

VERIFICA DELLA PERCOLAZIONE E DELLA PERSISTENZA SULLE COLTURE DI SUCCESSIONE DI IODOSULFURON, METSULFURON-METILE E TRIASULFURON APPLICATI IN PIENO CAMPO SU FRUMENTO

G. RAPPARINI ⁽¹⁾, G. CAMPAGNA ⁽¹⁾, S. ROMAGNOLI ⁽²⁾, R. BUCCHI ⁽³⁾

⁽¹⁾ Centro di Fitofarmacia - Dipartimento di Protezione e Valorizzazione Agroalimentare
Università degli Studi - Viale Fanin, 46 - 40127 Bologna - grappari@agrsci.unibo.it

⁽²⁾ Contrattista CRPV presso il Centro di Fitofarmacia

⁽³⁾ Agri 2000

RIASSUNTO

Si riferisce di un'indagine biennale condotta in campo e in serra con test biologici sulla persistenza e percolazione di iodosulfuron, metsulfuron-metile e triasulfuron applicati a fine inverno nella fase di accostamento del frumento. I risultati permettono di evidenziare in campo trascurabili rischi di fitotossicità nei riguardi delle possibili colture di successione al frumento a semina su sodo o dopo lavorazione superficiale o profonda nel corso dell'estate o dell'autunno, su differenti terreni di medio impasto con coltivazione asciutta o irrigua. Solo il finocchio ha manifestato lievi sintomi di fitotossicità a seguito dell'attività residuale delle solfoniluree utilizzate. I risultati ottenuti in serra con i test biologici effettuati su campioni di terreno prelevati in campo a varie profondità e differenti intervalli di tempo dopo i trattamenti indicano una persistenza prolungata, ma in piccole quantità dopo i primi 2 mesi, dei principi attivi, e una loro moderata tendenza alla percolazione.

Parole chiave: iodosulfuron, metsulfuron-metile, triasulfuron, persistenza, percolazione

SUMMARY

PERCOLATION AND PERSISTENCE ON CROPS GROWN IN SUCCESSION OF IODOSULFURON, METSULFURON-METHYL AND TRIASULFURON APPLIED IN FIELD TREATMENTS ON WHEAT

The results of a biennial field trial and greenhouse bioassays, concerning the study of persistence and percolation of iodosulfuron, metsulfuron-methyl and triasulfuron applied on wheat are reported. The risks of phytotoxicity on the possible crops grown in field in succession to the wheat, after plough, minimum tillage or sod-seeding during the summer or the autumn, in dry or irrigated cultivation, are limited. Only the fennel showed some symptoms of phytotoxicity, because of residual activity of the applied sulfonylureas. Results from greenhouse bioassays with soil samples collected in field at different depths and times after the treatments showed long persistence, but in small amounts after the first 2 months, and medium mobility of the herbicides.

Key words: iodosulfuron, metsulfuron-methyl, triasulfuron, persistence, percolation

INTRODUZIONE

Le solfoniluree impiegate nel diserbo del frumento e delle altre colture, pur essendo dotate di un favorevole profilo tossicologico, sono caratterizzate da un'elevata attività biologica e quindi da una dose di applicazione molto bassa. Il grado di sicurezza ambientale e agronomico può non essere soddisfacente a causa della mobilità e della persistenza nel terreno, che se da un lato possono risultare vantaggiose per un migliore contenimento delle malerbe che nascono

in tempi successivi all'intervento, dall'altro possono creare problematiche di carattere agronomico per le colture di sostituzione (Dongiovanni *et al.*, 2000; Rapparini *et al.*, 2002), nel caso si debba procedere alla risemina a seguito di danni accidentali, parassitari o climatici. Più in particolare occorre prestare attenzione alle colture di successione, che nell'ambito di rotazioni strette e con semine intercalari eseguite su sodo o con minime lavorazioni possono subire danni da residui biologicamente attivi. Allo scopo di evitare danni in campo, come talvolta può accadere in determinate condizioni pedoclimatiche con l'impiego di clorsulfuron su frumento e di primisulfuron su mais ai danni delle colture più sensibili, in particolare con la reiterata distribuzione delle dosi più elevate su colture ripetute o poste in stretta successione (Rapparini *et al.*, 2000), occorre predire la mobilità e la persistenza degli erbicidi mediante studi e verifiche preventive (Rossi Pisa *et al.*, 1992; Cavazza *et al.*, 1993; Flori *et al.*, 2002) condotte in laboratorio, in serra e in pieno campo su superfici limitate, ma rappresentative delle differenti condizioni pedoclimatiche (Vicari *et al.*, 1994). In recenti contributi sono stati riportati alcuni risultati ottenuti in serra mediante test biologici riguardanti la persistenza e la percolazione di metsulfuron-metile e iodossulfuron (Rapparini *et al.*, 2002; Rapparini *et al.*, 2003). Le metodiche biologiche, oltre a presentare una maggiore praticità ed economicità nei confronti delle analisi chimiche per ricercare residui di principi attivi, consentono di ottenere un elevato grado di correlazione tra fitotossicità manifestata dalla pianta test e concentrazione della frazione biologicamente attiva presente nel terreno, che nel caso delle solfoniluree è infinitesimale, mentre le fonti di variabilità in un substrato dotato di potere adsorbente sono numerose. Sulla base di questi presupposti, nel corso del biennio 2002-2003 si è operato in diverse località della pianura bolognese, caratterizzate da condizioni pedoclimatiche e modalità di coltivazione differenziate, allo scopo di evidenziare in pieno campo la reale pericolosità agronomica di alcune solfoniluree di recente introduzione nel diserbo del frumento (iodossulfuron, metsulfuron-metile e triasulfuron), derivante dalla loro persistenza nei confronti delle principali colture di successione. Si è provveduto inoltre, previo campionamento dei terreni, alla quantificazione dei residui bioattivi e alla stima della loro potenziale pericolosità e mobilità mediante l'esecuzione di test biologici condotti collateralmente in serra.

MATERIALI E METODI

Nel corso del biennio 2002-2003 sono state effettuate in campo, in differenti condizioni pedoclimatiche, 4 prove di diserbo di post-emergenza del frumento. Le applicazioni di iodossulfuron (Hussar OF a 8 g/l di p.a.), metsulfuron-metile (Taurus al 20% di p.a.) e triasulfuron (Logran al 20% di p.a.) sono state eseguite rispettivamente alla dose di 10, 4 e 7,4 g di p.a. per ettaro durante la fase di accostamento della coltura, mediante barra portata o trainata munita di ugelli a ventaglio irroranti 300 l/ha di miscela erbicida, su parcelle ripetute e disposte a blocchi randomizzati. Per verificare ulteriormente le caratteristiche di persistenza e percolazione dei principi attivi oggetto d'indagine, nelle prove effettuate presso l'azienda agraria F.lli Moscato su ogni mezza parcella intera si è provveduto a integrare la piovosità, quando carente rispetto ai valori della media decennale del periodo, apportando tramite un irrigatore semovente 30 mm il 30/03/2002 e 35 mm il 30/05/2003. Dopo i trattamenti, a intervalli di circa un mese, sono stati prelevati campioni di terreno fino alla profondità di 45 cm, e in alcuni casi solo fino a 30 cm, e riposti in congelatore allo scopo di bloccare la degradazione degli erbicidi, in attesa dell'esecuzione dei test biologici per mezzo della semina della pianta test *Beta vulgaris* var. *saccharifera* (barbabietola da zucchero) in cassettoni riempiti con i campioni di terreno opportunamente sminuzzati. Contemporaneamente sono

state allestite cassetine di riferimento trattate con quantità note e decrescenti di p.a. (diluizioni standard), allo scopo di poter effettuare il dosaggio biologico dei residui di erbicida presenti nei campioni prelevati in campo, mediante rilevazione e confronto dei sintomi di fitotossicità sulle piante test, utilizzando la scala 0-10 (0=nessun sintomo; 10=mancata emergenza o morte delle piante test).

In campo, per verificare un'eventuale azione fitotossica su colture poste in successione a frumento, dopo la mietitrebbiatura e durante il periodo autunnale si è provveduto a predisporre tre diversi tipi di lavorazione: aratura a 45 cm, discatura-fresatura a 7-10 cm e non lavorazione. Nel 2002 dopo l'affinamento dei terreni lavorati, in estate sono stati seminati soia, mais, cicoria e rafano, mentre in autunno è stata eseguita la semina di rafano, medica, bietola, loietto e cicoria. L'anno successivo le tre lavorazioni hanno interessato solo l'azienda F.lli Moscato, dove nel periodo estivo sono stati seminati mais, rafano e finocchio, e limitatamente ai terreni lavorati anche soia, fagiolino e radicchio; in autunno sui tre diversi tipi di preparazione dei letti di semina sono state eseguite le semine di rafano, finocchio, radicchio, bietola, medica, loietto e frumento. Presso l'azienda Progeo il piano di semina prevedeva una sola epoca e l'effettuazione di due tipi di lavorazione del terreno: vangatura a 45 cm e discatura a 7-10 cm. Le colture seminate alla fine del periodo estivo sono state soia, mais, rafano, fagiolino, radicchio, bietola, medica, loietto e finocchio. Sulle colture a partire dall'emergenza sono stati effettuati, per 1 mese e ad intervalli di circa 10 giorni, i conteggi delle piantine nate sulla fila e i rilievi della fitotossicità mediante scala 0-10 (0=nessun sintomo; 10=mancata emergenza o morte delle colture).

RISULTATI

Prove di campo (tabella 1)

In base ai risultati sperimentali ottenuti con la semina di differenti colture in campo su terreno sottoposto a differenti modalità di lavorazione e che prevedevano le più ricorrenti condizioni agronomiche, non sono stati rilevati evidenti sintomi di fitotossicità derivanti dall'attività residuale degli erbicidi utilizzati. Sia in condizioni asciutte che irrigue, se si esclude il finocchio che, limitatamente ad una prova effettuata nel corso dell'anno 2003, ha evidenziato lievi sintomi di fitotossicità con iodosulfuron su terreno lavorato superficialmente e con metsulfuron-metile e triasulfuron su terreno preventivamente arato, non sono state rilevate manifestazioni fitotossiche, né differenze significative sul numero delle piantine delle differenti colture seminate.

Prove di serra (tabelle 2 e 3 – figura 1)

Dalle analisi biologiche condotte in serra sul maggior numero di campioni prelevati nel corso dell'anno 2003 (tabella 3), si è potuto confermare quanto evidenziato nel corso del 2002 (tabella 2) su campioni prelevati solo in corrispondenza delle semine estive e autunnali delle colture di successione. Per quanto riguarda il comportamento ambientale delle solfoniluree utilizzate in post-emergenza del frumento, si è rilevato che a distanza di circa 5-7 mesi dall'applicazione (tabelle 2 e 3; figura 1) la fitotossicità dei residui bioattivi sulle piante test risulta limitata per i campioni provenienti dagli strati più superficiali ed ancora minore per quelli sottostanti e prossimi a 45 cm di profondità. Il confronto con i valori di fitotossicità relativi alle diluizioni standard ha permesso di rilevare la presenza di residui in concentrazioni misurabili fino ai prelievi effettuati subito dopo la raccolta (127-145 giorni dopo il trattamento), con una tendenziale maggior persistenza di iodosulfuron rispetto agli altri erbicidi, e una moderata mobilità dei tre principi attivi lungo il profilo del suolo. Nei campioni prelevati successivamente i residui risultavano assenti o presenti in tracce mai superiori a 0,14 ppb.

Tabella 1 – Fitotossicità di iodosulfuron, metsulfuron-metile e triasulfuron (grado scala 0-10) rilevata sulle colture di successione al frumento nel biennio 2002-2003 nelle diverse aziende (semine effettuate nel corso dell'estate e dell'autunno con differenti tecniche di coltivazione*)

Prova (1)	Coltura seminata	Colture irrigate			Colture in asciutta			Colture in asciutta		
		lav prof	min lav	sodo	lav prof	min lav	sodo	lav prof	min lav	sodo
Anno 2002										
Az. Agr. Dal Cero		semina estiva (T + 125 gg)						semina aut (T + 212 gg)		
(T=28 feb):	soia				0	0	0			
	mais				0	0	0			
	cicoria				0	0	0	0	0	
	rafano				0	0	0	0	0	0
	bietola							0	0	0
	medica							0	0	0
	loietto							0	0	0
Az. Agr. Moscato		semina estiva (T + 161 gg)						semina aut (T + 213 gg)		
(T=27 feb):	soia	0	0	0	0	0	0			
	mais	0	0	0	0	0	0			
	cicoria	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	rafano	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	bietola							0	0	0
	medica							0	0	0
	loietto							0	0	0
	frumento							0	0	0
Anno 2003										
Az. Agr. Moscato		semina estiva (T + 143-165 gg)						semina aut (T + 207 gg)		
(T=27 feb):	soia	0	0		0	0				
	mais	0	0	0	0	0	0			
	rafano	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	fagiolino	0	0		0	0				
	finocchio	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	radicchio	0	0		0	0		0	0	0
	bietola							0	0	0
	medica							0	0	0
	loietto							0	0	0
	frumento							0	0	0
Az. Agr. Progco		semina estiva ritardata (T + 188 gg)								
		iodosulfuron			metsulfuron-metile			triasulfuron		
		lav prof	min lav		lav prof	min lav		lav prof	min lav	
(T=06 mar):	soia	0	0		0	0		0	0	
	mais	0	0		0	0		0	0	
	rafano	0	0		0	0		0	0	
	fagiolino	0	0		0	0		0	0	
	finocchio	0	0,3		0,3	0		0,3	0	
	radicchio	0	0		0	0		0	0	
	bietola	0	0		0	0		0	0	
	medica	0	0		0	0		0	0	
	loietto	0	0		0	0		0	0	
(1) Analisi chimico-fisica dei terreni:		% Sabbia		Limo	Argilla	S.O.	pH	C.S.C. (mcq/100g)		
Az. Agr. Dal Cero		35		42	23	2,7	7,8	15,2		
Az. Agr. Moscato		34		47	19	1,3	8,2	17,5		
Az. Agr. Progco		22		46	32	2,3	7,9	28,9		
* Modalità di lavorazione: lav prof=aratura o vangatura profonda (40-50 cm); min lav=estirpatura, discatura o estirpatura superficiale (5-15 cm); sodo=semina effettuata su terreno non lavorato										

Tabella 2 – Risultati dei test biologici effettuati in serra con barbabetola da zucchero nell'anno 2002 in base ai valori di fitotossicità delle diluizioni standard di iodosulfuron, metsulfuron-metile e triasulfuron

Az. Agr. Dal Cero		Iodosulfuron		Metsulfuron-metile		Triasulfuron	
Diluizioni standard (frazione dose normale)		fito*	ppb	fito*	ppb	fito*	ppb
	1/10	9,7	3	9,2	1,2	8,5	2,2
	1/20	8,9	1,5	8,5	0,6	8,5	1,1
	1/40	7,8	0,8	8	0,3	7,1	0,55
	1/80	5,8	0,4	7,2	0,15	4,4	0,28
	1/160	4,5	0,2	5	0,08	3,4	0,14
	1/320	1	0,1	2,3	0,04	3,4	0,07
Concentrazione di p.a. stimata nei diversi prelievi e alle diverse profondità							
Prelievi	Profondità (cm)	fito*	ppb	fito*	ppb	fito*	ppb
1 - (T + 145 gg)	0-15	2	0,1-0,2	0	-	0	-
	15-30	1,8	0,1-0,2	0	-	0	-
2 - (T + 214 gg)	0-20	0	-	0	-	0	-
Az. Agr. Moscuto		Iodosulfuron		Metsulfuron-metile		Triasulfuron	
Diluizioni standard (frazione dose normale)		fito*	ppb	fito*	ppb	fito*	ppb
	1/10	9,2	3	9,5	1,2	8,7	2,2
	1/20	8,7	1,5	8,8	0,6	8,3	1,1
	1/40	8,5	0,8	8,1	0,3	7,8	0,55
	1/80	7	0,4	6,2	0,15	4,9	0,28
	1/160	1	0,2	4,2	0,08	2,8	0,14
	1/320	0	0,1	1,5	0,04	0	0,07
Concentrazione di p.a. stimata nei diversi prelievi e alle diverse profondità							
Prelievi	Profondità (cm)	fito*	ppb	fito*	ppb	fito*	ppb
1 - (T + 135 gg) asciutto	0-15	1	0,2	0	-	0,2	0,07-0,14
	15-30	0	-	0	-	0	-
1 - (T + 135 gg) irrigato	0-15	0,2	0,1-0,2	0	-	0,4	0,07-0,14
	15-30	0	-	0	-	0,3	0,07-0,14
2 - (T + 215 gg) asciutto	0-20	0	-	0	-	0	-
2 - (T + 215 gg) irr.	0-20	0	-	0	-	0	-

*fito=grado fitotossicità scala 0-10

Figura 1 – Persistenza di iodosulfuron, metsulfuron-metile e triasulfuron a diversi tempi dal trattamento

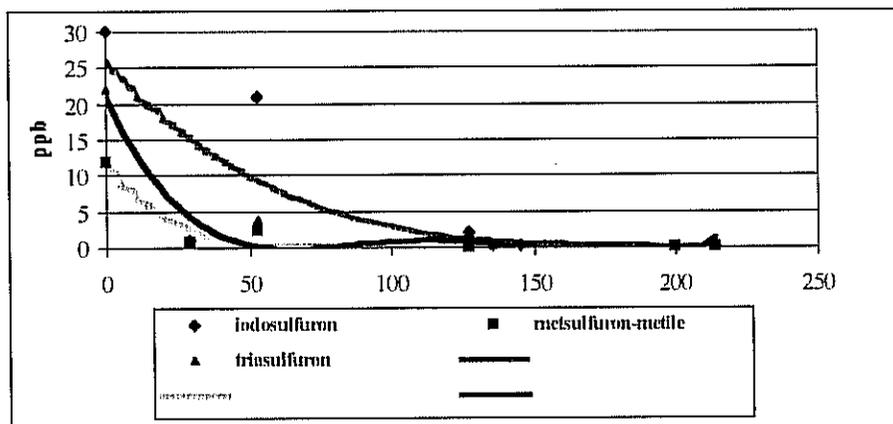


Tabella 3 – Risultati dei test biologici effettuati in serra con barbabetola da zucchero nell'anno 2003 in base ai valori di fitotossicità delle diluizioni standard di iodosulfuron, metsulfuron-metile e triasulfuron

Az. Agr. Progeo		Iodosulfuron		Metsulfuron-metile		Triasulfuron	
Diluizioni standard (frazione dose normale)		fito*	ppb	fito*	ppb	fito*	ppb
Dose normale		8	30	8	12	8,2	22
1/10		7,5	3	7,3	1,2	7,5	2,2
1/20		6,7	1,5	6,8	0,6	6,6	1,1
1/40		5,5	0,8	5,2	0,3	5,2	0,55
1/80		4,5	0,4	3	0,15	4	0,28
1/160		2,5	0,2	2	0,08	2,2	0,14
1/320		1	0,1	1,5	0,04	1,5	0,07
Concentrazione di p.a. stimata nei diversi prelievi e alle diverse profondità							
Prelievi	Profondità (cm)	fito*	ppb	fito*	ppb	fito*	ppb
1 - (T + 53 gg)	0-10	7,8	3-30	7,1	0,6-1,2	7,5	2,2
	10-20	6,9	1,5-3	6,4	0,3-0,6	5,6	0,55-1,1
	20-30	6,8	1,5-3	7,2	0,6-1,2	6,3	0,55-1,1
2 - (T + 127 gg)	0-10	4,9	0,4-0,8	3,2	0,15-0,3	3,7	0,14-0,28
	10-20	4,7	0,4-0,8	3,1	0,15-0,3	3,1	0,14-0,28
	20-30	4,4	0,2-0,4	2,1	0,08-0,15	2,7	0,14-0,28
	30-45	5	0,4-0,8	3,6	0,15-0,3	1,6	0,07-0,14
Az. Agr. Moscato							
Diluizioni standard (frazione dose normale)		fito*	ppb	fito*	ppb	fito*	ppb
Dose normale		7,9	30	7,7	12	8,2	22
1/10		7	3	7,6	1,2	6,7	2,2
1/20		6,6	1,5	7	0,6	6,1	1,1
1/40		5,3	0,8	5,5	0,3	5,8	0,55
1/80		4,7	0,4	4,6	0,15	4,7	0,28
1/160		2,5	0,2	3,2	0,08	3,5	0,14
1/320		1,7	0,1	1,7	0,04	1,5	0,07
Concentrazione di p.a. stimata nei diversi prelievi e alle diverse profondità							
Prelievi	Profondità (cm)	fito*	ppb	fito*	ppb	fito*	ppb
1 - (T + 29 gg)	0-10	5	0,4-0,8	4,1	0,08-0,15	6	0,55-1,1
	10-20	3,4	0,2-0,4	4,1	0,08-0,15	3,4	0,07-0,14
	20-30	4,3	0,2-0,4	4,3	0,08-0,15	4,6	0,14-0,28
2 - (T + 49 gg)	0-10	2,7	0,2-0,4	2	0,04-0,08	3	0,07-0,14
	10-20	3,1	0,2-0,4	2,1	0,04-0,08	3,1	0,07-0,14
	20-30	4	0,2-0,4	2,6	0,04-0,08	2,9	0,07-0,14
3 - (T + 127 gg) asciutto	0-5	2	0,1-0,2	2,5	0,04-0,08	2,8	0,07-0,14
	5-15	3	0,2-0,4	2,6	0,04-0,08	2,8	0,07-0,14
	15-30	2,2	0,1-0,2	2,8	0,04-0,08	1,8	0,07-0,14
	30-45	2,5	0,2	2,5	0,04-0,08	1,1	< 0,07
3 - (T + 127 gg) irrigato	0-5	2,1	0,1-0,2	2,3	0,04-0,08	2,7	0,07-0,14
	5-15	1,8	0,1-0,2	1,5	< 0,04	1,8	0,07-0,14
	15-30	2,3	0,1-0,2	1,8	0,04-0,08	1,3	< 0,07
	30-45	1,3	< 0,1	1,8	0,04-0,08	1,3	< 0,07
4 - (T + 200 gg)	0-10	0	-	2	0,04-0,08	0	-
	10-20	1	< 0,1	1,5	< 0,04	2	0,07-0,14
	20-30	0	-	0,3	< 0,04	0	-
	30-45	1	< 0,1	1	< 0,04	0	-
5 - (T + 214 gg) arato	0-20	0	-	0	-	1,3	< 0,07
5 - (T + 214 gg) estirp	0-20	1	< 0,1	0	-	1,7	0,07-0,14

*fito=grado fitotossicità scala 0-10

CONCLUSIONI

Dalle risultanze sperimentali ottenute in campo con la semina delle principali colture di successione su terreno sottoposto a differenti modalità di coltivazione e in serra dall'analisi biologica dei residui presenti nei campioni prelevati in tempi e profondità differenziate, è possibile trarre alcune importanti indicazioni riguardo il comportamento di iodosulfuron, metsulfuron-metile e triasulfuron impiegati per il diserbo di post-emergenza del frumento. Dalle verifiche di campo che prevedevano la riproduzione delle normali e più ricorrenti condizioni agronomiche non sono stati evidenziati sintomi di fitotossicità derivanti dall'attività residuale degli erbicidi utilizzati, fatta eccezione per una prova su finocchio seminato nel corso della tarda estate dopo circa 6 mesi dall'applicazione, che ha manifestato lievi sintomi di fitotossicità dovuti a residui di iodosulfuron, metsulfuron-metile e triasulfuron. Le colture di rafano, cicoria, soia, mais, bietola, medica, loietto e frumento seminate nel corso dell'estate o dell'autunno dopo 4-7 mesi dall'applicazione non hanno manifestato sintomi sia in coltura asciutta che irrigua, con differenti modalità di lavorazione preparatoria del terreno ed anche in assenza di lavorazione del suolo (semina diretta su sodo).

Dai saggi biologici condotti in serra allo scopo di evidenziare il comportamento ambientale delle solfoniluree utilizzate in post-emergenza del frumento, a supporto delle verifiche agronomiche condotte in campo, si è potuto evidenziare che, a distanza di 4-5 mesi dalla distribuzione in campo, l'attività erbicida dei residui bioattivi si manifesta con lievi sintomi sulle piante test di barbabietola da zucchero. È stato evidenziato un certo grado di mobilità lungo il profilo del suolo da parte degli erbicidi presi in esame, anche se l'approfondimento non pare abbia interessato lo strato sottostante quello arabile, limitando la pericolosità nei confronti delle acque di falda. Tuttavia, a distanza di circa 7 mesi dalla distribuzione in campo erano ancora presenti alcune tracce biologicamente attive, a conferma della elevata persistenza che possono manifestare queste sostanze. Le tracce di residui rilevate erano comunque infinitesimali e al limite della sensibilità biologica, come manifestato dalla specie indicatrice, la bietola, che è anche una coltura di possibile semina a distanza di 10-12 mesi dalla distribuzione degli erbicidi su frumento, nel corso della primavera successiva per quanto riguarda i comprensori dell'Italia settentrionale. In ogni caso le possibilità che si presentino problematiche di carattere agronomico sulle più sensibili colture di successione rimangono alquanto limitate.

LAVORI CITATI

- CAVAZZA L., PATRUNO A., 1993. Richiami sulle basi teoriche riguardanti la mobilità degli erbicidi nel terreno agrario. *Rivista di Agronomia*, XXVII, 2, 75-95.
- DONGIOVANNI G., COVARELLI L., ONOFRI A., 2000. Attività biologica, persistenza nel terreno ed intervalli di risemina di quattro erbicidi per il diserbo del frumento. *Atti Giornate Fitopatologiche*, 2, 471-476.
- FLORI P., MALUCELLI G., BANORRI M., CESARI A., 2002. Mobilità del diserbante primisulfuron su terreni disturbati. Parte 1^a: studio di laboratorio su colonna. *Atti Giornate Fitopatologiche*, 1, 145-150.
- RAPPARINI G., MARCHI F., PACI F., CIONI F., TUGNOLI V., 2000. Studio sugli erbicidi residuali impiegati in precessione a bietola. *L'Informatore Agrario*, 48, 47-50.
- RAPPARINI G., CAMPAGNA G., CAMPAGNA S., 2002. Sensibilità di colture di sostituzione a erbicidi impiegati su mais e altre sarchiate. *L'Informatore Agrario*, 14, 83-87.

RAPPARINI G., PACI F., BARTOLINI D., CAMPAGNA G., 2002. Studio con test biologici della persistenza e percolazione di metsulfuron-metile impiegato in post-emergenza del frumento. *Atti Giornate Fitopatologiche*, 1, 151-156.

RAPPARINI G., PACI F., CAMPAGNA G., 2003. Persistence and percolation of metsulfuron-methyl and iodosulfuron-methyl applied in post-emergence of wheat. *Proceedings 7th EWRS Symp. Weed control in sustainable agriculture in the mediterranean area – Adana*.

ROSSI PISA P., BERTOZZI R., VENTURA F., MAINI P., 1992. Inquinamento della falda da erbicidi in lisimetri coltivati a soia (*Glycine max* L.) e frumento (*Triticum*). *Rivista di Agronomia*, XXVI, 4 suppl., 690-696.

VICARI A., CATIZONE P., ZIMDAHL R. L., 1994. Persistence and mobility of chlorsulfuron and metsulfuron-metile under different soil and climatic conditions. *Weed Research*, 34, 147-155.