattamenti con Dicofop-methyl e Tralkoxidim è stato fatto seguire un trattamento con ioxynil+bromoxynil+MCPP (Oxytril M 2,5 l/ha) per il controllo delle infestanti dicotiledoni.

** = Trattamento eseguito durante la fase di levata del frumento.

*** = infestanti presenti sporadicamente: Miagrum perfoliatum e Anthemis spp..

maggior durata del periodo di competizione delle infestanti graminacee verso la coltura. La correlazione tra produzione e ricoprimento è risultata altamente significativa ($r=-0,867^{**}$).

Nelle situazioni pedovegetazionali in cui si è operato si possono trarre le seguenti conclusioni.

Conclusioni

1) Nessuno dei principi attivi, impiegati singolarmente, è riuscito a risolvere il problema infestanti in pre-emergenza. Infatti il chlortoluron si è dimostrato efficace soprattutto nei confronti delle graminacee infestanti (eccetto Phalaris spp.), ma non verso le dicotiledoni; anche il prosulfocarb ha ben controllato le graminacee (soprattutto scagliola e loglio), ma non veccia e papavero; l' isoxaben è stato invece efficace contro gran parte delle dicotiledoni, ma non contro le graminacee e la veccia. Per questo, in presenza di infestazioni miste di graminacee e dicotiledoni, si sono rese necessarie miscele tra principi attivi a prevalente azione graminicida (es. chlortoluron e trifluralin) con altri a prevalente azione dicotiledonica (es. i nuovi diflufenican e isoxaben). Tra queste miscele le più affidabili, per efficacia e costanza d'azione negli anni, sono sembrate: diflufenican + chlortoluron, diflufenican + trifluralin, isoxaben + trifluralin e terbutrina + chlortoluron che hanno garantito percentuali di controllo totale sempre elevate.

2) In post-emergenza il prodotto più affidabile è sembrato l' isoproturon che ha ben controllato le graminacee (pur mostrando talvolta un' efficacia non completa verso la scagliola e verso l' avena selvatica in fase di avanzato sviluppo) e le dicotiledoni eccetto la veccia. Il chlorsulfuron non è stato molto attivo verso le graminacee ed ha ben controllato P. rhoeas, mentre la miscela trifluralin+metoxuron ha controllato parzialmente il loglio e il papavero comune.

I gramincidi diclofop-methyl ed il nuovo tralkoxidim hanno avuto sempre un ottimo controllo delle infestanti graminacee, ma per garantire ottimi risultati produttivi, devono essere miscelati, preceduti o seguiti da un principio attivo dicotiledonica. Il diclofop-methyl ha comunque dimostrato un calo dell' efficacia erbicida in presenza di piante di avena selvatica in fase di accostamento molto avanzato.

3) La dose ad ettaro di tralkoxidim può essere dimezzata, mantenendo costante l' efficacia erbicida, con l' aggiunta di olio

minerale, mentre la riduzione della dose d' impiego del diclofop-methyl in aggiunta a olio minerale o solfato ammonico comporta una riduzione dell' attività verso avena selvatica e scagliola, ma non verso il loglio.

4) Alcuni prodotti (diclofop-methyl, prosulfocarb e chlortoluron) hanno occasionalmente originato problemi di fitotossicità, che però non hanno mai influenzato negativamente le produzioni.

5) Il diserbo ha consentito un incremento produttivo variabile dal 42 al 197% rispetto al controllo non diserbato: questo dimostra come il trattamento, nelle condizioni in cui si è operato, sia comunque indispensabile e conveniente economicamente.

6) Le differenze emerse tra i trattamenti in termini di efficacia erbicida si sono attenuate in termini di produzione: ciò dimostra la capacità del frumento di competere con le infestanti e che, a seconda della flora infestante presente e della sua capacità competitiva, non è sempre necessario eliminare totalmente le malerbe per avere produzioni soddisfacenti.

Bibliografia

- Baldoni G., (1990). Non solo lotta chimica. Terra e Vita, 38, 46-48.
- Covarelli G. e Della Pietà S., (1986). La flora di sostituzione nelle principali colture dovuta al diserbo chimico. La Difesa delle Piante, 9 (2), 133-160.
- Evans L.T., (1973). The effect of light on plant growth, development and yield. Proceedings of the Uppsala Symposium, Ecology and conservation, Plant response to climatic factors, Unesco, 21-35.
- Gates C. E. e Bilbro S. D., (1978). Illustration of a cluster analysis method for mean separation. Agr. Jour., 70, 462-465.
- Giorgi B. e Borghi B., (1991). Produrre più frumento per sfamare l'umanità. Informatore Agrario, 33, 31-32.
- Scott A. J. e Knott M., (1974). A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. Biometrics, 30 (3), 507-512.

- Sgattoni P., Mallegni C., Orsi E. e Kovacs A., (1984). Weeds and herbicides in wheat in Italy. Proc. EWRS, 3rd Symp. on Weed Problems in the Mediterranean Area, 419-426.
- Tei F., (1986). Le graminacee infestanti nella moderna agricoltura: dinamica, problemi e possibili soluzioni. L' Informatore Agrario, 40, 27-39.

COLTURE DI SOSTITUZIONE DEL FRUMENTO DISERBATO CON CHLORSULFORUN, ISOPROTURON, TRIASULFURON E TRIBUNERON-METHYL

STIGLIANI L. (*) e MONTEMURRO P. (').

(*) Metapontum Agrobios - Metaponto (MT)

(-) Istituto di Agronomia e Coltivazioni Erbacee - Universita' di Bari.

RIASSUNTO

Nel biennio 1989-90, su di un terreno limoso-argilloso, e' stata condotta una sperimentazione allo scopo di individuare quali tra le colture di pomodoro, girasole, fagiolo, mais e sorgo siano quelle che possono sostituirsi a frumento diserbato in post-emergenza precoce con chlorsulfuron, isoproturon, triasulfuron o tribuneron-methyl.

Il frumento trattato con tribuneron-methyl puo' essere sostituito trapiantando la coltura di pomodoro o seminando sorgo, mais e girasole, quest'ultimo, pero', solo nel caso in cui siano trascorsi circa 5 mesi dalla distribuzione. Qualora il principio attivo utilizzato sia stato l'isoproturon, l'unica specie che e' possibile seminare e' il sorgo.

Nessuna tra le specie provate, invece, si presta a sostituire il frumento diserbato con chlorsulfuron o con triasulfuron.

SUMMARY

Replacement crops for wheat treated with chlorsulfuron, isoproturon, triasulfuron or tribuneron-methyl were studied.

A two-years trial (1989-90) was carried out on a loam-clay soil to find which crops might replace wheat treated early in post-emergence.

We tested tomato, sunflower, bean, maize and sorghum.

Tomato, mais and sorghum could be cropped after tribuneron-methyl application, while for sunflower sowing was possible only 5 months after herbicide application.

Only sorghum was successful with isoproturon.

None of the crops tested was able to replace wheat sprayed with chlorsulfuron or triasulfuron.

INTRODUZIONE

Qualora una coltura diserbata con un erbicida dotato di attivita' di tipo residuale fallisca a causa di una avversita' meteorica e/o di un attacco parassitario, bisogna porre particolare attenzione nella scelta della specie di sostituzione, tenendo in opportuna considerazione la persistenza di azione del diserbante impiegato.

La scelta della coltura da impiantare dovra', percio', avvenire nell'ambito di quelle che sono in grado di tollerare o non sono sensibili al residuo presente nel terreno, mentre per quelle che possono risentirne bisognera', ovviamente, attendere che l'attivita' dell'erbicida sia terminata.

Questa problematica, nel caso in cui la coltura da sostituire sia il frumento diserbato in autunno, e' stata affrontata da diversi autori (Couvreux et al., 1973 e 1975; Cochet et al., 1977; Jan et al., 1979; Jan e Duhaubois, 1981; Tei e Covarelli, 1988).

Sono pero' carenti le informazioni sull'argomento relativamente agli ambienti dell'Italia meridionale, nei quali, non di rado, si verificano annate molto siccitose che fanno fallire o comunque compromettono seriamente la coltura del frumento.

Si e' ritenuto utile, pertanto, impostare la sperimentazione, di cui si riferisce nella presente nota, scegliendo in particolare erbicidi la cui distribuzione puo' avvenire anche in post-emergenza precoce, epoca di intervento che negli ultimi anni ha cominciato ad essere preferita da un certo numero di agricoltori.

MATERIALI E METODI

La sperimentazione e' stata svolta nelle annate agrarie 1988-'89 e '89-'90, nei campi sperimentali della Metapontum Agrobios in agro di Metaponto (MT), su di un terreno limoso-argilloso, le cui principali caratteristiche chimico-fisiche sono riportate nel prospetto 1.

In ambedue le annate sono stati studiati gli effetti residui di isoproturon e triasulfuron, mentre quelli di chlorsulfuron e tribuneron-methyl rispettivamente nel 1989 e 1990.

Le colture di sostituzione oggetto di studio sono state: mais, girasole, pomodoro, sorgo e fagiolo. Il 21/11/88 ed il 16/11/89 il terreno e' stato preparato come se dovesse essere effettuata la semina del frumento.

I trattamenti con i diserbanti previsti, la cui composizione, unitamente alla dose di impiego e' riportata nel prospetto 2, sono stati eseguiti il 17/1/89 ed il 10/1/90, ipotizzando una loro distribuzione in post-emergenza precoce.

Diluiti in 400 l ha⁻¹ di acqua, gli erbicidi sono stati distribuiti utilizzando una pompa irroratrice munita di ugelli a ventaglio.

La semina (con normali dosi di seme) o il trapianto che ha riguardato solo il pomodoro (5 piante m⁻²) delle specie di sostituzione, e' stata preceduta da una leggera erpicatura alle date riportate nel prospetto 3., dal quale e' possibile desumere altre notizie riguardanti lo svolgimento delle prove.

Per ciascuna coltura era ovviamente presente un controllo non trattato.

Le malerbe emerse nelle parcelle dopo l'impianto delle colture di sostituzione sono state eliminate con periodiche sarchiature e scerbature. In ambedue le annate, per ciascuna prova e per ciascuna coltura, e' stato adottato lo schema sperimentale a blocchi randomizzati con quattro ripetizioni. L'area parcellare e' stata di 9 m², fatta eccezione per le colture di girasole, pomodoro e fagiolo, per le quali stata rispettivamente di 11 - 18 e 6 m².

Allo scopo di stimare eventuali effetti fitotossici, in ogni parcella, su un metro lineare di fila, sono state contate le piante presenti e successivamente ne e' stata determinata la biomassa circa 60 giorni dopo l'impianto delle colture.

ANDAMENTO STAGIONALE

Nel 1989 le temperature medie mensili sono risultate quasi sempre al di sotto di quelle medie pluriennali, in particolar modo nel mese di giugno (-2.3 °C). Nel 1990, invece, sono stati riscontrati generalmente valori al di sopra della media; lo scarto piu' elevato si e' avuto nel mese di febbraio (+2.3).

Per quanto riguarda la piovosità, e' da segnalare il fatto che, in ambedue gli anni, essa e' stata inferiore a quella attesa anche nei mesi successivi ai trattamenti.

RISULTATI

a) Pomodoro

La coltura del pomodoro ha mostrato di risentire negativamente degli effetti residui di clorsulfuron e di isoproturon; la biomassa valutata nelle parcelle in cui erano stati distribuiti questi due erbicidi, infatti, risulta essere significativamente piu' bassa di quella riscontrata nel controllo (tab. 2). Per quanto riguarda il triasulfuron, la fitotossicità nei confronti della solanacea si e' manifestata in modo marcato solamente nel 1990. Nessun effetto negativo, invece, ha fatto registrare il tribuneron-methyl.

b) Fagiolo

Nel fagiolo, notevoli diminuzioni di biomassa sono stati determinati dai residui di clorsulfuron nel 1989 e di tutti gli altri erbicidi nel 1990 (tab. 3), i cui effetti negativi, in questo secondo anno, si sono manifestati anche con significative riduzioni, rispetto al controllo, del numero di piante emerse (dati rilevati, ma non riportati).

c) Girasole

La coltura del girasole non e' risultata danneggiata solo nelle parcelle in cui era stato distribuito il tribuneron-methyl.

Tutti gli altri erbicidi, invece, in ambedue le annate ed in ciascuna delle semine, hanno manifestato sulla composita gli effetti derivanti dai residui presenti nel terreno che sono consistiti in una forte riduzione del numero

di piante emerse (dati non riportati). Di conseguenza si e' determinato un notevole decremento della biomassa formata, i cui valori si sono differenziati significativamente da quelli registrati nel controllo (tab. 2 e 3).

d) **Mais**

L'attivit  residuale di chloresulfuron, nel 1989, e quella di triasulfuron in ambedue gli anni, hanno determinato in entrambe le semine, una fitotossicit  di un certo rilievo sulla coltura del mais.

Anche dove e' stato impiegato isoproturon, il cereale ha subito effetti depressivi nell'accrescimento, effetti che sono risultati di notevole entit  nel 1990, e nell'anno 1989 solo nella semina effettuata 94 giorni dopo il trattamento. Piu' attenuati, infatti, sono apparsi gli effetti negativi che sono stati riscontrati nel 1989 quando la coltura e' stata impiantata a distanza di 132 giorni dalla distribuzione dell'erbicida.

I valori di biomassa registrati in questa semina, infatti, non differiscono statisticamente da quelli rilevati nel controllo non trattato. L'unico principio attivo che non e' sembrato aver lasciato nel terreno un residuo in grado di danneggiare il mais, e' stato il tribuneron-methyl.

Dai dati che sono stati riportati nelle tabelle 2 e 3 si evidenzia come i valori della biomassa del mais non risultino statisticamente diversi da quelli registrati nel controllo non trattato.

e) **Sorgo**

Arrossamenti particolarmente vistosi nelle parcelle trattate precedentemente con chloresulfuron e pi attenuati in quelle in cui era stato distribuito triasulfuron, hanno evidenziato visivamente la grande sensibilit  della coltura del sorgo ai residui di questi due erbicidi che, naturalmente si e' manifestata anche con notevoli riduzioni nell'accrescimento.

Come si puo' rilevare dai dati delle tabelle 2 e 3, i valori della biomassa registrati nelle parcelle in cui erano stati distribuiti questi due diserbanti, sono notevolmente ridotti al confronto con quelli del controllo.

Nessuna influenza negativa, invece, sembra aver determinato sulla coltura l'attivit  residuale di isoproturon e di tribuneron-methyl, in ambedue gli anni e indipendentemente dalla data di semina.

CONCLUSIONI

La sperimentazione che e' stata realizzata permette di formulare alcune considerazioni conclusive sulle possibili colture di sostituzione del frumento diserbato in post-emergenza precoce, che possono essere ritenute valide soprattutto in situazioni pedoclimatiche analoghe a quelle in cui si e' operato.

Alla luce dei risultati ottenuti, nel caso in cui il diserbante impiegato sia stato l'isoproturon, puo' essere seminato il sorgo ma non il fagiolo, il girasole o il mais, ne' trapiantato il pomodoro.

Nessuna delle specie provate sembra, invece, sia possibile sostituire al frumento qualora per il suo diserbo siano stati impiegati chlorsulfuron o triasulfuron.

Infine, anche se i dati sono frutto di un solo anno di prova e richiederebbero ulteriori conferme, qualora sia stato utilizzato il tribuneron-methyl, possono essere ritenute come possibili specie di sostituzione il pomodoro, il sorgo, il mais ed il girasole, quest'ultimo, pero', solo se sono trascorsi almeno 5 mesi dalla distribuzione, mentre e' da evitare la scelta del fagiolo.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano i Sig.ri, Giannantonio A. e Ricchiuto B., tecnici della Metapontum Agrobios, per la collaborazione data nello svolgimento delle prove.

BIBLIOGRAFIA

- COCHET, J.C., PELLOT, P. E JAN, P., 1977. Possibilite' de reimplantation au printemps d'une parcelle de cereale detruite accidentellement apres un traitement herbicide d'automne. C.R. 9e' Conf. du COLUMA, 1, 3-14.
- COUVREUR, F., BOUCHET, F. E MAUMENE, J., 1973. Etude des possibilites de reimplantation d'une parcelle de cereale detruite apres un traitement herbicide d'automne. C.R. 7e' Conf. du COLUMA, 1, 53-60.
- COUVREUR, F., INGOAT, G. E COCHET, J.C., 1973. Etude des possibilites de reimplantation au printemps d'une parcelle de cereale detruite ac-

cidentallement apres un traitement herbicide d'automne. C.R. 8e' Conf. du COLUMA, 1, 43-50.

JAN, P., COCHET, J.C. E ADOR, J., 1979. Possibilites de semis, au printemps, apres une cereale d'automne preablement desherbee. C.R. 10e' Conf. du COLUMA, 1, 315-327.

JAN, P. E DUHAUBOIS, R., 1979. Ressemis du cultures de printemps aprs une cereale d'automne desherbee. Proc. EWRS Symp. Theory and Practice of the Use of Soil Applied Herbicide, 238-245.

TEI, F. E COVARELLI, G., 1988. Colture di sostituzione del frumento diserbato con chlorsulfuron, isoproturon e neburon. ATTI Giornate Fitopatologiche, 1988, 3, 155-164.

Prospetto 1 - Principali caratteristiche del terreno.

Sabbia	(2 > 0 > 0.02 mm) (%)	7.20
Limo	(0.02 > 0 > 0.002 mm) (%)	48.26
Argilla	(0 < 0.002 mm) (%)	44.54
Azoto totale	(met. Kjeldal) (mg/100g)	0.16
Fosforo assimilabile	(met. Olsen) (ppm P)	40.60
Potassio scambiabile	(meq/100g)	0.84
Sostanza organica	(%)	1.56
pH	(in H2O)	8.25

Prospetto 2 - Dose d'impiego e composizione chimica degli erbicidi usati

Principio attivo	Dose di p.a (g o ml ha -1)	Composizione chimica
Chlorsulfuron	15	2 cloro-N-[(4-methoxy-6-methyl-s triazin-2-yl)aminocarbonil]-benzensulfonamide
Isoproturon	1360	3-(4-isopropilfenil)-1, 1 dimethylurea
Triasulfuron	9	3-(6-methoxy-4 methyl-1,3,5-triazin-2-yl)-[2-(2-chloroethoxy)-phenylsulfonyl]-urea
Tribuneron-methyl	11.2	Methyl 2-[[[N-(4-methoxy-6-methyl-1,3,5-triazin-2-yl-N-methylamino)carbonyl]amino sulfunonyl]benzoate

Prospetto 3 - Notizie sulla conduzione delle prove.

Data di semina o di trapianto	giorni dal trattamento	Coltura	Varieta'	Vol. irriguo totale (m ³ /ha)
21/04/89	94	Mais Sorgo	Orfeo NK180	800
07/05/90	117	Girasole Pomodoro	Romsum HS90 Bandera	1000
29/05/89	132	Mais Sorgo	Orfeo NK180	1000
06/06/90	147	Girasole Fagiolo	Romsum HS90 Taylor's h.	1200

Tabella 1 - Temperature medie mensili, precipitazioni totali mensili e relativi scarti dalle medie pluriennali (1981-1988).

Mese	1989				1990			
	Temp. (°C)	Scarti	Pioggia (mm)	Scarti	Temp. (°C)	Scarti	Pioggia (mm)	Scarti
Gen	6.54	-1.5	18.60	-7.3	7.66	-0.3	6.40	-19.5
Feb	8.18	-0.1	4.40	-41.2	10.51	+2.3	22.80	-22.8
Mar	11.06	+0.6	18.00	-37.2	12.29	+1.2	32.20	-23.0
Apr	12.92	-0.5	34.60	+3.1	13.87	+0.4	33.40	+1.9
Mag	15.72	-1.9	42.40	+12.4	18.56	+0.9	44.20	+14.2
Giu	19.19	-2.3	58.80	+40.6	22.35	+0.9	2.20	-16.0
Lug	23.41	-1.4	40.60	+19.9	25.60	+0.8	8.80	-11.8
Ago	23.83	-1.1	8.40	-2.2	24.81	-0.1	14.20	+3.6

Tab. 2 - Biomassa (% rispetto al controllo non trattato) delle colture seminate o trapiantate (pomodoro) 94 (1989) e 117 (1990) giorni dopo i trattamenti (1)

	C O L T U R E D I S O S T I T U Z I O N E							
	Pomodoro		Girasole		Mais		Sorgo	
E R B I C I D I	1989	1990	1989	1990	1989	1990	1989	1990
Controllo non trattato	100A	100A	100A	100A	100A	100a	100A	100a
Chlorsulfuron	4C	-	3B	-	3C	-	16B	-
Isoproturon	46B	17B	16B	9B	77B	42b	107A	59ab
Triasulfuron	87AB	54B	20B	10B	75B	39b	32B	31b
Tribuneron-methyl	-	98A	-	42B	-	94a	-	93a

(1) I valori non aventi in comune alcuna lettera od una delle lettere comprese tra gli estremi sono significativamente diversi allo 0.05 P (lettere minuscole) ed allo 0.01 P (lettere maiuscole).

Tab. 3 - Biomassa (% rispetto al controllo non trattato) delle colture seminate 132 (1989) e 147 (1990) giorni dopo i trattamenti (1).

	C O L T U R E D I S O S T I T U Z I O N E							
	Fagiolo		Girasole		Mais		Sorgo	
E R B I C I D I	1989	1990	1989	1990	1989	1990	1989	1990
Controllo non trattato	100a	100A	100A	100A	100A	100a	100a	100a
Chlorsulfuron	40b	-	16B	-	2C	-	8b	-
Isoproturon	70ab	15B	64B	39B	74AB	49b	101a	62ab
Triasulfuron	59ab	21B	16B	8B	24C	27b	35b	33b
Tribuneron-methyl	-	49B	-	85A	-	97a	-	101a

(1) I valori non aventi in comune alcuna lettera od una delle lettere comprese tra gli estremi sono significativamente diversi allo 0.05 P (lettere minuscole) o allo 0.01 P (lettere maiuscole).

SISTEMA ESPERTO PER IL DISERBO CHIMICO IN POST-EMERGENZA DEL FRUMENTO.

STIGLIANI L. (*), MONTEMURRO P.(¹) e RESINA C. (*)

(*) Metapontum Agrobios - Metaponto (MT)

(¹) Istituto di Agronomia e Coltivazioni Erbacee - Università di Bari.

RIASSUNTO

SELM/fru (Sistema Esperto per la Lotta alle Malerbe del frumento) e' un prototipo avanzato di Sistema Esperto per il diserbo chimico in post-emergenza del frumento.

Il sistema, basandosi su variabili quali le specie infestanti, la fase fenologica del frumento e dell'infestante, la loro differenza in altezza e la soglia, individua le malerbe pericolose e seleziona i principi attivi ottimali per quella data situazione.

SELM/fru e' una procedura che ripercorre, passo per passo, il ragionamento che un esperto seguirebbe per decidere un intervento chimico.

SELM/fru indica se il trattamento e' o meno opportuno, suggerisce prima tutti i principi attivi utilizzabili, tenendo conto della sensibilita' delle varieta', e poi quelli strettamente necessari, fornendo, in seguito, anche i relativi prodotti commerciali con le caratteristiche piu' salienti.

SUMMARY

SELM/fru an advanced prototip of Expert System for post-emergence weed management of wheat crop is presented.

SELM/fru is based on field surveys of many variables such as: weed species density estimation, crop and weed development stage and height.

In addition, the system evaluates, for a specific situation, the actual competitive weeds and, consecutively, provides the most suitable advice.

The SELM/fru system is a step-by-step problem solving procedure closely resembling that which a weed expert would follow.

SELM/fru suggests whether or not to intervene, indicates chemical as well as mechanical weed control solutions, selects the best herbicides, their commercial formulations, the right dosage and other important information.

INTRODUZIONE

Le applicazioni dei sistemi computerizzati nel campo agricolo sono piuttosto recenti ed ancor di più lo sono quelle dei sistemi esperti.

Un sistema esperto può essere definito come "un programma che possiede una vasta base di conoscenza su un dominio ristretto, e che usa un ragionamento inferenziale complesso per compiere attività che potrebbero essere svolte da un esperto umano (Welbank, 1983).

Sebbene i sistemi esperti permettano di affrontare problematiche quali la previsione, la pianificazione, il controllo, l'interpretazione di dati e la diagnosi, la prevalenza di quelli sviluppati in agricoltura riguarda soprattutto quest'ultimo aspetto, con applicazioni nel campo della difesa (Doluschitz and Schmisser, 1988; Resina et al., 1989).

I primi esempi risalgono al 1982-83 con PLANT/ds, PLANT/cd e COMAX rispettivamente per la diagnosi delle malattie della soia, per la previsione di danni da *Agrotis Ipsilon* in mais e per la gestione delle operazioni colturali nei meleti.

Riguardo alla lotta alle malerbe, i primi sistemi computerizzati sono stati sviluppati per il controllo integrato nella barbabietola (Aarts et al., 1986), per il controllo chimico in diversi tipi di terreni: WEEDS con utilizzo didattico (Linker et al., 1990), per la convenienza economica del controllo delle infestanti nella barbabietola (Shribbs et al., 1990) e per il loro riconoscimento nelle colture: MALHERB (Lonchamp et al., 1991).

Per quanto concerne i sistemi esperti, due sono quelli di cui si ha notizia e precisamente PLANT/m, per il riconoscimento delle malerbe nei tappeti erbosi (Fermanian et al., 1985) e NOWEED, un prototipo avanzato per il controllo chimico delle infestanti nei cereali, nella barbabietola e nel mais (Resina et al., 1989).

Il sistema esperto SELM/fru di cui si riferisce nel presente lavoro rappresenta uno ampliamento di NOWEED, sviluppato sempre presso la Metapontum Agrobios, di cui e' un ulteriore prototipo che riguarda in particolare il diserbo chimico in post-emergenza del frumento. L'intento con cui esso e' stato ideato e' quello di fornire suggerimenti utili nella scelta degli erbicidi per una loro razionale gestione.

MATERIALI E METODI

Ambiente di sviluppo.

1. Hardware

Rispetto al precedente prototipo NOWEED, realizzato su Personal Computer, il SELM/fru e' stato sviluppato e testato in un ambiente molto sofisticato quale il VAX DIGITAL 6310, che permette di gestire piu' agevolmente una Base di Conoscenza piu' ampia.

2. Software

Il principale software utilizzato e' stata la shell NEXPERT OBJECT. Questa shell e' stata scelta per la sua flessibilita' e la sua capacita' ad interfacciare direttamente con il linguaggio di programmazione C e con diversi tipi di data base relazionali.

Per la gestione dei dati statici, che nel NOWEED era effettuata dal D.B.M.S. (Data Base Management System) ORACLE, e' stato utilizzato il D.B.M.S. RDB VMS. Per lo sviluppo delle applicazioni e' stato usato il RALLY dell' RDB VMS.

Acquisizione della conoscenza

L'essenza del sistema e' la Base di Conoscenza che include due parti: una statica e l'altra dinamica (Schema 1).

La parte statica (data base), che serve per rappresentare la realta' e quindi tutti gli elementi che definiscono il problema specifico, e' stata sviluppata

utilizzando dati bibliografici riguardanti il frumento, le relative infestanti e gli erbicidi (Pignatti, 1982; Rapparini, 1986; Fabricatore Amici, 1988; Muccinelli, 1990).

La parte dinamica (regole di conoscenza), mediante la quale e' possibile esprimere linee di ragionamento, e' basata sulla conoscenza scientifica ed empirica derivata da esperti del dominio.

L'acquisizione della conoscenza e' avvenuta discutendo ampiamente del problema con l'esperto, o ponendolo di fronte ad ipotetici casi, o , ancora, facendogli interviste specifiche.

In particolare, la formalizzazione delle regole e' avvenuta ripercorrendo il ragionamento seguito dall'esperto nella simulazione di casi reali, per arrivare alla decisione e quindi alla scelta degli erbicidi.

Dalle interviste si e' scomposto il processo (ragionamento) nelle diverse componenti; per ogni componente si sono definiti gli obiettivi, gli inputs, gli output e le attivita' coinvolte; successivamente sono state definite le relazioni logiche (es. le prioritari) ed infine le relazioni temporali (la sequenza di esecuzione, i parallelismi ed i loop).

Al fine di avere denominazioni univoche per le infestanti, sia per i nomi latini che per quelli volgari piu' frequenti ci si e' riferiti al Pignatti (1982).

Per quanto riguarda i principi attivi, e' stata utilizzata la denominazione I.S.O. ed infine, per le fasi fenologiche del frumento e delle infestanti sia monocotiledoni che dicotiledoni, ci si e' riferiti agli stadi di sviluppo indicati da Ferrari et al. (Atti S.I.L.M., 1987, Tab 2.13 pag.88).

STEP NEL PROCESSO DI ANALISI DECISIONALE

SELM/fru e' stato disegnato per avere un ruolo di esperto e dare un tipo di guida che non puo' essere sostituita da manuali. La sua capacita' e' quella di dare suggerimenti agli utenti nelle modalita' con cui essi sono abituati a riceverli da un esperto umano.

I principali step in cui e' articolato il sistema possono essere individuati in (Schema 2):

1. Definizione della situazione da esaminare.
2. Valutazione della pericolosita' dell'infestazione.
3. Determinazione dei principi attivi utilizzabili.
4. Scelta dell'insieme minimo ottimale dei principi attivi.
5. Individuazione dei prodotti commerciali.

1. Definizione della situazione da esaminare (fase di input),

Questa prima fase serve a descrivere la situazione osservata in campo, ossia ad acquisire i dati in base ai quali si svolgeranno poi le successive valutazioni.

Il primo passo e' di selezionare la cultivar di frumento interessata, o semplicemente la coltura frumento in generale.

In seguito vengono richiesti tutti i dati relativi al rilievo: stadio e altezza della coltura, data di osservazione, data in cui si prevede verra' effettuata la raccolta.

Il sistema chiede, poi, di selezionare le infestanti (mediante il nome botanico o il nome comune piu' diffuso) e notizie riguardanti la fase fenologica, l'altezza e la densita' per metro quadro. In questo step, le regole coinvolte riguardano principalmente:

- l'acquisizione dal data base dei dati relativi al frumento, alle cultivar ed allemalerbe;
- la verifica della congruenza dei dati immessi;
- la possibilita' di correggere i dati suddetti.

2. Valutazione della pericolosita' dell'infestazione.

Questa e' una fase molto importante nel processo di ragionamento del sistema, in quanto serve a determinare l'insieme delle infestanti pericolose che realmente possono ridurre la produzione.

La definizione della pericolosita' e' basata sulla combinazione di piu' parametri quali: il ciclo vegetativo, la classe, lo stadio vegetativo, il portamento, l'altezza e la soglia di intervento (Tab. 1 - Le soglie non reperite in letteratura sono state attribuite dall'esperto).

Le regole implicate in questa fase sono diverse:

a. Regole che confrontano ciclo vegetativo della malerba e della coltura.

Se il ciclo delle infestanti e' annuale, esse vengono identificate come compatibili con la coltura, per essere sottoposte ad ulteriori vagli, mentre, nel caso in cui il loro ciclo sia perenne, vengono definite direttamente pericolose. Il dato relativo al ciclo vegetativo della malerba e della coltura viene fornito dalla banca dati.

b. Regole che definiscono la pericolosità delle singole malerbe.

Queste regole tengono in considerazione diversi parametri riguardanti le malerbe (portamento, stadio fenologico, altezza e soglia di intervento) e la coltura (stadio fenologico e altezza).

- Nel caso le infestanti siano monocotiledoni i parametri sono: la soglia di intervento e lo stadio vegetativo delle malerbe e della coltura.

La malerba viene considerata pericolosa, se è indietro di non meno di tre fasi fenologiche rispetto alla coltura e la sua densità è superiore alla soglia di intervento. Se entrambe od una sola di queste due condizioni non sono verificate l'infestante non viene giudicata pericolosa.

- Nel caso in cui esse siano dicotiledoni i parametri sono: il portamento eretto, l'altezza, la soglia di intervento e lo stadio del frumento.

SELM/fru considera pericolose le malerbe che hanno una densità superiore alla soglia ed una differenza di altezza, fra coltura e malerba, inferiore a 20 cm. Da queste, nel caso la coltura sia superiore allo stadio di secondo nodo, vengono escluse quelle che hanno una differenza di altezza superiore al valore suddetto, indipendentemente dalla loro densità'.

- Nel caso in cui il portamento della malerba sia prostrato, essa viene considerata pericolosa se la sua densità' è superiore alla soglia di intervento e lo stadio fenologico del frumento è maggiore od uguale al valore stabilito (secondo nodo).

- Nel caso in cui delle infestanti siano considerate non pericolose in base ai criteri precedenti, viene sommata la loro densità', distintamente per mono e dicotiledoni; ciascuna viene, poi, paragonata alla soglia della classe (soglia "top": 25 piante per le monocotiledoni e 45 per le dicotiledoni) (Gerowitz et al., 1990). Se la densità' totale è superiore alla soglia top, anch'esse diventano pericolose.

3. Determinazione dei principi attivi efficaci.

A questo punto SELM/fru ricerca nella banca dati i possibili principi attivi registrati che è possibile impiegare in quella determinata fase fenologica e nel cui spettro di azione rientrano le malerbe definite pericolose tenendo

conto del loro stadio e dell'intervallo di sicurezza.

Si ottiene così la lista di tutti i p.a. utilizzabili dai quali vengono detratti quelli che potrebbero determinare sulla varietà da trattare problemi di sensibilità'.

Le regole implicate riguardano in pratica l'interrogazione della banca dati secondo i vincoli precedentemente descritti e la eliminazione, nel caso in cui la cultivar sia sensibile ad alcuni principi attivi, di questi ultimi.

4. Ottimizzazione dei principi attivi.

Ottenuti tutti i possibili principi attivi realmente utilizzabili su quella varietà di frumento, occorre effettuare una ottimizzazione, in modo da poter suggerire l'insieme minimo necessario per coprire tutte le malerbe.

Durante questa fase SELM/fru sceglie mediante controlli multipli i principi attivi che abbiano uno spettro di azione il più possibile complementare.

5. Individuazione dei prodotti commerciali.

La fase finale di SELM/fru consiste nella individuazione dei diversi prodotti esistenti in commercio, contenenti i principi attivi necessari all'intervento chimico.

Con l'elenco dei formulati commerciali, nell'output viene riportata la lista delle case produttrici e/o distributrici, la percentuale dei principi attivi contenuta nei prodotti e le dosi consigliate.

VALIDAZIONE (VERIFICA E TEST)

Durante le varie fasi di sviluppo del sistema vi sono state continue verifiche e test di tipo scientifico e tecnico con l'ausilio di diversi esperti. E' stata valutata la qualità delle decisioni e dei suggerimenti generati e la correttezza del ragionamento, assicurandosi che il sistema fosse rispondente ed interpretasse in maniera appropriata il ragionamento dell'esperto.

In particolare si e' verificata la consistenza del sistema (che non vi fossero conflitti tra le regole o che fossero ridondanti o mancanti) e la sua completezza (non vi fossero conclusioni irraggiungibili, attribuzioni di valori non definiti o

non referenziati) (Harrison, 1991).

- 283 -

E' stato eseguito un controllo delle performance del sistema esperto paragonando i risultati, per tutte le fasi dello sviluppo, con i suggerimenti dell'esperto riguardo a specifiche situazioni.

Ulteriori test sono stati eseguiti, sottoponendo il sistema, una volta completato, a diversi tecnici agricoli con esperienze nel settore, verificandone anche l'interfaccia utente.

RISULTATI E COMMENTI

In conclusione il SELM/fru rappresenta un sistema che permette agli utenti di ottenere suggerimenti, riguardanti i problemi di lotta chimica alle malattie del frumento nella fase di post-emergenza, in tempo reale e di elevata qualita'.

Quest'ultima, infatti, e' frutto del continuo aggiornamento cui il sistema stesso e' sottoposto, sia per quanto riguarda il data base, sia per cio' che concerne le regole di conoscenza.

Poiche' molte informazioni relative al data base sono influenzate anche dalle diverse situazioni pedoclimatiche, il SELM/fru puo' essere messo in grado di rispondere piu' adeguatamente ai quesiti, qualora esistano ulteriori acquisizioni ottenute nel comprensorio in cui il sistema verra' ad essere utilizzato.

In ogni caso il sistema, cosi' come e' strutturato, ha valenza generale, puo' supplire, entro certi limiti l'esperto in sua assenza ed e' di facile consultazione.

A titolo di esempio si riporta nelle pagine seguenti un ipotetico caso di utilizzazione del sistema per individuare i principi attivi ed i relativi prodotti commerciali, nel caso di una coltura di frumento duro infestata da morio e dicotiledoni.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano il dr. Vanadia per suggerimenti agronomici circa lo sviluppo del sistema esperto, la dr.ssa Basile per la progettazione della banca dati, il sig. Santospirito per l'implementazione delle procedure di gestione della stessa, il sig. Cardinale per lo sviluppo informatico del sistema ed il sig. Giannantonio per aver contribuito al reperimento dei dati presenti in letteratura, tutti dipendenti

della Metapontum Agrobios.

BIBLIOGRAFIA

- DOYLE C.J., COUSENS R.D. AND MOSS S.R. 1986. A model of the economic controlling *Alopecurus myosuroides* Huds. in winter wheat. *Crop Prot.*5:143-150.
- SHRIBBS, J.M., LYBECKER, D.W. AND SCHWEIZER, E. 1990. Bioeconomic Weed Management Model for Sugarbeet (*Beta vulgaris*) production. *Weed Science*, 1990. Volume 38:436-444.
- LINKER, H.M., YORK, A.C. AND WILHITE, D.R.JR. 1990. WEEDS - A System for developing a Computer-based Herbicide Recommendation Program. *Weed Tecnology*. 1990. Volume 4:380-385.
- RESINA, C., VANADIA, S., BASILE, G., LONGO, A., STIGLIANI, L. 1989. NOWEED: Sistema Esperto per il controllo delle malerbe. Atti del "7Simposio Chimica degli Antiparassitari. Agricoltura e Informatica" Piacenza 8 e 9 giugno 1989, 155-176.
- RESINA, C., VANADIA, S., BASILE, G., LONGO, A., STIGLIANI, L. 1989. Data Base sul diserbo chimico. Atti del "7Simposio Chimica degli Antiparassitari. Agricoltura e Informatica" Piacenza 8 e 9 giugno 1989, 141-154.
- CATIZONE, P. 1979. Il diserbo del grano. *Agricoltura e Ricerca*, II, 8, 1979, 62-71.
- COVARELLI, G. 1988. Il problema delle erbe infestanti. *L'Italia Agricola*, n.1, 1988, 101-114.
- COVARELLI, G. E TEI, F. 1987. Diserbo del frumento tenero in post-emergenza: I. Controllo delle malerbe dicotiledoni. *Rivista di Agronomia*, n.21, 1987, 315-320.
- COVARELLI, G. E TEI, F. 1987. Diserbo del frumento tenero in post-emergenza: II. Controllo delle malerbe graminacee. *Rivista di Agronomia*, n.21, 1987,

321-324.

- COVARELLI, G. ET AL. Le erbe infestanti: fattore limitante la produzione agraria. Atti del IV Convegno S.I.L.M. 1983, 104 pp.
- RADOSEVICH, S. and HOLT, J. Weed Ecology. Ed. Wiley Interscience, 1984, 265 pp.
- DUKE, O.S. 1985. Weed Physiology. Vol 1. Reproduction and Ecophysiology. Ed. CRC Press, 1985, 165 pp.
- ERNST, C.J., 1988. Management Expert System. Ed. Addison-Wesley, Reading, MA, 210 pp.
- WATERMAN, D.A., 1986. A Guide to Expert System. Ed. Addison-Wesley, Reading, MA, 419 pp.
- WELBANK, M., 1983. A Review of knowledge acquisition techniques for expert systems. British Telecommunications Research Laboratories Technical Report, Martlesham Heath, Ipswich, England, 1983.
- DOLUSCHITZ, R. and SCHMISSEUR, W.E., 1988. Expert Systems: applications to agriculture and farm management. Computers and electronics in agriculture, no. 2, 1988, 173-182.
- FERMANIAN, T.W. et al., 1985. An expert system to assist turfgrass managers in weed identification. Summer Computer Conference, 22-24 July, Chicago, 1985. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI, 499-502.
- JONES, M.J., 1988. Counsellor, a cereal disease advisory program. First International Workshop, Application of Artificial intelligence to agricultural, agrochemical & food industries, Caen, Sept. 29-30, 1988, pp. 182-188.
- MCKINION, J.M. and LEMMON, H.E., 1985. Expert System for Agriculture. Computer and Electronics in Agriculture, 1 (1985) 31-40.
- PIGNATTI, S., 1982. Flora d'Italia, 3 vol. Ed. Edagricole, pp. 780.

- Glossary of Common Names and Abbreviation of Herbicides. *Weed Research*, 1989, Vol. 29, 461-466.
- RAPPARINI, G., 1986. I Diserbanti. Ed. L'Informatore Agrario, 173 pp.
- RAPPARINI, G., 1989. Il trattamento di post-emergenza reso piu' difficile dall'andamento stagionale. *L'Inform. Agrario*, 5/89, 73-89.
- RAPPARINI G., 1991. Cambio di rotta anche nel diserbo di post-emergenza dei cereali vernini. *L'Inform. Agrario*, 5/91.
- FABRICATORE AMICI, J., 1988. Sostanze Attive Autorizzate in Agricoltura, ovvero, La Difesa delle Piante nel Rispetto dell'Uomo e dell'Ambiente. 517 pp.
- MUCCINELLI, M., 1987. Prontuario dei Fitofarmaci. Quinta edizione, Edagricole, 646 pp.
- GEROWITT, B. AND HEITERFUSS, R., 1990. Weed economic thresholds in cereals in the Federal Republic of Germany. *Crop Protection* Vol.9 October 1990, 323-331.
- WILSON, J.B. AND WRIGHT K.J., 1990. Predicting the growth and competitive effects of annual weeds in wheat. *Weed Research*, 1990, Volume 30, 201-211.
- AART, H.F.M., DEKKER, W.A. AND DE VISSER, C.L.M., 1986. A Computerised system for integrated weed control in sugarbeet. I.I.R.B. Congress - 12-13 February 1986.
- STREIBIRG, J.C., COMBELLACK, J.H., PRITCHARD, S.H., RICHARDSON, R.G., 1989. Estimation of threshold for weed control in Australian cereals. *Weed Research*, 29, 117-126, 1989.
- CAUSSANEL J.P., 1986. Biological threshold assessment and postemergence weed control in wheat, corn and tomato. In: *Weed Control in Vegetable Production - Proceeding of a Meeting of EC Experts' Group/ Stuttgart* 28-31 October 1986.

CHAMP, J. F., BARRALIS, G., GASQUEZ, J., JAUZEIN, P., KERQUELEN, M., LE CLERCH, J. ET MAILLET, J. MALHERB, logiciel de reconnaissance des mauvaises herbes des cultures: approche botanique. Weed Research, 1991, Vol. 31, 237-245. Tabella 1 - Infestanti del frumento immesse nel data base del sistema.

D A T I I N I N P U T

C O L T U R A : FRUMENTO

C U L T I V A R : CRESO

D A T A D I O S S E R V A Z I O N E : MARZO 1991

S T A D I O : II NODO

A L T E Z Z A : 35 cm

D A T A D I R A C C O L T A : GIUGNO 1991

M A L E R B E

N O M E B O T A N I C O / V O L G A R E
(DA SELEZIONARE IN UNA LISTA)

- | | |
|------------------------|-----------------------|
| 1) POA SPP | FIENAROLA |
| 2) AVENA FATUA | AVENA SELVATICA |
| 3) POLYGONUM AVICULARE | CORREGGIOLA |
| 4) SINAPIS ARVENSIS | SENAPE SELVATICA |
| 5) LAMIUM PURPUREUM | FALSA ORTICA PURPUREA |
| 6) CIRSIUM ARVENSE | STOPPIONE |

	STADIO	DENSITA' (n/mq)	ALTEZZA (cm)
1)	INIZIO ACCESTIMENTO	4	8
2)	COMPARSА ULTIMA FOGLIA	12	45
3)	10 O PIU' FOGLIE VERE	35	15
4)	10 O PIU' FOGLIE VERE	4	40
5)	4 FOGLIE VERE	15	7
6)	10 O PIU' FOGLIE VERE	8	40

O U T P U T

S I S T E M A E S P E R T O SELM/fru

In Febbraio 1991 sono state raccolte le seguenti informazioni:

1. E' in corso la coltura FRUMENTO CRESO
 2. Essa si trova allo stadio di: II nodo (piena levata)
 4. La coltura in corso appartiene alla classe monocotiledone
- Inoltre si prevede di raccogliere la coltura in Giugno 1991

IL SISTEMA HA ELABORATO COME SEGUE LE INFORMAZIONI RELATIVE ALLE MALERBE OSSERVATE:

Malerba osservata: FIENAROLA_ANNUALE

Densita'malerbe/mq : bassa

La differenza di altezza fra la coltura in corso e la malerba e' di 27.00 cm.

La malerba e' allo stadio di Inizio accestimento.

Malerba osservata: AVENA_SELVATICA

Densita'malerbe/mq : alta

La differenza di altezza fra la coltura in corso e la malerba e' di -10.00 cm.

La malerba e' allo stadio di Comparsa ultima foglia

Malerba osservata : CORREGGIOLA

Densita'malerbe/mq : alta

La differenza di altezza fra la coltura in corso e la malerba e' di 20.00 cm.

La malerba e' allo stadio di 10 e piu' foglie vere

Malerba osservata : FALSA_ORTICA_PURPUREA

Densita'malerbe/mq : bassa

La differenza di altezza fra la coltura in corso e la malerba e' di 28.00 cm.

La malerba e' allo stadio di Quattro foglie vere

Malerba osservata : SENAPE_SELVATICA

Densita'malerbe/mq : alta

La differenza di altezza fra la coltura in corso e la malerba e' di -5.00 cm.

La malerba e' allo stadio di 10 e piu' foglie vere

Malerba osservata : STOPPIONE

Densita'malerbe/mq : alta

La differenza di altezza fra la coltura in corso e la malerba e' di -5.00 cm.

La malerba e' allo stadio di 10 e piu' foglie vere

IL SISTEMA HA INDIVIDUATO LE MALERBE CHE POSSONO ENTRARE IN COMPETIZIONE CON LA COLTURA ATTUALMENTE IN CORSO PER IL CICLO PERENNALE.

SONO PERICOLOSE LE SEGUENTI MALERBE:

Malerba compatibile : STOPPIONE

Ciclo vegetativo : PERENNE

LA VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' E' BASATA SUI PARAMETRI SEGUENTI

* PORTAMENTO MALERBA (PROSTRATO);

* NUMERO DI MALERBE AL METRO QUADRO (ALTO).

L'INSIEME DELLE MALERBE COSI' DETERMINATO E' IL SEGUENTE:

Nome della malerba : CORREGGIOLA

Classe di appartenenza : DICOTILEDONE

Portamento : PROSTRATO

Densita' metro quadro : alta

LA VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' E' BASATA SU:

* CLASSE BOTANICA

* PORTAMENTO ERETTO DELLA MALERBA

* ALTEZZA DELLA MALERBA E DELLA COLTURA

* DENSITA' (NUMERO DI MALERBE AL METRO QUADRO).

* STADIO DELLA COLTURA

L'INSIEME DELLE MALERBE COSI' DETERMINATO E'

Malerba : SENAPE_SELVATICA

Classe : DICOTILEDONE

Differenza di altezza rispetto alla coltura in cm: 5

Densita' mq della malerba : alta

LA VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' E' BASATA SUI PARAMETRI SEGUENTI:

- * CLASSE BOTANICA
- * STADIO (STADIO COLTURA - STADIO MALERBA = K);
- * DENSITA' (NUMERO DI MALERBE AL METRO QUADRO).

L'INSIEME DELLE MALERBE COSI' DETERMINATO E' IL SEGUENTE:

Malerba : AVENA_SELVATICA
Classe : MONOCOTILEDONE
La malerba e' allo stadio di Comparsa ultima foglia
Densita' mq : alta

PER LE SEGUENTI MALERBE E' POSSIBILE UN TRATTAMENTO D
DISERBO CHIMICO:

AVENA_SELVATICA
SENAPE_SELVATICA
STOPPIONE
CORREGGIOLA

I POSSIBILI PRINCIPI ATTIVI CHE TRATTANO LE MALERBE DEFINITE
PERICOLOSE SONO:

malerba	principio attivo
AVENA_SELVATICA	L_FLAMPROP_ISOPROPY
CORREGGIOLA	DICAMBA
CORREGGIOLA	FLURENOL
SENAPE_SELVATICA	2_4_D
SENAPE_SELVATICA	IOXYNIL
SENAPE_SELVATICA	MCPA
SENAPE_SELVATICA	MCPP
SENAPE_SELVATICA	BROMOXYNIL
SENAPE_SELVATICA	DICAMBA
SENAPE_SELVATICA	DICHLORPROP
SENAPE_SELVATICA	DINOTERB
STOPPIONE	2_4_D
STOPPIONE	FLURENOL
STOPPIONE	DICHLORPROP
STOPPIONE	DICAMBA
STOPPIONE	BROMOXYNIL

I SEGUENTI PRINCIPI ATTIVI RISULTANO EFFICACI SULLE MALERBE
CONSIDERATE PERICOLOSE:

Nome del Principio Attivo: DICAMBA
intervallo di sicurezza: 0.67 mesi
residuo ammesso : 0.1 ppm
persistenza : 3 mesi

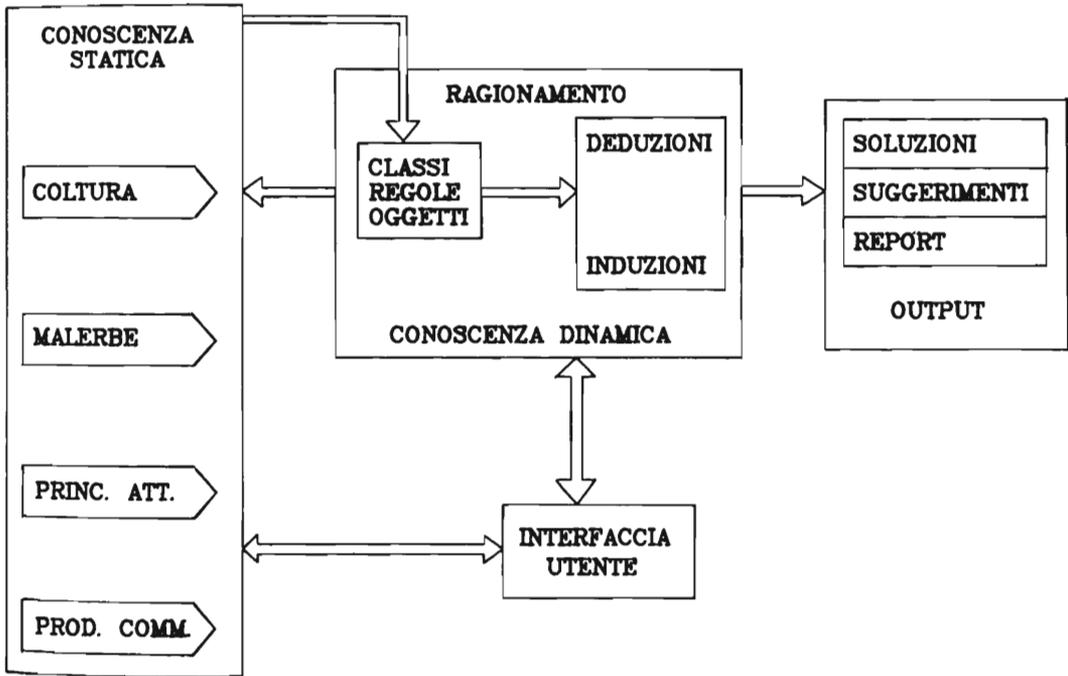
Nome del Principio Attivo: L FLAMPROP ISOPROPYL
intervallo di sicurezza: 0.00 mesi
residuo ammesso : 0.05 ppm
persistenza : 5 mesi

I PRINCIPI ATTIVI PRECEDENTEMENTE SCELTI SONO COSI' PRESENTI
NEI PRODOTTI COMMERCIALI :

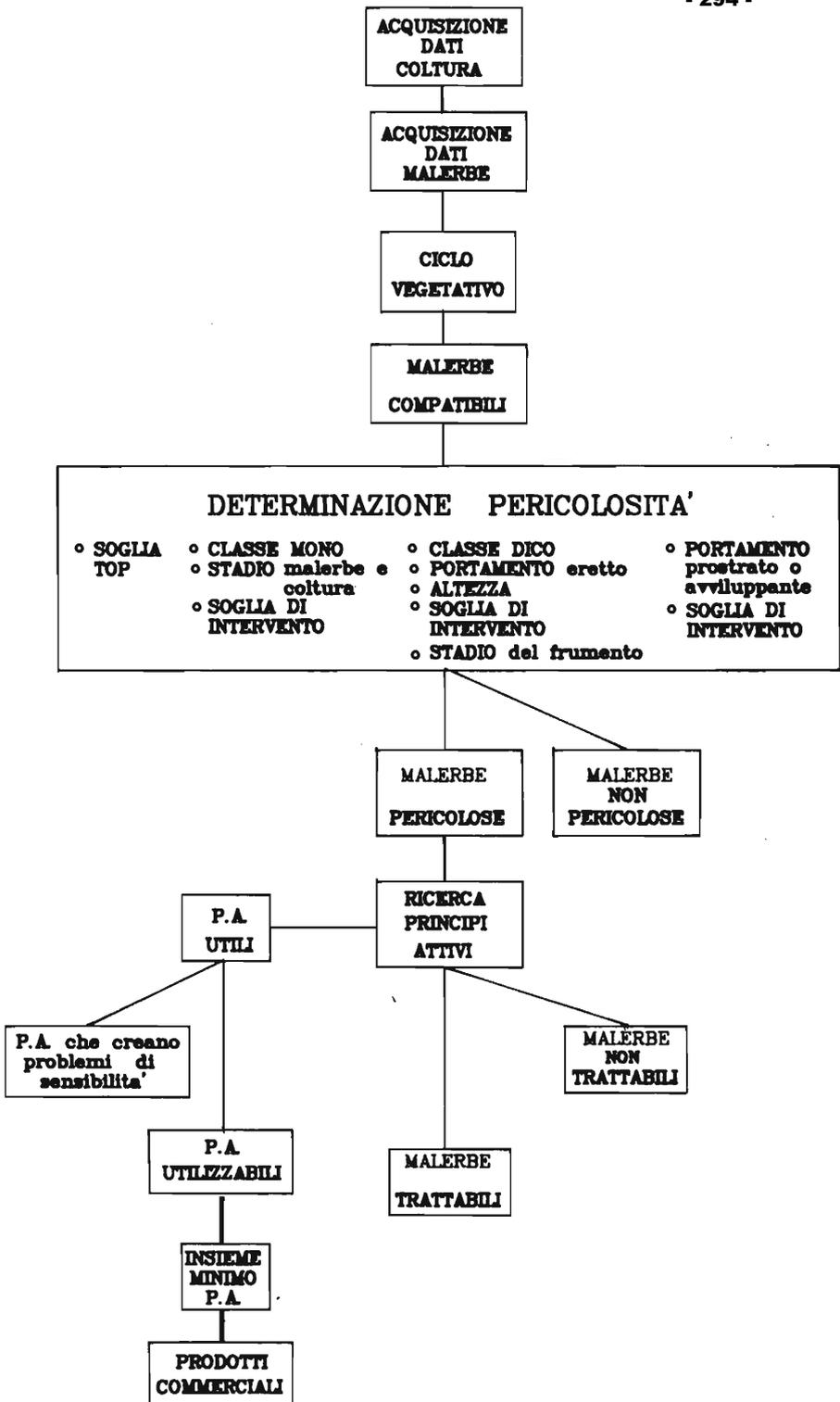
il principio attivo DICAMBA appartiene alla classe
tossicologica III
ed e' contenuto al 21.20 % nel prodotto commerciale: BANVEL
21 S
della SIAPA
dose minima : 0.6 Kg/ha dose massima: 1.5 kg/ha

il principio attivo DICAMBA appartiene alla classe
tossicologica III
ed e' contenuto al 21.20 % nel prodotto commerciale: MONDAK
21 S
della SANDOZ
dose minima : 0.6 Kg/ha dose massima: 1.5 kg/ha

il principio attivo L FLAMPROP ISOPROPYL appartiene alla
classe tossicologica III
ed e' contenuto al 20.85 % nel prodotto commerciale: EFFIX
della SHELL AGRICOLTURA
dose minima : 3.00 Kg/ha dose massima: 3.50 kg/ha



Schema 1. ARCHITETTURA DEL SISTEMA



Schema 2. RAPPRESENTAZIONE DELLA LOGICA DEL S.E. (parte dinamica)

Tabella 1 - Infestanti del frumento immesse nel data base del sistema e relative soglie.

Nome scientifico	Nome popolare piu' frequente	Soglie di infestazione (n/m ²) (1)
<i>Alopecurus myosuroides</i> Hudson	coda di topo dei campi	26 *
<i>Avena fatua</i> L.	avena selvatica	5 *
<i>Lolium italicum</i> A. Braun.	loglio maggiore	25 *
<i>Lolium perenne</i> L.	loglio perenne	10 **
<i>Phalaris brachystachys</i> Link	scagliola cangiante	8 **
<i>Phalaris minor</i> Retz.	scagliola minore	10 **
<i>Phalaris paradoxa</i> L.	scagliola sterile	8 **
<i>Poa annua</i> L.	fienarola annuale	50 **
<i>Anagallis arvensis</i> L.	centonchio dei campi	45 **
<i>Anthemis arvensis</i> L.	camomilla inodore	22 **
<i>Bifora radicans</i> Bieb.	coriandolo puzzolente	10 **
<i>Chrysanthemum segetum</i> L.	crisantemo campestre	5 **
<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	stoppione	3 **
<i>Fumaria officinalis</i> L.	fumaria comune	25 **
<i>Galium aparine</i> L.	attaccamano	2 *
<i>Lamium amplexicaule</i> L.	falsa-ortica reniforme	44 *
<i>Lamium purpureum</i> L.	falsa-ortica purpurea	44 *
<i>Matricaria chamomilla</i> L.	camomilla comune	22 *
<i>Mercurialis annua</i> L.	mercorella comune	10 **
<i>Papaver rhoeas</i> L.	papavero comune	22 *
<i>Polygonum aviculare</i> L.	correggiola	10 **
<i>Raphanus raphanistrum</i> L.	ravanello selvatico	3 **
<i>Senecio vulgaris</i> L.	senecione comune	15 **
<i>Sinapis arvensis</i> L.	senape selvatica	2 **
<i>Sonchus arvensis</i> L.	grespino dei campi	15 **
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	grespino comune	15 **
<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	centocchio comune	26 **
<i>Veronica hederifolia</i> L.	veronica con fg. d'edera	44 *
<i>Veronica persica</i> Poiret	veronica comune	26 *

(1) * da Rapparini
 ** attribuita dal'esperto.

DATI INSERITI

COLTURA : FRUMENTO

- * 31 VARIETA' SENSIBILI
- * 29 MALERBE
- * 70 PRINCIPI ATTIVI
- * 178 PRODOTTI COMMERCIALI

Input da Data Base

Coltura : Classe
Famiglia
Genere
Specie
Varieta'
Ciclo vegetativo
Emergenza
Portamento

Input da tastiera

Coltura : Scelta della coltura attuale
Mese ed anno di osservazione
Mese ed anno di raccolta
Scelta della coltura precedente
Stadio della coltura
Altezza

Input da Data Base

Malerba : Classe
Famiglia
Genere
Specie
Ciclo vegetativo
Emergenza
Portamento
Riproduzione

Input da tastiera

Malerba : Selezione della malerba
Stadio
Altezza
Densita' al m²

Input da Data Base

Input da tastiera

Principi Attivi : Coltura / Cultivar
Stadio Min coltura
Stadio Max coltura
Malerba trattata
Stadio Min malerba
Stadio Max malerba
Intervallo di sicurezza
Dose Min
Dose Max
Classe tossicologica

GESTIONE DELLE INFESTANTI IN POST-EMERGENZA DEL FRUMENTO CON DUE NUOVI PRINCIPI ATTIVI: - TRIBENURON-METHYL E FENOXAPROP-ETHYL -

P. Sgattoni - V. Ticchiati - P. Villani - C. Mallegni
S.I.A.P.A. - Centro Esperienze e Ricerche - Galliera (BO)

INTRODUZIONE

L'evoluzione del diserbo chimico è dettata da necessità di natura agronomica, alla ricerca di sistemi di intervento che riducano i continui squilibri della flora infestante, di natura economica, per ridurre il costo della lotta alle malerbe attraverso lo studio di "soglie di intervento" e "periodi critici" ed infine di natura ambientale (ZANIN e BERTI, 1989).

La necessità di studiare nuove tecniche di diserbo non va tanto finalizzata al semplice raggiungimento di maggiori livelli di efficacia erbicida assoluta ed immediata, quanto piuttosto verso un'ottimizzazione dei risultati con un più razionale uso dei prodotti chimici secondo concetti di "gestione" delle infestanti e non più di semplice "controllo" (SGATTONI et al., 1990).

Una strategia che prevede l'uso di tutti i mezzi a disposizione per mantenere la flora infestante al di sotto del livello di dannosità ed in forma quanto più possibile equilibrata è l'I.W.M.S. = Integrated Weed Management System (SHAW, 1982).

Secondo l'I.W.M.S. un diserbo chimico a bassa pressione di selezione è possibile, tra l'altro, miscelando i pp.aa. e dando la preferenza ai trattamenti di post-emergenza.

Ciò giustifica anche per il diserbo del frumento la ricerca di pp.aa. di post-emergenza a largo spettro d'azione, sufficientemente elastici come epoca d'impiego e dotati di compatibilità fisico-chimica e biologica.

Scopo del presente lavoro è stata la verifica delle possibilità d'impiego di due nuovi pp.aa. in registrazione in Italia per il diserbo di post-emergenza del frumento:

- tribenuron-methyl (p.a. delle E.I. Du Pont de Nemours & Co.), nuova sulfonilurea ad elevata attività su quasi tutte le infestanti dicotiledoni del frumento (FERGUSON et al., 1985 - BASSI et al., 1988);
- fenoxaprop-ethyl (p.a. della Roussel-Hoechst), graminicida a largo spettro (BIERINGER, 1982 - LANDI, 1986) selettivo su frumento tenero e duro nell'apposita formulazione HOE 7113 (CECONI et al., 1990 - MATTIODA et al., 1990), contenente fenclorazol-ethyle (= HOE 70542).

Le possibilità d'impiego di questi pp.aa. per la gestione delle

infestanti in post-emergenza del frumento sono giustificate dal loro largo spettro d'azione, da un assorbimento solo o prevalentemente fogliare, un meccanismo d'azione che si risolve nell'inibizione della crescita delle infestanti, elevata compatibilità fisico-chimica e biologica, bassa persistenza nel terreno con mezza vita di 1 giorno per fenoxaprop-ethyl e tra 1 e 6 giorni per tribenuron-methyl e un favorevole profilo tossicologico (LANDI, 1986 - BASSI et al., 1988).

MATERIALI E METODI

La sperimentazione è stata condotta nel 1990 (4 prove) e 1991 (4 prove). Le caratteristiche delle prove sono riportate nella tab.1:

TAB.1 - CARATTERISTICHE DELLE PROVE

PROVE	LOCALITA'	COLTURA/CULTIVAR	TIPO TERRENO
A-1990	ISPICA-RG	Frumento duro/Creso	medio-argilloso
B-1990	ISPICA-RG	Frumento duro/Creso	medio-argilloso
C-1990	RONCOFREDDO-FO	Frumen.tenero/Centauro	medio
D-1990	CECINA-LI	Frumento duro/Creso	sciolto
E-1991	CAMERANO-AN	Frumento duro/Grazia	medio
F-1991	AGUGLIANO-AN	Frumento duro/Creso	medio-argilloso
G-1991	SERRAVALLE-FE	Frumen.tenero/Centauro	argilloso
H-1991	VIGARANO-FE	Frumento duro/Duilio	medio-argilloso

I diversi protocolli sperimentali adottati sono nelle tabb. 2-3-4 di seguito riportate:

TAB.2 - PROTOCOLLO SPERIMENTALE DELLE PROVE A-B-C-D (1990)

TESI	PRODOTTI	DOSI	
		Kg.-lt/ha f.c.	g/ha p.a.
1.	Fenoxaprop-Ethyl 60g/l EW	2	120
2.	Fenoxaprop-Ethyl 60g/l EW	2,5	150
3.	Fenoxaprop-Ethyl 60g/l EW+	2,5 +	150 +
	Tribenuron-Methyl 75 DF	0,015	11,25
4.	Tribenuron-Methyl 75 DF	0,015	11,25
5.	Controllo non trattato	---	---

TAB. 3 - PROTOCOLLO SPERIMENTALE DELLE PROVE E ed F (1991)

TESI	PRODOTTI	DOSE	
		Kg-lt/ha f.c.	g/ha p.a.
principali			
1.	Fenoxaprop-Ethyl 60g/l EW	2	120
2.	Fenoxaprop-Ethyl 60g/l EW	2,5	150
3.	Fenoxaprop-Ethyl 60g/l EW	3	180
4.	Fenoxaprop-Ethyl 60g/l EW+	2 +	120 +
	Tribenuron-Methyl 75 DF	0,010	7,5
5.	Fenoxaprop-Ethyl 60g/l EW+	2,5 +	150 +
	Tribenuron-Methyl 75 DF	0,015	11,25
6.	Controllo non trattato	---	---
sub.parcelle			
7.	Phalaris a 3-4 foglie		
8.	Phalaris in accestimento		

TAB.4 - PROTOCOLLO SPERIMENTALE DELLE PROVE G (senza sub-parcelle) ed H (1991)

TESI	PRODOTTI	DOSI	
		Kg-lt/ha f.c.	g/ha p.a.
principali			
1.	Fenoxaprop-Ethyl 60g/l EW	1,5	90
2.	Fenoxaprop-Ethyl 60g/l EW	2	120
3.	Fenoxaprop-Ethyl 60g/l EW+	1,5 +	90 +
	Tribenuron-Methyl 75 DF	0,010	7,5
4.	Fenoxaprop-Ethyl 60g/l EW+	2 +	120 +
	Tribenuron-Methyl 75 DF	0,015	11,25
5.	Controllo non trattato	—	—
sub-parcelle			
6.	Alopecurus a 4 foglie		
7.	Alopecurus in accestimento		

Le prove del 1990 sono state impostate secondo lo schema a blocchi randomizzati, quelle del 1991 prevedevano lo schema a parcelle suddivise (split-plot): in entrambi i casi le parcelle erano di 20 mq. con 4 ripetizioni.

I rilievi di efficacia erbicida sono stati eseguiti secondo il metodo EWRC (scala 1-9 con 1=100% efficacia e 9=0% efficacia).

I dati rilevati sono stati sottoposti ad analisi della varianza ed al test di Duncan.

RISULTATI E DISCUSSIONE.

SPERIMENTAZIONE 1990:

Nella Tab.5 sono riportati, per ciascuna prova e relativa data di trattamento, gli stadi di sviluppo della coltura e delle infestanti. I risultati di efficacia sono nelle Tabb. 6/a (infestanti graminacee) e 6/b (infestanti dicotiledoni).

Sono stati saggiati i 4 principali generi di malerbe graminacee del frumento ed alcune delle più diffuse o difficili da controllare tra le dicotiledoni.

Fenoxaprop-ethyl ha mostrato un'elevata attività graminicida già alla dose minore (120 g/ha p.a.) su tutte le specie eccetto il Lolium, che risulta resistente.

La dose più alta (150 g/ha p.a.) migliora l'efficacia in modo statisticamente significativo solo in un caso, su Avena spp trattata a fine accostamento nella prova A.

Tribenuron-methyl, come nelle attese, non manifesta alcuna attività graminicida agronomicamente valida.

Viceversa, mentre Fenoxaprop-ethyl non ha in pratica alcuna azione dicotiledonicida, Tribenuron-methyl si dimostra molto efficace su tutte le dicotiledoni in esame eccetto la Fumaria officinalis (per la quale era necessaria l'aggiunta di bagnante) ed il Galium aparine.

La miscela dei due formulati in esame ha consentito di ottenere la massima efficacia su tutte le infestanti in prova. Su Chrysanthemum segetum e Fumaria officinalis, per le quali tribenuron-methyl richiede l'aggiunta di un bagnante per ottenere la piena efficacia, in alcuni casi la miscela è stata statisticamente migliore rispetto alla sulfonil urea da sola: probabilmente l'azione del bagnante è stata svolta da un coadiuvante presente nella formulazione del fenoxaprop-ethyl.

I rilievi sul n° delle spighe/parcella delle infestanti graminacee confermano i dati EWRC e sono riportati nella fig.1.

In nessuna prova sono stati riscontrati sintomi di fitotossicità.

SPERIMENTAZIONE 1991:

Nella Tab.7 sono indicate le date dei trattamenti ed i corrispondenti stadi di sviluppo di coltura ed infestanti. I risultati di efficacia sono nelle tabb.8 (prove E ed F) e 9 (prove G ed H).

In tutte le prove, eccetto la G, ogni parcella è stata suddivisa in due sub-parcelle trattate in 2 epoche diverse in base allo stadio dell'infestante graminacea (3-4 foglie o in accestimento).

Il trattamento più precoce ha in generale fornito risultati migliori rispetto a quello tardivo: le differenze sono statisticamente significative soprattutto nel caso delle infestanti graminacee.

Tra queste Alopecurus myosuroides si dimostra più sensibile al Fenoxaprop-ethyl a parità di dosaggio rispetto a Phalaris spp.

L'effetto dose è in generale statisticamente significativo sia su Phalaris che su Alopecurus.

Le miscele dei due formulati in esame (tesi 4 e 5) mantengono un'efficacia graminicida nel complesso statisticamente equivalente a quella del Fenoxaprop-ethyl da solo a parità di dosaggio, anche se Tribenuron-methyl sembra deprimere leggermente l'azione su Phalaris ed incrementare quella su Alopecurus.

Fenoxaprop-ethyl + Tribenuron-methyl sia a 120 + 7,5 g/ha p.a. che a 150 + 11,25 g/ha p.a. hanno inoltre consentito un controllo agronomicamente valido di tutte le infestanti dicotiledoni presenti.

Nella fig.2 è riportato il conteggio delle spighe/parcelle di Alopecurus relativo alla prova H, che conferma i risultati già commentati.

La selettività è stata completa in tutte le prove.

CONCLUSIONI

La sperimentazione condotta nel biennio 1990-91 ha dimostrato la validità della miscela Tribenuron-methyl + Fenoxaprop-ethyl nel diserbo di post-emergenza del frumento. I 2 pp.aa. hanno infatti confermato un elevato grado di compatibilità che consente di mantenere nella miscela la piena attività del singolo principio attivo. Anzi, in alcuni casi, la miscela ha fatto registrare un significativo incremento di efficacia.

Le uniche infestanti poco o non controllate sono Lolium spp. e Galium aparine, per le quali va eventualmente prevista l'aggiunta mirata di un terzo p.a. ad attività complementare.

Tenendo inoltre conto che, anche grazie al meccanismo d'azione, i 2 pp.aa. hanno dimostrato una sufficiente elasticità d'impiego potendo giostrare con il dosaggio per ha, si può concludere che Tribenuron-methyl e Fenoxaprop-ethyl si sono dimostrati molto validi per la gestione delle infestanti in post-emergenza del frumento, in un programma integrato che tenga conto degli altri mezzi a disposizione, delle "soglie di intervento" e "periodi critici".

TAB.5 - SPERIMENTAZIONE 1990: data dei trattamenti e corrispondente stadio di sviluppo di coltura e infestanti.

PROVA	A	B	C	D
data trattamento	19.02.90	19.02.90	07.03.90	01.03.90
stadio sviluppo				
COLTURA Frumento	fine accest.	fine accest.	accestimento	fine accest.
GRAMINEAE Alopecurus myos. Avena spp. Lolium spp. Phalaris parad.e brachystachis	fine accest.	accestimento	3-4 foglie accestimento	fien accest. " pieno accestimento
ASTERACEAE Chrysanthemum segetum Matricaria chamomilla	h.30-40 cm.	h.30-40 cm.	6-8 foglie	8-10 foglie
BRASSICACEAE Sinapis arvensis	h.30-50 cm.	h.30-50 cm.	6-8 foglie	
PAPAVERACEAE Fumaria officinalis Papaver rhoeas			8-10 foglie	pre-fioritura
POLYGONACEAE Polygonum aviculare				8-10 foglie
RUBIACEAE Galium aparine			5-6 palchi	

TAB.6/a - EFFICACIA EWRC a T + 40gg. nelle prove A-B-C-D (Infestanti graminacee).

INFESTANTI	Alopecurus myosuroides	Avena spp.		Lolium spp.		Phalaris paradoxa e brachystachis
	(prova C)	(prova A)	(prova B)	(prova C)	(prova D)	(prova D)
1.Fenoxaprop-ethyl 60 g/l EW 2 l/ha	2 a	2,6 b	2,4 a	7,2 b	7 a	3 a
2.Fenoxaprop-ethyl 60 g/l EW 2,5 l/ha	2 a	1,5 a	1,5 a	7 ab	7 a	2,5 a
3.Fenoxaprop-ethyl 60 g/l EW + Tribenuron-methyl 75 DF 2,5 l + 15 g/ha	2 a	2,5 ab	2,8 a	6,2 a	7 a	2,5 a
4.Tribenuron-methyl 75 DF 15 g/ha	7 b	7,7 c	8 b	6,7 ab	8 b	8,2 b
5.Controllo non trattato	9 c	9 c	9 b	9 c	9 b	9 b

TAB.6/b - EFFICACIA EWRC a T + 40gg. nelle prove A-B-C-D (Infestanti dicotiledoni).

INFESTANTI	Chrysanthemum segetum			Matri- caria cham.	Sinapis arvensis			Fuma- ria off.	Papav. rhoeas	Galium apari- ne	Polygo- num avicul.
	(pr.A)	(pr.B)	(pr.D)		(pr.C)	(pr.A)	(pr.B)				
1.Fenoxaprop-ethyl 60 g/l EW 2 l/ha	8 b	8 b	9 c	9 b	7,7 b	8 c	7,5 b	9 c	7,5 b	8 b	8,5 b
2.Fenoxaprop-ethyl 60 g/l EW 2,5 l/ha	8 b	7,8 b	9 c	9 b	7,5 b	8 c	7,5 b	9 c	7,5 b	8 b	8 b
3.Fenoxaprop-ethyl 60 g/l EW + Tribenuron-methyl 75 DF 2,5 l + 15 g/ha	3,2 a	1,5 a	1,5 a	2,5 a	3,2 a	3,2 a	4 a	1 a	4 a	5,7 a	3 a
4.Tribenuron-methyl 75 DF 15 g/ha	2,5 a	2,7 a	2 b	2,5 a	2,7 a	4,2 b	4,5 a	5,2 b	4,5 a	5,7 a	3 a
5.Controllo non trattato	9 b	9 b	9 c	9 b	9 b	9 c	9 b	9 c	9 b	9 b	9 b

TAB.7 - SPERIMENTAZIONE 1991: data dei trattamenti e corrispondente stadio di sviluppo di coltura e infestanti.

PROVA	E		F		G	H	
data trattamento	01.03.91 sub-parcel.7	03.04.91 sub-parcel.8	13.03.91 sub-parcel.7	04.04.9 sub-parcel.8	14.03.91	21.03.91 sub-parcel.7	02.04.91 sub-parcel.8
stadio sviluppo							
COLTURA Frumento	inizio accestimento	levata	accestimento	levata	fine accestim	fine accestimento	levata
GRAMINEAE Phalaris paradoxa e brachyst. Alopecurus myosuroides	3-4 foglie ---	accestimento ---	3-4 foglie ---	accestimento ---	--- fine acc.	--- 4 foglie	--- accestimento
ASTERACEAE Matricaria chamomilla	---	---	4-6 foglie	pieno sviluppo	---	---	---
BRASSICACEAE Sinapis arvensis	---	---	4-6 foglie	pre- fioritura	---	---	---
PAPAVERACEAE Papaver rhoeas	---	---	---	---	6-10 fg.	---	---

TAB.8 - EFFICACIA EWRC a T + 50gg. nelle prove E ed F.

INFESTANTI	Phalaris paradoxa e brachystachis (prova E)		(prova F)		Matricaria chamomilla (prova F)		Sinapis arvensis (prova F)	
	7	8	7	8	7	8	7	8
SUB-PARCELLE								
TESI PRINCIPALI								
1.Fenoxaprop-ethyl 60 g/l EW 2 l/ha	4,1	5,6	4,4	6	8,5	8,5	7,7	7,7
2.Fenoxaprop-ethyl 60 g/l EW 2,5 l/ha	3,8	4,5	3,8	5,1	8,7	8,7	8,2	8,2
3.Fenoxaprop-ethyl 60 g/l EW 3 l/ha	3,2	4	3,2	4,4	8,5	8,5	8	8
4.Fenoxaprop-ethyl 60 g/l EW + Tribenuron-methyl 75 DF 2 l + 10 g/ha	4,7	6,4	5	6,6	3,0	3,5	4	4,5
5.Fenoxaprop-ethyl 60 g/l EW + Tribenuron-methyl 75 DF 2,5 l + 15 g/ha	4,2	5,3	4,6	5,8	2,2	2,5	3	3,2
6.Controllo non trattato	9	9	9	9	9	9	9	9
DMS 0,05 (colonne)	0,90	1,07	1,17	1,31	1,6	1,8	1,40	1,43
DMS 0,05 (righe)	0,59		0,45		0,40		0,25	

TAB.9 - EFFICACIA EWRC a T + 40gg. nelle prove G ed H.

INFESTANTI	Alopecurus myosuroides		Papaver rhoeas (prova G)	
	(prova G)	(prova H)		
SUB-PARCELLE	---	6	7	---
TESI PRINCIPALI				
1.Fenoxaprop-ethyl 60 g/l EW 1,5 l/ha	2	3	4,5	7,5
2.Fenoxaprop-ethyl 60 g/l EW 2 l/ha	1,5	1	4	8,5
3.Fenoxaprop-ethyl 60 g/l EW + Tribenuron-methyl 75 DF 1,5 l + 10 g/ha	2,5	1	4	1,5
4.Fenoxaprop-ethyl 60 g/l EW + Tribenuron-methyl 75 DF 2 l + 15 g/ha	1,5	1	3,5	1
5.Controllo non trattato	9	9	9	9
DMS 0,05 (colonne)	0,42	0,23	0,29	1,10
DMS 0,05 (righe)	---	0,39		---

Fig.1

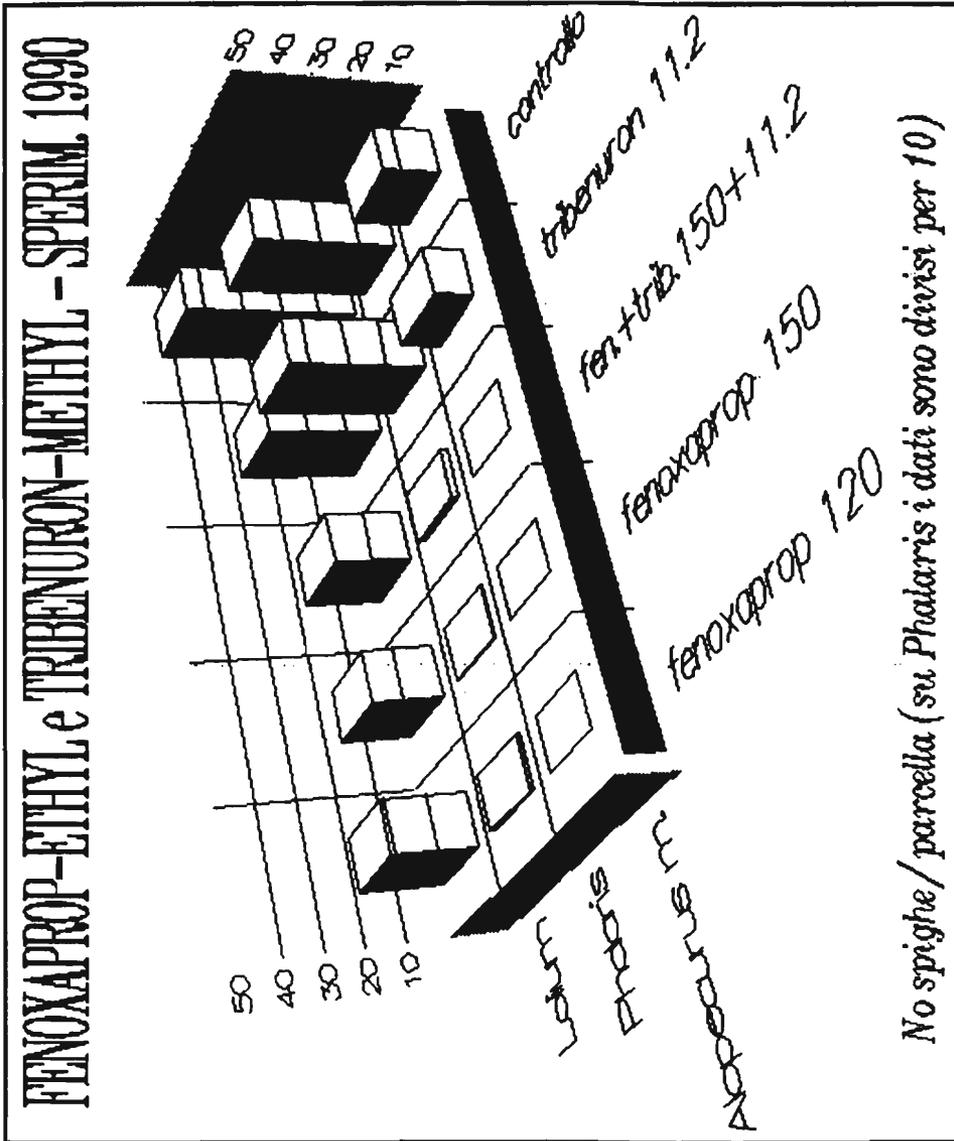
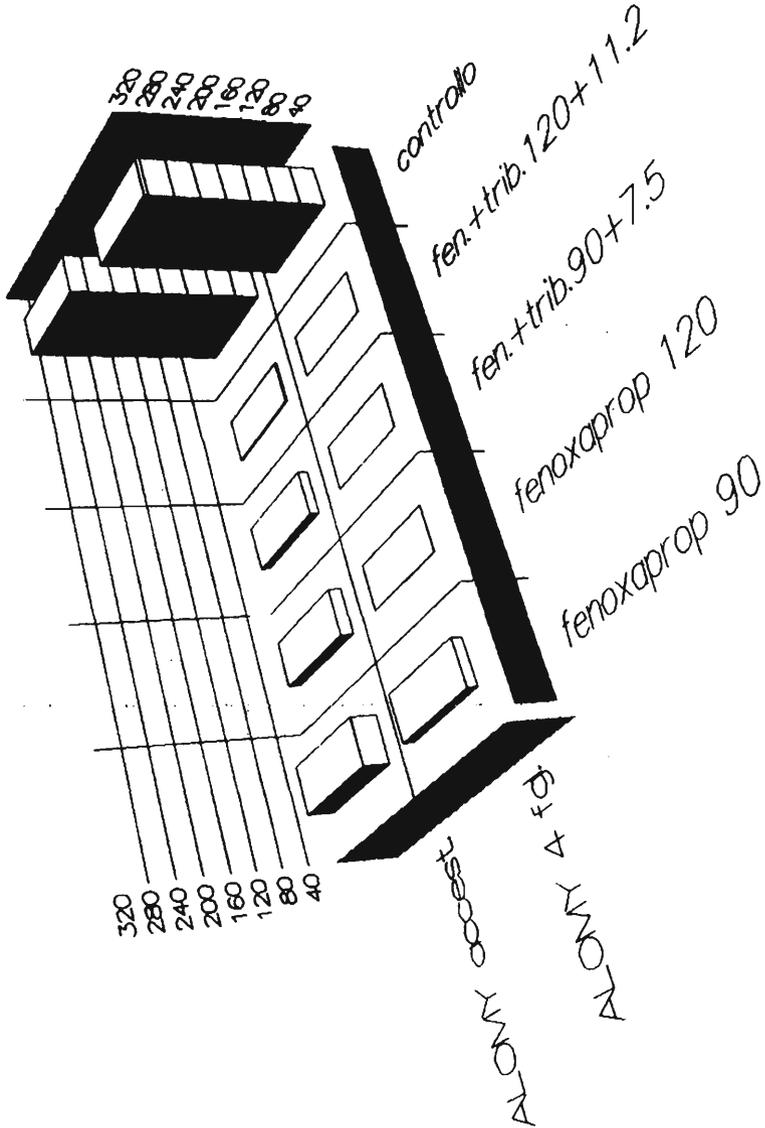


Fig.2

FENOXAPROP-ETHYLE TRIBENURON-METHYL - SPERIMENTAZIONE 1991



No spighe / parcella

BIBLIOGRAFIA

BASSI A., BENCIVELLI A., FABIANI P.G., GAMBERINI C., MASSOSSA W., SALOMONE M.C., TURCHIARELLI V.A.(1988) - GRANSTAR (DPX-L5300)-Nuova sulfolinurea per il diserbo di post-emergenza dei cereali - Atti Giornate Fitopatologiche, 3, 303-312.

BIERINGER H., HORLEIN G., LANGELUDEKE P., HANDTE R.(1982) - HOE 33171 - A new selective herbicide for the control of annual and perennial warm climate grass weeds in broadleaf crops - Proceedings British Crop Protection Conference - Weeds

CECONI C., MONARI M., BUSI L.(1990) - HOE 7113: risultati di selettività su grano e di efficacia contro infestanti graminacee in Italia - Atti Giornate Fitopatologiche, 3, 207-214.

FERGUSON D.T., SCHEHL S.E., HAGEMAN L.H., LEPONE G.E., CARRARO G.A.(1985) - DPX L5300 - A new cereal herbicide - Proceedings British Crop Protection Conference - Weeds, 1, 43-48.

LANDI G.(1986) - Fenoxaprop-ethyl (FURORE), nuovo erbicida graminicida selettivo per colture dicotiledoni - Atti Giornate Fitopatologiche, 3, 277-280.

MATTIODA H., DELASSUS C., GARNIER P.,GAVANIER G.(1990) - Le Fenoxaprop-ethyl et le Fenoxaprop-p-ethyl interet pour le desherbage antigraminées des bles - Compte Rendu 14ème Conference du Columa, 1, 43-51.

SGATTONI P., VILLANI P., TICCHIATI V., AROSIO F., MALLEGNI C.(1990) - Possibilità di riduzione delle dosi nel diserbo di post-emergenza della barbabietola da zucchero: risultati sperimentali e considerazioni tecniche - Informatore Fitopatologico, 7-8, 39-43.

SHAW W.C.(1982) - Integrated Weed Management System Technology for Pest Management: Weed Science, n.30 (supplement), 2-12.

ZANIN G., BERTI A.(1989) - Per una sempre migliore razionalizzazione degli interventi chimici - Atti Convegno S.I.L.M.-Il diserbo delle colture agrarie: attualità e prospettive, 119-145.

Ringraziamenti

Si ringraziano per la collaborazione le Società Du Pont Conid ed Hoechst.

Finito di stampare
nel mese di ottobre 1991
da Guerra guru - Perugia