

• LE MISURE DA ATTUARE PER CONTRASTARLA SECONDO IL GIRE

L'evoluzione della resistenza del papavero agli erbicidi

I casi accertati nei confronti degli erbicidi inibitori dell'ALS e del 2,4-D, entrambi utilizzati nel grano duro

Numerose esperienze hanno dimostrato che l'uso ripetuto di erbicidi aventi lo stesso meccanismo d'azione, specialmente quelli con un sito d'azione molto specifico, e la standardizzazione della tecnica colturale nello spazio e nel tempo favoriscono la selezione di popolazioni resistenti agli erbicidi stessi (Devine e Shukla, 2000; Powles e Shaner, 2001; Sattin, 2005).

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

Una volta che la resistenza è apparsa, la sua diffusione è influenzata dall'interazione tra sistema colturale e caratteristiche biologiche ed ecologiche della malerba interessata (ad esempio sistema riproduttivo, prolificità, longevità e metodo di dispersione dei semi, adattabilità detta anche fitness).

La situazione in Italia

In Italia la resistenza è comparsa con ritardo rispetto agli altri Paesi ad agricoltura avanzata ed a tutt'oggi, con poche eccezioni, la sua estensione è ancora piuttosto limitata. È necessario tuttavia vigilare al fine di evitare la selezione di



La resistenza del papavero si sta sviluppando soprattutto dove è diffusa la monosuccessione del grano duro

nuovi casi e rallentare la diffusione di quelli già presenti poiché la resistenza causa un danno consistente sia per l'agricoltore sia per l'industria agrochimica determinando, in generale, un aumento dei costi della gestione della flora infestante.

Dopo i primi casi di resistenza agli erbicidi in alcune malerbe del riso, e di fronte all'esigenza di incrementare il livello di conoscenza e convogliare gli operatori del settore un'informazione veloce, efficace, completa e condivisa, nel 1997 si costituì il Gruppo italiano di lavoro sulla resistenza agli erbicidi (Gire).

Il Gruppo è costituito da rappresentanti delle società agrochimiche titola-

ri della registrazione e/o commercializzazione di prodotti erbicidi interessati direttamente o indirettamente dai fenomeni di resistenza e da personale del mondo accademico e della ricerca. In questi nove anni il Gire ha condotto un'intensa opera di monitoraggio, ricerca e informazione sulla resistenza agli erbicidi utilizzati nel riso (Sattin *et al.*, 2004). Visto l'evolversi della situazione, il Gruppo ha avvertito la necessità di estendere la sua attività anche ad altre colture esposte al rischio di selezione di infestanti resistenti agli erbicidi.

Tra i casi che destano maggiore preoccupazione, negli ultimi anni sono state identificate alcune popolazioni di papavero (*Papaver rhoeas*) divenute re-

In Italia la resistenza agli erbicidi è apparsa in ritardo e con un'estensione limitata



sistenti agli inibitori dell'ALS (Acetolattato sintetasi), cioè alle solfoniluree e alle triazolopirimidine (Scarabel *et al.*, 2004), e/o al 2,4-D. In *tabella 1* sono riportate le formulazioni erbicide contenenti sostanze attive inibitrici dell'ALS e ormonosimili utilizzate nel diserbo del grano ed efficaci (o parzialmente efficaci) contro il papavero.

La biologia del papavero

Papaver rhoeas L. (papavero comune, rosolaccio) appartiene alla famiglia delle papaveraceae ed è una specie annuale che si riproduce esclusivamente per seme. La sua presenza in tutte le regioni italiane è molto diffusa nelle colture di cereali autunno-vernini e, dalle più recenti indagini floristiche (Montemurro e Viggiani, 2004), risulta in aumento.

È una specie a fecondazione strettamente incrociata, ad impollinazione entomofila e presenta un efficiente e complesso sistema di autoincompatibilità. Una pianta spaziata può produrre alcune

decine di migliaia di semi, mentre una pianta cresciuta normalmente in competizione all'interno di un cereale ne produce mediamente da 1.000 a 5.000.

I semi sono piccoli, longevi (possono durare nel terreno anche più di 10 anni) e appena prodotti sono dotati di una forte dormienza primaria, necessitando per germinare di un congruo periodo di vernalizzazione.

I semi di papavero costituiscono pertanto un persistente stock (o banca) di semi nel terreno.

Nei cereali autunno-vernini la gran parte delle plantule emerge in autunno (Gasparetto *et al.*, 2003) e trascorre l'inverno allo stadio di rosetta. Ha una competitività per pianta medio-bassa, ma è capace di creare popolamenti molto densi (pianta comunale).

Finora sono state identificate popolazioni di papavero resistente agli inibitori dell'ALS in quattro Paesi europei (la banca dati mondiale sulla resistenza agli erbicidi è consultabile al sito Internet www.weedscience.com).

Delle 60 popolazioni analizzate, 26 erano resistenti agli inibitori dell'ALS, 11 al 2,4-D, 6 con resistenza multipla

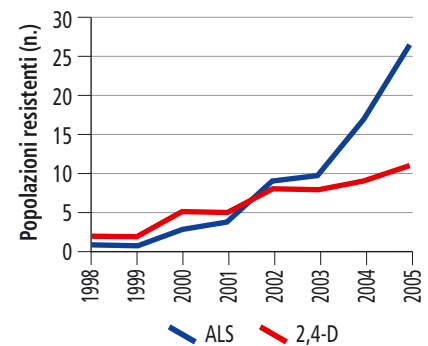


GRAFICO 1 - *Papaver rhoeas*: popolazioni con accertata resistenza agli inibitori dell'ALS e al 2,4-D

Nel caso degli inibitori dell'ALS l'evoluzione della resistenza è stata negli ultimi anni più rapida.

Tra questi, il Paese più seriamente interessato è la Spagna dove più del 10% della superficie a cereali autunno-vernini nella regione catalana è infestata da popolazioni resistenti agli erbicidi inibitori dell'ALS. Alcune di queste popolazioni hanno inoltre mostrato resistenza multipla anche al 2,4-D (Claude *et al.*, 1998; A. Taberner, comunicazione personale).

Risultati e situazione

Il testimone è risultato completamente suscettibile a tutti gli erbicidi utilizzati alla dose più bassa (1X). I dati raccolti dalle popolazioni di una medesima azienda campionata in anni diversi sono risultati simili. Complessivamente sono state testate più di 60 popolazioni, di cui 26 sono risultate resistenti agli inibitori dell'ALS, 11 resistenti al 2,4-D e tra queste sono comprese 6 popolazioni con resistenza multipla, cioè resistenti ad ambedue le famiglie chimiche. L'evoluzione della resistenza è in una fase molto dinamica per gli inibitori dell'ALS, mentre risulta in moderato ma costante incremento per il 2,4-D (*grafico 1*). Come è accaduto precedentemente in Spagna, l'evoluzione della resistenza agli ALS è risultata piuttosto lenta dopo la segnalazione dei primi casi, per poi accelerare bruscamente. Questo comportamento è probabilmente da attribuire alle caratteristiche biologiche, e soprattutto a quelle riproduttive del papavero.

Le zone principalmente interessate sono: la parte centrale della provincia di Foggia, la zona di confine tra le province di Bari e Potenza, la parte settentrionale del comune di Roma e la Sicilia sud-occidentale (*figura 1*). I comuni coinvolti sono complessivamente 19, di cui 17

TABELLA 1 - Formulazioni erbicide contenenti sostanze attive inibitrici dell'ALS (gruppo HRAC B) e ormonosimili (gruppo HRAC O) utilizzate nel diserbo del grano ed efficaci contro il papavero

Sostanze attive	Nome commerciale	Società produttrice/distributrice	Dose formulato commerciale
Amidosulfuron (SU)	Legion	Bayer CropScience/Isagro Italia	20-30 g/ha
Chorsulfuron (SU)	Vari	Varie	20 g/ha
Iodosulfuron (SU)+fenoxaprop-P-etile (*)	Hussar OF	Bayer CropScience	1,25 L/ha
Iodosulfuron (SU)+mesosulfuron (SU)	Atlantis WG	Bayer CropScience	0,4-0,5 L/ha
Metsulfuron-metile (SU)	Gaio Taurus	Makhteshim/Bayer CropScience	15-20 g/ha
Triasulfuron (SU)	Logran	Syngenta Crop Prot.	37 g/ha
Tribenuron-metile (SU)	Granstar	Dupont	10-20 g/ha
Tribenuron-metile (SU)+tifensulfuron-metile (SU)	Marox DF	Siapa	30-50 g/ha
Metosulam (TP)	Eclipse 100	Bayer CropScience	0,1-0,2 L/ha
Metosulam (TP)+2,4-D (O)	Sound	Bayer CropScience	0,7-1 L/ha
Florasulam (TP)	Azimut	Dow AgroSciences	0,10-0,12 L/ha
Florasulam (TP)+2,4-D (O)	Zenith	Dow AgroSciences	0,75 L/ha
Florasulam (TP)+fluroxipir(*)	Starane Gold Kicker	Dow AgroSciences/Sipcam	1,5-1,8 L/ha
2,4-D (O)	vari	varie	varie
2,4-D (O)+MCPA (O)	vari	varie	varie
MCPA (O)	vari	varie	varie
Dicamba (O)	vari	varie	varie
Dicamba (O)+MCPA (O)	vari	varie	varie
Fluroxipir (*)+clopiralid (*)+MCPA estere (O)	Ariane	Dow AgroSciences	2,5-3 L/ha
Fluroxipir (*)+clopiralid (*)+MCPA sale (O)	Ariane II	Dow AgroSciences	3,5-4 L/ha

(*) Sostanza attiva non efficace contro il papavero.
SU = solfonilurea, TP = triazolopirimidina, O = ormonosimile.

I TEST SUI SEMI DI PAPAVERO

Come è stata accertata la resistenza

In seguito a segnalazioni di un insufficiente controllo da parte dei trattamenti erbicidi (con inibitori dell'ALS e 2,4-D) pervenute a vari membri del Gire, sono stati raccolti campioni di semi di papavero (*Papaver rhoeas* L.) da piante sopravvissute al trattamento erbicida in ogni sito segnalato. Con i campioni di seme sono state raccolte, per quanto possibile, le informazioni storiche sui trattamenti effettuati negli ultimi anni in campo. Al fine di avere un'ulteriore verifica dei dati raccolti, alcune aziende sono state campionate nel corso di più anni. Una

volta accertata la presenza di una popolazione resistente in un determinato comune, è stato deciso, per ottimizzare le risorse disponibili, di privilegiare di anno in anno campioni provenienti da comuni precedentemente non testati. In questo articolo, il termine «popolazione» è sinonimo di azienda dalla quale è pervenuto il campione di seme.

La descrizione dei test effettuati in laboratorio e dello schema sperimentale adottato è consultabile in Internet all'indirizzo:

www.informatoreagrario.it/bancadati •

con resistenza agli inibitori dell'ALS e 7 con resistenza al 2,4-D (tabella 2). I casi di resistenza multipla sono ubicati nei comuni di Lavello (Potenza), Lucera (Foggia), Minervino Murge (Bari), Spinazzola (Bari) e Roma.

Studi condotti dal Cnr nei laboratori di Legnaro (Padova) hanno dimostrato che la resistenza agli inibitori dell'ALS è indotta dalla selezione operata da questi erbicidi (principalmente le solfoniluree) verso individui che posseggono una determinata mutazione puntiforme nel gene che codifica l'enzima ALS. Questa mutazione induce una perdita di affinità tra erbicida ed enzima per cui l'erbicida non è più in grado (o lo è in modo molto limitato) di legarsi all'enzima e di esplicare la sua funzione inibitrice. Questa mutazione determina uno spettro e livello di resistenza caratteristici: alta resistenza incrociata alle solfoniluree e una ridotta e variabile resistenza incrociata alle triazolopirimidine. Questo comportamento è stato confermato da tutti gli esperimenti. Infatti alcune popolazioni, sebbene non selezionate dalle triazolopirimidine, risultano quasi completamente resistenti a queste sostanze attive, mentre altre popolazioni conservano una sufficiente suscettibilità. È da notare inoltre che la resistenza a iodosulfuron è apparsa inferiore rispetto alle altre sostanze attive solfonilureiche inclusi nei test.

La resistenza al 2,4-D risulta meno diffusa rispetto a quella agli inibitori dell'ALS, e l'evoluzione appare piuttosto lenta (grafico 1). I casi sono concentrati nell'area a nord di Roma e nelle due aree pugliesi e lucane precedentemente menzionate (figura 1). Solo 5 popolazioni, ri-

trovate nei comuni di Civita Castellana (Viterbo), Gravina (Bari) e Roma, hanno evidenziato resistenza unicamente al 2,4-D, mentre sei popolazioni hanno evidenziato resistenza multipla, sia all'erbicida ormonosimile che agli inibitori dell'ALS. Il livello di resistenza è apparso piuttosto basso, e solo pochissime piante sono sopravvissute alla dose 3X. Considerando il basso livello di resistenza osservata e il meccanismo d'azione degli erbicidi ormonosimili, nonché le informazioni bibliografiche disponibili, è verosimile che il meccanismo di resistenza sia dovuto a una maggiore capacità di metabolizzazione dell'erbicida da

TABELLA 2 - Comuni con accertata presenza di popolazioni di *Papaver rhoeas* resistenti agli erbicidi inibitori dell'ALS e/o al 2,4-D

Comune	Spettro di resistenza	Popolazioni resistenti (n.)
Minervino Murge (BA)	ALS e 2,4-D	2
Gravina (BA)	2,4-D	1
Roma	ALS e 2,4-D	4
Civita Castellana (VT)	2,4-D	2
Castel Giorgio (TR)	ALS	1
Foggia	ALS	2
Lavello (PZ)	ALS e 2,4-D	2
Lucera (FG)	ALS e 2,4-D	1
Capalbio (GR)	ALS	1
Spinazzola (BA)	ALS e 2,4-D	1
Venosa (PZ)	ALS	2
Troia (FG)	ALS	2
Montedoro (CL)	ALS	3
Milena (CL)	ALS	1
Valguarnera Caropepe (EN)	ALS	1
Noto (SR)	ALS	1
Butera (CL)	ALS	2
Grammichele (CT)	ALS	1
Mazzarino (CL)	ALS	1

parte delle popolazioni resistenti. Dato che l'uso del 2,4-D si protrae da decenni, il rischio di insorgenza di resistenza a questa sostanza attiva è significativamente inferiore rispetto a quello degli inibitori dell'ALS. In generale, non si sono riscontrati problemi di controllo con il bromoxinil.

Le informazioni storiche raccolte dagli



Dopo 4-5 decenni di impiego del 2,4-D sono stati trovati i primi casi di resistenza

LA PRESSIONE DI SELEZIONE DEGLI ERBICIDI

Come si sviluppa la resistenza

Più di cinquant'anni fa furono messi a disposizione degli agricoltori i primi erbicidi di sintesi, che si sono poi rivelati tra le innovazioni agronomiche più importanti nell'incrementare e stabilizzare la resa delle principali colture, specialmente quelle annuali. La straordinaria efficacia degli erbicidi verso le loro malerbe bersaglio ha contribuito al loro successo, tuttavia essi possono anche essere la causa di fenomeni di evoluzione delle comunità di malerbe. Un esempio di questo fenomeno è quello che accadde durante gli anni 70 e 80 nella coltura del mais dove l'uso ripetuto ed esteso dell'atrazina portò a una prevalenza di graminacee nella flora infestante e alla presenza di biotipi resistenti a questa sostanza attiva (Zanin et al., 1981). Ciò è dovuto al fatto che ciascun erbicida ha un suo caratteristico profilo di efficacia verso le erbe infestanti controllandone meglio alcune specie rispetto ad altre. Inoltre, all'interno di una specie, la suscettibilità verso una certa sostanza attiva varia significativamente tra gli individui. Pertanto, in popolazioni di malerbe sufficientemente numerose ci possono essere alcuni rari individui naturalmente resistenti a una certa sostanza attiva in grado di sopravvivere a una dose che normalmente controlla tutti gli altri individui della popolazione. La continua selezione esercitata dall'uso ripetuto dello stesso erbicida, o di erbicidi aventi il medesimo meccanismo d'azione, elimina ripetutamente le piante suscettibili, mentre quelle resistenti possono riprodursi e disseminare formando così, anche in un periodo di tempo relativamente breve, una popolazione resistente. È importante sottolineare che questo fenomeno è totalmente diverso dalla scarsa efficacia di un trattamento dovuta a sfavorevoli condizioni ambientali e/o agronomiche.

L'intensità con cui si esplica la selezione viene definita «pressione di selezione». Per cercare di prevenire l'insorgenza e/o di ridurre la diffusione delle popolazioni resistenti è necessario ridurre il più possibile la pressione di selezione esercitata sulle flore infestanti attraverso la rotazione colturale, l'impiego di erbicidi aventi diverso meccanismo d'azione in modo alternato o in miscela e l'integrazione dei mezzi chimici con i mezzi agronomici a disposizione. •

agricoltori indicano che le popolazioni resistenti agli inibitori dell'ALS sono state prevalentemente selezionate da ripetuti trattamenti con solfoniluree, di cui almeno 3-4 in anni consecutivi.

Come gestire il problema

È importante che gli agricoltori e chi fornisce loro assistenza tecnica siano a conoscenza del problema per programmare in modo razionale le loro decisioni.

È chiaro che la resistenza agli erbicidi una volta presente è un costo aggiuntivo, sia esso diretto o indiretto, che erode i limitati margini di profitto delle colture cerealicole. Tuttavia, proprio la limitata redditività dei cereali favorisce comportamenti tesi alla riduzione dei costi, che spesso conducono a scelte discutibili da un punto di vista tecnico e controproducenti da un punto di vista della resistenza (ad esempio riduzione indiscriminata

delle dosi senza un'attenta valutazione della situazione malerbologica oppure l'utilizzo di attrezzature obsolete o mal tarate, oppure addirittura attrezzature improprie).

Pertanto, una corretta strategia di gestione della resistenza deve tendere al migliore equilibrio economico tra i maggiori costi della gestione integrata delle infestanti e la redditività della coltura.

La base di qualsiasi strategia di gestione dovrebbe essere la conoscenza delle specifiche situazioni in cui si opera, ponendo attenzione ai fenomeni di evoluzione della flora infestante e in particolare a problemi di insufficiente controllo di una o più specie infestanti non imputabili a sfavorevoli condizioni pedoclimatiche oppure a scarsa qualità del trattamento erbicida.

Bisogna inoltre essere coscienti del livello di rischio di insorgenza della resistenza in relazione al sistema coltura-

Per gestire la resistenza bisogna integrare e alternare mezzi chimici, agronomici e meccanici

LA CLASSIFICAZIONE DEL HRAC

La scelta degli erbicidi

È stato dimostrato che la resistenza interessa erbicidi appartenenti a quasi tutte le famiglie chimiche. In particolare, l'introduzione di erbicidi estremamente efficaci e con un sito d'azione molto specifico (ad esempio le solfoniluree che inibiscono l'acetilattato sintetasi - ALS - e i graminicidi inibitori dell'acetil-coenzima A carbossilasi - ACCasi) ha aumentato le probabilità che si selezionino individui resistenti all'interno delle popolazioni di malerbe.

È inoltre possibile che biotipi resistenti selezionati da un certo erbicida siano resistenti anche ad altri erbicidi aventi lo stesso meccanismo d'azione dell'erbicida selezionatore (ad esempio popolazioni resistenti agli inibitori dell'ALS utilizzati in risaia; Tabacchi et al., 2004), producendo un fenomeno chiamato «resistenza incrociata». Progredendo ulteriormente in gravità, e quindi in difficoltà di gestione, si può infine verificare il caso della «resistenza multipla» dove le popolazioni sono in grado di resistere contemporaneamente a erbicidi aventi diverso meccanismo d'azione.

Allo scopo di facilitare la scelta degli erbicidi per una corretta gestione delle resistenze, l'Hrac (Herbicide resistance action committee, Comitato d'azione sulla resistenza agli erbicidi - consultare il sito dell'Hrac all'indirizzo Internet www.plantprotection.org/hrac), in collaborazione con la Wssa (Weed science society of America, Società americana di malerbologia), ha raggruppato gli erbicidi in base al meccanismo d'azione attribuendo a ogni raggruppamento una lettera dell'alfabeto (A, B, C, ecc.). Tale classificazione permette di programmare un corretto diserbo anche senza conoscere gli aspetti fisiologici e biochimici della relazione pianta-erbicida in quanto è sufficiente alternare e/o miscelare erbicidi con lettere diverse. •

le adottato: i sistemi più a rischio sono quelli dove la diversità nello spazio e nel tempo è ridotta.

Ad esempio, gli appezzamenti dove si pratica la monosuccessione con la riduzione delle lavorazioni e la non rotazione dei meccanismi d'azione degli erbicidi sono più a rischio.

TABELLA 3 - Formulazioni erbicide contenenti almeno una sostanza attiva non inibitrice dell'ALS (gruppo HRAC B) e/o non ormonosimile utilizzabili nel diserbo del grano ed efficaci, o parzialmente efficaci, contro il papavero

Sostanza attiva (*)	Meccanismo d'azione	Gruppo HRAC	Epoca di trattamento
Glifosate	inibitore EPSP	G	pre-semina
Trifluralin	inibitore della formazione dei microtubuli mitotici	K1	pre o post-emergenza precoce
Trifluralin+linuron	inibitore formazione microtubuli mitotici+inibitore PSII	K1+C2	pre-emergenza
Trifluralin+isoxaben	inibitore formazione microtubuli mitotici+inibitore sintesi della cellulosa	K1+L	pre o post-emergenza precoce
Pendimetalin	inibitore della formazione dei microtubuli mitotici	K1	pre o post-emergenza precoce
Clortoluron	inibitore fotosintesi a livello di PSII	C2	pre o post-emergenza precoce
Isoproturon+diflufenican	inibitore fotosintesi a livello di PSII+inibitore PDS	C2+F1	pre o post-emergenza precoce
Metribuzin	inibitore fotosintesi a livello di PSII	C1	pre o post-emergenza
Carfentrazone-etile	inibitore della protoporfirigeno-ossidasi	E	post-emergenza
Bifenox+pirafufen-etile	inibitore della protoporfirigeno-ossidasi	E+E	post-emergenza
loxinil+MCP	inibitore del fotosistema II+ormonosimile	C3+0	post-emergenza
Bromoxinil ottanoato	inibitore del fotosistema II	C3	post-emergenza
Bromoxinil ottanoato+MCPA	inibitore del fotosistema II+ormonosimile	C3+0	post-emergenza

(*) Oltre alle suddette sostanze attive va aggiunto il picolinafen (gruppo HRAC F1), registrato ma mai commercializzato in Italia.

Va sottolineato che i principi generali di gestione della resistenza sono validi per qualsiasi specie e gruppo di erbicidi coinvolto.

- Tenere un accurato quaderno di campagna, annotando per ciascun appezzamento gli erbicidi utilizzati, la dose di impiego, la data del trattamento, il risultato ottenuto in relazione alla flora infestante presente. Se un trattamento erbicida non ha funzionato adeguata-

mente, cercare di capirne il motivo.

- Utilizzare, in alternanza o in miscela, erbicidi con diverso meccanismo d'azione. In linea di principio, una miscela di erbicidi è tanto più utile a contrastare l'insorgere della resistenza quanto più l'efficacia (cioè la percentuale di controllo) verso le malerbe bersaglio degli erbicidi che la compongono è uguale.

- Utilizzare i dosaggi indicati sull'etichetta degli erbicidi. Quando si misce-

lano estemporaneamente due sostanze attive utilizzare le «dosi piene» per entrambi.

- Utilizzare sementi selezionate.
- Evitare che le infestanti non controllate producano semi. Qualora alcune piante sospette non siano state controllate, ritrattare con un erbicida avente meccanismo d'azione diverso da quello precedentemente utilizzato.

- Pulire le macchine agricole (trattori e altri attrezzi) quando si passa da un campo con infestanti sospette a un altro.

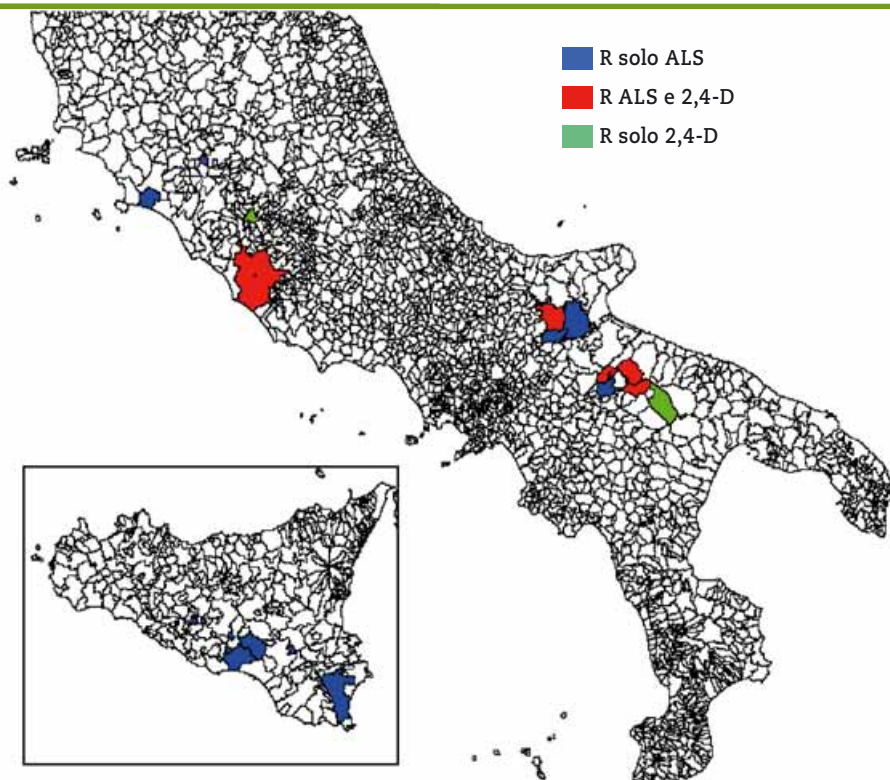
- Raccogliere per ultimi gli appezzamenti dove sono presenti infestanti non controllate per evitare la diffusione del seme.

- Valutare l'utilizzo di erbicidi non selettivi (ad esempio glifosate o glufosinate ammonio) in pre-semina, anche accoppiati alla falsa semina.

- Favorire la competitività della coltura attraverso corrette pratiche agronomiche (ad esempio aumento della dose di seme per ettaro, semina a file strette, evitare la semina a file binate, concimazioni ben fatte, utilizzo di varietà competitive, evitare le semine precoci).

- Rotazione culturale (dove possibile).
- Cercare di limitare la produzione di seme delle infestanti resistenti, anche attraverso interventi con erpice strigliatore (se possibile) o monda manuale. Si ricorda che il papavero produce semi molto longevi.

- Impiegare, dove le condizioni lo permettono, metodi alternativi al mezzo chimico quali la falsa semina seguita da un intervento meccanico o da un trattamento con erbicidi totali oppure trattamenti di controllo meccanico in post-emergenza. Deve essere chiaro che la dilazione della semina non deve



Considerato che il campionamento non è stato causale, la mappa fornisce solo un'indicazione di massima delle aree interessate dalla resistenza.

FIGURA 1 - Mappa dei comuni interessati dalla resistenza del papavero agli inibitori dell'ALS e del 2,4-D



Una corretta scelta degli erbicidi, delle dosi e delle miscele aiuta a limitare il fenomeno della resistenza

essere eccessiva per non incorrere in significative perdite di produzione e nell'impossibilità di eseguire la semina a causa delle avverse condizioni meteorologiche.

Misure specifiche

In caso di accertata resistenza del papavero:

- non utilizzare inibitori dell'ALS o 2,4-D da soli, ma in miscela con altri erbicidi aventi un diverso meccanismo di azione. Questo è particolarmente importante dove vi sono popolazioni con resistenza multipla a entrambi i gruppi di erbicidi. Anche se in questo lavoro non è stata testata la resistenza incrociata con altri erbicidi ormonosimili, in letteratura sono riportati parecchi casi dove è stata provata la presenza di resistenza incrociata tra erbicidi appartenenti a questa famiglia. Allo scopo di aiutare la scelta, in *tabella 3* sono riportate le formulazioni erbicide contenenti almeno una sostanza attiva non inibitrice dell'ALS e/o non ormonosimile utilizzabili nel diserbo del grano ed efficaci, o parzialmente efficaci, contro il papavero;
- la bruciatura delle stoppie, dove possibile, ha avuto buoni effetti nel contenere

l'infestazione nella coltura successiva;

- esperienze condotte in Spagna hanno mostrato buoni risultati con l'utilizzo di erpicci strigliatori in post-emergenza e l'impiego del diserbo in pre-emergenza;
- se il sospetto di resistenza è fondato, raccogliere i semi del papavero prodotti dalle piante che non sono state controllate per effettuare un test di conferma in laboratorio. A tal fine si possono contattare i tecnici delle Società produttrici oppure il coordinatore del Gire all'indirizzo e-mail riportato in calce all'articolo.

Conclusioni

La resistenza del papavero al 2,4-D e specialmente agli inibitori dell'ALS è in veloce evoluzione. Per ora risulta confinata nelle zone dove più frequentemente viene impiegata la monosuccessione e dove la qualità dei trattamenti erbicidi (in relazione all'utilizzo delle dosi raccomandate, la qualità della distribuzione e l'epoca di trattamento) è piuttosto bassa.

Vista l'impossibilità di prevedere quale sia esattamente lo spettro di resistenza (vedi l'efficacia molto variabile delle triazolopirimidine verso le popolazioni resistenti alle solfoniluree), si rav-

visa sempre più la necessità di avere a disposizione nel territorio dei centri di saggio in grado di fare degli screening di resistenza sulla base di protocolli rigorosi e condivisi. L'esperienza del Gire in questo campo potrà essere un punto di riferimento.

Negli ultimi anni non è stato scoperto alcun nuovo meccanismo d'azione con cui si possa sostituire o alternare gli erbicidi attualmente nel mercato; a questo va aggiunta la perdita di sostanze attive come conseguenza del processo di registrazione richiesto dalla direttiva europea 91/414/EEC.

Gli erbicidi sono una risorsa costosa, tecnologicamente sofisticata e limitata e pertanto la loro efficacia va preservata a vantaggio di tutti gli operatori del settore.

L'esperienza insegna che, tranne in casi particolarmente gravi, il fenomeno delle infestanti resistenti agli erbicidi può essere adeguatamente gestito, vale a dire prevenuto e/o curato, attraverso scelte e comportamenti responsabili. L'approccio migliore alla gestione della resistenza è quello integrato, cioè alternare/miscelare tutti gli strumenti agronomici e chimici a disposizione.

Il Gruppo italiano di lavoro sulla resistenza agli erbicidi (Gire) continuerà a monitorare e studiare la situazione al fine di mettere a punto le soluzioni migliori e trasferirle in modo efficiente agli operatori del settore.

a cura di Gruppo italiano di lavoro sulla resistenza agli erbicidi (Gire)

La bibliografia e il paragrafo

«Materiali e metodi» saranno consultabili sul sito Internet all'indirizzo:

www.informatoreagrario.it/bancadati

Gruppo di lavoro

Maurizio Sattin (coordinatore) Cnr Padova, maurizio.sattin@ibaf.cnr.it

Claudio Campagna Syngenta Crop Protection

Natalino Dalla Valle Dow AgroSciences

Luca Fornara Isagro

Alessandro Guarnone Sipcam

Daniele Magnani Basf

Carolina Sbriscia Fioretti Dupont

Laura Scarabel Cnr - Padova

Maurizio Tabacchi Centro ricerche sul riso

Gianluigi Tracchi Bayer CropScience

Giuseppe Zanin Università di Padova

Materiali e metodi

Per accertare la resistenza dei campioni di semi raccolti sono stati effettuati dei saggi biologici in serra utilizzando come testimone suscettibile agli erbicidi semi di una popolazione di papavero che non era mai stata trattata con erbicidi. Tutti gli esperimenti sono stati condotti presso l'Istituto di biologia agro-ambientale e forestale del Cnr, Agripolis, Legnaro (Padova).

Per rimuovere la dormienza, i semi di papavero sono stati vernalizzati a 4 °C per 15 giorni e quindi posti in scatole Petri con agar (0,6%) e KNO₃ (0,2%) in germinatoio a 12-25 °C notte-giorno e con un fotoperiodo di 12 ore. Successivamente, le plantule sono state trapiantate in contenitori posti in serra riempiti di un substrato composto da 60% di terreno limoso, 15% di sabbia fine, 15% di perlite e 10% di torba. In ogni contenitore c'erano 20 plantule. Gli esperimenti sono stati condotti nel periodo autunno-inverno, senza illuminazione artificiale e mantenendo la temperatura minima al di sopra degli 8 °C.

Le popolazioni sono state testate con 5-6 erbicidi alla dose normalmente consigliata in pieno campo (1×) e a una dose tripla (3×): tribenuron-metile - dose 1× = 7,5 g s.a./ha, triasulfuron - 1× = 7,5 g s.a./ha; iodosulfuron - 1× = 10 g s.a./ha; florasulam - 1× = 5 g s.a./ha; 2,4-D - 1× = 348,4 g s.a./ha; bromoxinil ottanoato - 1× = 294,3 g s.a./ha.

A ogni popolazione è stata aggiunta una tesi non trattata. Gli erbicidi sono stati applicati con un irroratore da banco ad alta precisione, a un volume di 300 L/ha, a una pressione di 215 kPa e a una velocità di 0,75 m/s. Gli ugelli usati erano del tipo TeeJet 11002. Lo schema sperimentale era a randomizzazione completa con tre repliche di 20 plantule ciascuna. Le plantule sono state trattate allo stadio di tre foglie e la valutazione dell'efficacia dei trattamenti è stata eseguita circa un mese dopo l'applicazione sulla base della percentuale di sopravvivenza e della valutazione visiva del vigore delle piante attraverso la comparazione con piante non trattate della medesima popolazione. In accordo con i criteri normalmente accettati dalla letteratura internazionale, si sono considerate resistenti le popolazioni che presentavano una sopravvivenza superiore al 20% delle piante trattate alla dose 1×. La variabilità dei dati sperimentali è stata valutata attraverso gli errori standard. ●

BIBLIOGRAFIA

- Claude J.P., Gabard J., de Prado R. e A. Taberner (1998) - *An ALS-resistant population of Papaver rhoeas in Spain*. Proceedings 6th Mediterranean Ewrs Symposium, Montpellier (Francia), 181-187.
- Devine M.D., Shukla A (2000) - *Altered target site as a mechanism of herbicide resistance*. Crop Protection, 19: 881-889.
- Gasparetto M.A., Sattin M., Campagna C., Fili V., Innocenti M., Alberati D. (2003) - *Dinamica di emergenza delle infestanti del grano duro*. L'Informatore Agrario, 12: 77-80.
- Montemurro P., Viggiani P. (2004) - *Le nuove specie infestanti delle colture a ciclo autunno-vernino e le modalità per il loro controllo*. Atti XIV Convegno Sirfi «Le attuali problematiche delle erbe infestanti: il ruolo del contoterzismo», Cremona, 30 gennaio: 1-45.
- Powles S. B., Shaner D. L. (2001) - *Herbicide resistance and world grain*. Crc Press.
- Sattin M., Arcangeli G., Cavanna S., Saporiti M., Scarabel L., Tabacchi M., Trainini G., Zanin G. (2004) - *Gruppo italiano di lavoro sulla resistenza agli erbicidi (Gire): obiettivi raggiunti e prospettive*. Atti Giornate Fitopatologiche 2004, Pescara, 1: 429-436.
- Sattin M. (2005) - *Herbicide resistance in Europe: an overview*. Proceedings Bcpc International Congress. Crop Science and Technology, Glasgow: 131-138.
- Scarabel L., Carraro N., Sattin M., Vartotto S. (2004) - *Molecular basis and genetic characterisation of evolved resistance to ALS-inhibitors in Papaver rhoeas*. Plant Science, 166: 703-709.
- Tabacchi M., Scarabel L., Sattin M. (2004) - *Herbicide resistance in italian rice crops: a late-developing but fast-evolving story*. Proceedings of the Conference «Challenges and opportunities for sustainable rice-based production systems» (Eds A. Ferrero and F. Vidotto), Edizioni Mercurio: 227-238.
- Zanin G., Vecchio V. e Gasquez J. (1981) - *Indagini sperimentali su popolazioni di dicotiledoni resistenti all'atrazina*. Rivista di Agronomia, XV: 196-207.