ATTI *Giornate Fitopatologiche*, 2004, 2, 39-46

STUDIO CON TEST BIOLOGICI DELLA PERSISTENZA E DELLA PERCOLAZIONE DI ACETOCLOR APPLICATO IN PRE-EMERGENZA DEL MAIS E MESOTRIONE IMPIEGATO IN POST-EMERGENZA

G. RAPPARINI[1], A. FABBI[1], A. CORTICELLI[2]
[1] Centro di Fitofarmacia - Dipartimento di Protezione e Valorizzazione Agroalimentare - Università degli Studi - Via Fanin, 46 - 40127 Bologna - grappari@agrsci.unibo.it
[2] Contrattista CRPV presso il Centro di Fitofarmacia

RIASSUNTO

Si riferisce di un'indagine pluriennale sulla persistenza e percolazione di acetoclor e mesotrione impiegati rispettivamente in pre e post-emergenza del mais in terreni di diversa natura (sabbiosi e limo-argillosi). Le concentrazioni dei residui biologicamente attivi degli erbicidi sono state rilevate in serra mediante la semina di *Setaria italica, Echinochloa crus-galli* e *Beta vulgaris* var. *saccharifera* su campioni di terreno prelevati a diverse profondità e intervalli di tempo. L'indagine ha permesso di constatare in entrambi i tipi di terreno bassi valori di percolabilità e persistenza di acetoclor e mesotrione, il quale nel terreno limo-argilloso ha invece manifestato una maggiore persistenza.
Parole chiave: acetoclor, mesotrione, test biologici, persistenza, percolazione

SUMMARY

STUDY WITH BIOASSAY OF PERSISTENCE AND MOBILITY OF ACETOCHLOR APPLIED IN PRE-EMERGENCE TREATMENTS OF MAIZE AND MESOTRIONE APPLIED IN POST-EMERGENCE TREATMENTS OF MAIZE

Results of three-years research on persistence and mobility of acetochlor applied in maize pre-emergence treatments and mesotrione applied in maize post-emergence treatments on clay and sandy soils are reported. The biologically active amounts of herbicides have been determined in green-house on soil samples collected from different depths and time, using *Setaria italica* and *Echinochloa crus-galli* for acetochlor and sugarbeet (*Beta vulgaris* var. *saccharifera*) for mesotrione. The study showed a low mobility of mesotrione and acetochlor and low persistence of acetochlor. Mesotrione on sandy soils showed low persistence and medium-high persistence in clay soil.
Key words: acetochlor, mesotrione, bioassay, persistence, percolation

INTRODUZIONE

La continua ricerca di nuove sostanze attive a basso impatto ambientale, in funzione dell'attuale tendenza alla riduzione delle dosi di principio attivo impiegate in agricoltura, ha portato alla sintesi di nuovi principi attivi per il diserbo del mais, e tra essi i più recenti sono acetoclor per il diserbo di pre-emergenza e mesotrione per le applicazioni di post-emergenza. Acetoclor è un principio attivo appartenente alla famiglia chimica delle cloroacetamidi, impiegato già da diversi anni negli Stati Uniti per il diserbo di pre-emergenza del mais, e recentemente introdotto in Europa, grazie alla sua formulazione in miscela con un fitoprotettore che ha consentito di migliorarne la selettività nei confronti della coltura (Grogna *et al.*, 2001). Nel suolo viene rapidamente adsorbito, e subisce degradazione microbiologica generalmente entro 8-12 settimane dall'applicazione, in funzione del tipo di terreno e delle condizioni idriche dello stesso (Ahrens *et al.*, 1994). La sua mobilità nel profilo del terreno risulta ridotta, e tende a variare in base alle caratteristiche del terreno stesso (Ahrens *et al.*, 1994). Mesotrione è una molecola sintetizzata a partire da sostanze naturali ottenute dalla

pianta arbustiva *Callistemon citrinus* appartenente alla famiglia delle Mirtacee (Béraud *et al.*, 2001). Si tratta di un principio attivo appartenente alla famiglia dei trichetoni, che agisce a livello della biosintesi dei carotenoidi inibendo l'attività dell'enzima p-idrossifenilpiruvato diossigenasi per competizione con il substrato di tale enzima, con arresto della produzione di plastochinone e accumulo di tirosina. Ciò comporta la distruzione della clorofilla con l'apparizione del tipico imbianchimento dei tessuti (Béraud *et al.*, 2001). Nell'ambiente viene rapidamente degradato per via microbica, e le basse dosi di applicazione permettono di ridurre a valori trascurabili il rischio di contaminazione delle acque superficiali e di falda (Bagossi *et al.*, 2000). L'interesse nell'impiego di queste molecole nel diserbo del mais risulta già affermato, con la loro adozione in strategie d'impiego di pre e post-emergenza del mais (Sutton *et al.*, 1999), che permettono un dosaggio limitato delle triazine (Compagnon *et al.*, 2001).

Il presente studio, condotto nell'ambito di una convenzione con il C.R.P.V., si è posto l'obbiettivo di valutare nelle condizioni ambientali proprie della regione Emilia-Romagna gli aspetti agronomici e ambientali connessi ai fenomeni di persistenza e percolazione, attraverso la determinazione dei residui biologicamente attivi di tali erbicidi tramite l'analisi biologica (Rapparini *et al.*, 1994).

MATERIALI E METODI

Negli anni 2002-2003 sono state eseguite in campo due prove per verificare la persistenza di acetoclor applicato in pre-emergenza del mais. Le prove per la determinazione dei residui di mesotrione applicato in post-emergenza sono state condotte negli anni 2001-2002-2003. In ciascun anno si è proceduto ad approntare due campi sperimentali, uno su terreno sciolto e l'altro su terreno limo-argilloso (tabella 1). I trattamenti sono stati effettuati mediante barra portata munita di ugelli a ventaglio irroranti un volume di 300 l/ha di soluzione o sospensione erbicida, su parcelle di 3×8 m ripetute due volte. Dopo gli interventi erbicidi, a cadenza mensile sono stati prelevati due campioni di terreno per parcella da quattro diversi strati di profondità: 0-5 cm, 5-15 cm, 15-30 cm, 30-45 cm. Questi campioni sono stati posti in congelatore per bloccare la degradazione degli erbicidi, in attesa dall'esecuzione dei test biologici, effettuati contemporaneamente sui campioni di terreno prelevati in tempi e profondità differenti. Successivamente si è proceduto, previo scongelamento dei campioni, a sgretolare il terreno con setacci per renderlo più omogeneo e idoneo alla semina in cassettine di plastica della capacità di 800 cm^3 contenenti circa 600 g di terreno. In ognuna di esse sono state seminate le essenze indicatrici (*Setaria italica* ed *Echinochloa crus-galli* per la determinazione di acetoclor e *Beta vulgaris* var. *saccharifera* per la determinazione di mesotrione) sensibili a tali principi attivi e idonea, sulla base di precedenti esperienze, a segnalarne la presenza a quantità infinitesimali. Contemporaneamente sono state predisposte cassettine di riferimento trattate con quantità note e decrescenti dei principio attivi oggetto di studio e seminate con la medesima specie test (diluizioni standard rispetto alla dose di campo). I sintomi di fitotossicità sono stati valutati mediante stima visiva a 3 settimane dall'emergenza delle piantine utilizzando la scala empirica 0-10 (0 = nessun sintomo, 10 = morte o mancata nascita della pianta). Per confronto tra le manifestazioni fitotossiche delle piante cresciute sui campioni di terreno prelevati in campo e quelle delle piante sviluppate sulle diluizioni standard, è stata approssimativamente determinata la concentrazione di diserbante biologicamente attivo presente nei campioni analizzati.

Andamento climatico: nel corso dei tre anni di attività sperimentale, la temperatura ha fatto registrare, durante l'esecuzione delle prove, valori minimi e massimi nella media poliennale della zona con differenze limitate fra i tre anni, con eccezione dell'anno 2003 in cui le

temperature nel periodo estivo sono state superiori alla media (tabella 2). Per quanto riguarda le precipitazioni, per facilitare la comprensione dei risultati ottenuti, è stata riportata la sommatoria delle precipitazioni verificatesi nei periodi intercorsi tra l'applicazione degli erbicidi e i diversi prelievi dei campioni eseguiti in campo (tabelle 3 e 4).

Tabella 1 – Caratteristiche chimico fisiche dei terreni oggetto d'indagine

Azienda	Tessitura (%)			pH	S.O. (%)	C.S.C. (meq/100 g)
	sabbia	limo	argilla			
Poggi	76	14	10	8,3	0,87	9,4
Progeo	22	46	32	7,9	2,37	28,9

Tabella 2 – Temperature minime e massime negli anni 2001-2002-2003

Mese	Temperatura minima media mensile (°C)						Temperatura massima media mensile (°C)					
	Az. Poggi			Az. Progeo			Az. Poggi			Az. Progeo		
	2001	2002	2003	2001	2002	2003	2001	2002	2003	2001	2002	2003
Marzo	5,7	0,6	1,1	6,2	1,4	1,5	15,4	16,5	14,5	14,9	14,4	14,1
Aprile	5,2	5,6	4,7	5,5	5,1	5,3	17,5	16,7	16,5	16,9	14,6	15,8
Maggio	12,7	11	11,5	12,8	10,2	11,5	25,3	22,9	26,2	24,2	20,4	26,2
Giugno	13,1	15,1	18,7	13,6	14,1	18,2	28,3	29,3	32,6	27,1	28,3	31,8
Luglio	17,3	16,9	18,4	17,2	17,2	17,8	30,5	29,4	32,1	29,6	28,5	31,7
Agosto	18,3	16,8	20,3	18,2	16,9	20,8	31,7	28,7	35,6	30,9	28,1	34,5
Settem.	10,4	12,3	10,6	11,1	13,3	12,8	23,2	22,9	25,1	22,2	22,6	23,8

Tabella 3 – Precipitazioni totali (mm) dal trattamento (T) ai diversi prelievi in campo (1,2,3,4P) relativi al test per la determinazione dei residui di acetoclor

Terreno sabbioso (Az. Poggi)				Terreno limo-argilloso (Az. Progeo)			
2002		2003		2002		2003	
Periodo	mm	Periodo	mm	Periodo	mm	Periodo	mm
T+38	79	T+27	56	T+36	81	T+28	85
T+59	172	T+57	75	T+57	131	T+62	120
T+91	215	T+91	119	T+85	178	T+92	136
T+173	452	T+177	176	T+168	385	T+165	170

Tabella 4 – Precipitazioni totali (mm) dal trattamento (T) ai diversi prelievi in campo (P1,2,3,4) relativi al test per la determinazione dei residui di mesotrione

Terreno sabbioso (Az. Poggi)						Terreno limo-argilloso (Az. Progeo)					
2001		2002		2003		2001		2002		2003	
Periodo	mm	Periodo	mm	Periodo	mm	Periodo	mm	Periodo	mm	Periodo	mm
T+41	102	*T+30*	95	*T+27*	35	*T+39*	145	*T+29*	77	*T+39*	38
T+78	116	*T+58*	136	*T+69*	75	*T+60*	150	*T+65*	123	*T+60*	57
T+125	288	*T+85*	167	*T+106*	85	*T+92*	255	*T+92*	222	*T+92*	66
T+156	393	*T+134*	370	*T+153*	100	*T+125*	362	*T+133*	292	*T+125*	78

Tabella 5 – Risultati dei test biologici effettuati su campioni prelevati su terreno sabbioso e limo-argilloso negli anni 2002 e 2003 proveniente da parcelle trattate in pre-emergenza con acetoclor

Anno	Profondità prelievo	Grado di fitotossicità (scala 0-10) rilevato su piantine di *Setaria italica* in accrescimento												
		Su campioni di terreno prelevati in campo a n giorni dal trattamento								Su terreno trattato con diluizioni standard				
										Dose				
		Terreno sabbioso (1600 g/ha)				Terreno limo-argilloso (2000 g/ha)				Frazione della dose di campo	Terreno sabbioso		Terreno limo argilloso	
											ppb	Fitotossicità	ppb	Fitotossicità
		Risultati del test effettuato nel 2002 utilizzando come essenza indicatrice *Setaria italica*												
		+38	*+59*	*+91*	*+173*	*+36*	*+57*	*+85*	*+168*	1/4	1224	8,2	1531	9,7
2002	0-5	5,0	1,5	0	0	9,2	5,0	0	0	1/8	612	7,7	765	9,2
	5-15	0	0	0	0	0	0	0	0	1/16	306	7,2	3863	8,2
	15-30	0	0	0	0	0	0	0	0	1/32	153	2,0	191	7
	30-45		0	0	0		0	0	0	1/64	76	1,5	96	6,5
		Risultati del medesimo test effettuato utilizzando come essenza indicatrice *Echinochloa crus-galli*												
		+38	*+59*	*+91*	*+173*	*+36*	*+57*	*+85*	*+168*	1/4	1224	9,4	1531	9,9
	0-5	5	2	0	0	9,3	5,2	0	0	1/8	612	5,5	765	9,5
	5-15	0	0	0	0	0	0	0	0	1/16	306	0	3863	8,2
	15-30	0	0	0	0	0	0	0	0	1/32	153	0	191	6,5
	30-45		0	0	0		0	0	0	1/64	76	0	96	2,5
2003		Risultati del test effettuato nel 2003 utilizzando come essenza indicatrice *Setaria italica*												
		+27	*+57*	*+91*	*+177*	*+28*	*+62*	*+92*	*+165*	1/4	1469	8,5	1836	9,5
	0-5	5	2	0	0	9	3,5	1	0	1/8	735	7,5	918	7
	5-15	0	0	0	0	2,25	0	0	0	1/16	368	6	459	5
	15-30	0	0	0	0	0	0	0	0	1/32	184	5	230	4
	30-45	0	0	0	0	0	0	0	0	1/64	92	2	115	3
		Risultati del medesimo test effettuato utilizzando come essenza indicatrice *Echinochloa crus-galli*												
		+27	*+57*	*+91*	*+177*	*+28*	*+62*	*+92*	*+165*	1/4	1469	8,5	1836	8,5
	0-5	4,5	2,2	0	0	9	4	1	0	1/8	735	6,5	918	7,5
	5-15	0	0	0	0	2,15	0	0	0	1/16	368	5	459	7
	15-30	0	0	0	0	0	0	0	0	1/32	184	3	230	6
	30-45	0	0	0	0	0	0	0	0	1/64	92	2	115	0,5

Tabella 6 – Risultati dei test biologici effettuati su campioni prelevati su terreno sabbioso e limo-argilloso negli anni 2001, 2002 e 2003 provenienti da parcelle trattate in post-emergenza mesotrione

Anno	Profondità prelievo	Grado di fitotossicità (scala 0-10) rilevato su piantine di *Beta vulgaris* var. *saccharifera* in accrescimento											
		Su campioni di terreno prelevati in campo a n giorni dal trattamento								Su terreno trattato con diluizioni standard			
										Dose		Grado di fitotossicità	
		Terreno sabbioso				Terreno limo-argilloso				*	ppb	Terr sabb	Terr limo argil
2001		*+41*	*+78*	*+125*	*+156*	*+39*	*+60*	*+92*	*+125*	1/20	12	10	9,7
	0-5	5,1	1,5	1	0	10	10	8	8	1/40	6	9	7,2
	5-15	4,1	0	0	0	1	1,7	0	0	1/80	3	4,7	5,2
	15-30	0	0	0	0	0	0	0	0	1/160	1,5	1	3
	30-45									1/320	0,7	0,7	0
2002		*+30*	*+58*	*+85*	*+134*	*+29*	*+65*	*+92*	*+133*	1/20	12	10	10
	0-5	0	0	0	0	7,2	0	0	0	1/40	6	10	10
	5-15	0	0	0	0	0	0	0	0	1/80	3	6,0	10
	15-30	0	0	0	0	0	0	0	0	1/160	1,5	1,5	6,5
	30-45	0	0	0	0	0	0	0	0	1/320	0,7	0,2	3,5
2003		*+27*	*+69*	*+106*	*+153*	*+39*	*+60*	*+92*	*+125*	1/20	12	10	10
	0-5	4,7	0	0	0	9,7	9,8	9,6	9,8	1/40	11	9,9	9,7
	5-15	0	0	0	0	6,5	6,5	5,7	5	1/80	5	9,7	9,4
	15-30	0	0	0	0	0	0	4	3,7	1/160	3	8,5	8,5
	30-45	0	0	0	0	0	0	0	0	1/320	1,5	4,5	7

* Frazione della dose di campo

RISULTATI

Valutazione del comportamento di acetoclor e mesotrione applicati su terreno sabbioso

La presenza di acetoclor è stata rilevata nel terreno sabbioso attraverso la semina delle due specie test *Setaria italica* ed *Echinochloa crus-galli* che nel 2002 hanno permesso la rilevazione del prodotto esclusivamente nello strato di terreno compreso tra 0 e 5 cm di profondità fino a 59 giorni dal trattamento; nel 2003 il principio attivo è stato rilevato utilizzando le medesime piante test fino a 57 giorni dalla sua applicazione in campo ed anche in questo caso solo nello strato superficiale. Mesotrione applicato in post-emergenza del mais nel terreno sabbioso è stato rilevato attraverso la semina dell'essenza indicatrice *Beta vulgaris* var. *saccharifera*. Il principio attivo è stato riscontrato nel 2001 fino a 78 giorni dalla applicazione e lievi sintomi sulla pianta test ne hanno rilevato la presenza di tracce fino a 125 giorni dall'applicazione in campo. Per quanto riguarda il movimento nel profilo, lo si è

Figura 1 – Valori della fitotossicità (scala 0-10) di acetoclor su piantine di *Setaria italica*

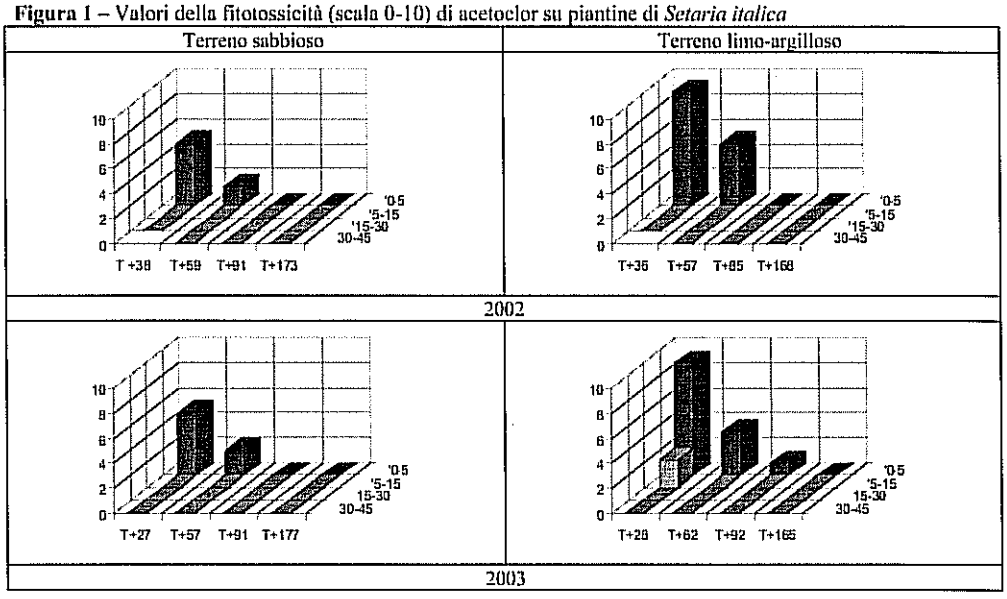
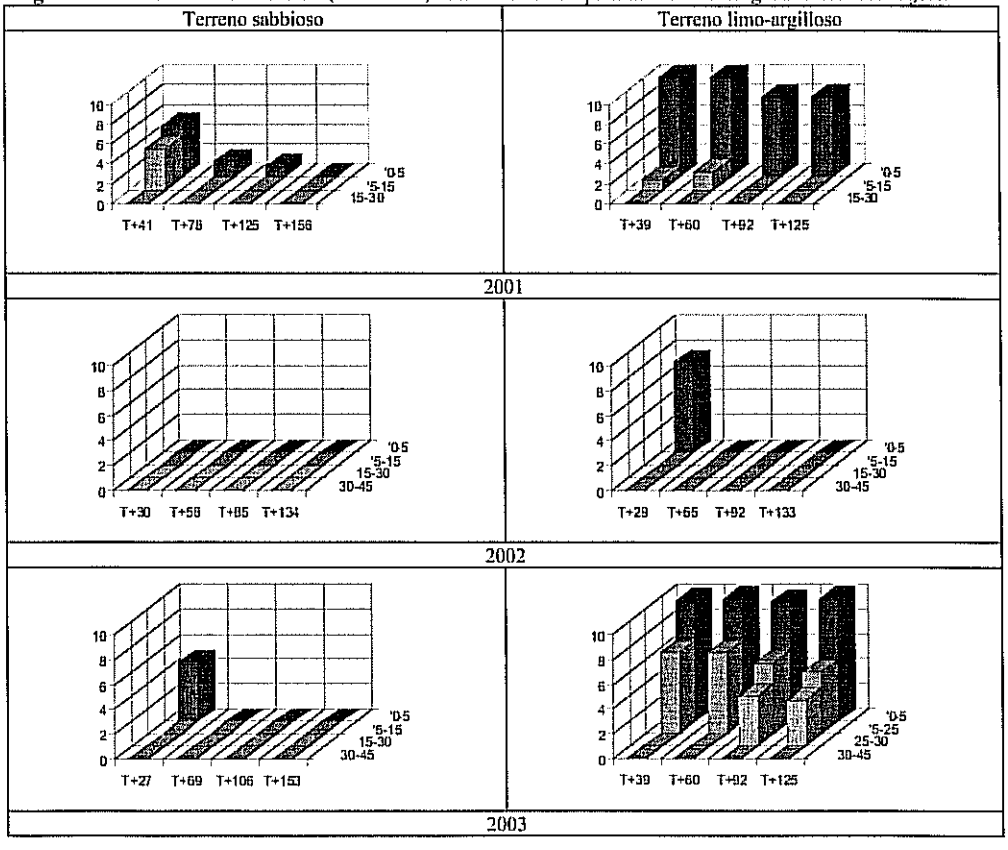


Figura 2 – Valori della fitotossicità (scala 0-10) di mesotrione su piantine di *Beta vulgaris* var. *saccharifera*



ritrovato fino alla profondità di 15 cm esclusivamente al primo campionamento effettuato a 41 giorni dall'applicazione. Nel 2002, anno con elevata piovosità, é emersa una rapidissima degradazione del prodotto, che non è stato rilevato nemmeno al primo prelievo effettuato a 30 giorni dal trattamento. Nel 2003, anno molto siccitoso, il prodotto è stato rilevato solo al primo campionamento, peraltro a basse concentrazioni, grazie alla rapida degradazione che il principio attivo subisce in tale tipo di terreno.

Valutazione del comportamento di acetoclor e mesotrione applicati su terreno limo-argilloso

In seguito all'applicazione di acetoclor in pre-emergenza del mais su terreno di tipo limo-argilloso, grazie alla sintomatologia presentata dalle piantine di *Setaria italica* ed *Echinochloa crus-galli* seminate nei campioni di terreno prelevati in campo, è stato possibile rilevare la presenza del prodotto fino a 57 giorni dal trattamento diserbante, esclusivamente nello strato superficiale. L'anno successivo tracce di questo principio attivo sono state ritrovate fino a 92 giorni dal trattamento nello strato superficiale, ma la presenza in quantità apprezzabili è stata rilevabile solo fino a 62 giorni dall'applicazione. In tale anno tracce del prodotto sono state rilevate a 28 giorni dal trattamento fino a 15 cm di profondità, evidenziando una pur limitata mobilità; in seguito a tale profondità non è più stato rilevato.

Mesotrione, applicato in post-emergenza, ha mostrato in questo tipo di terreno una certa persistenza, grazie ai sintomi causati sulle piantine di *Beta vulgaris* var. *saccharifera*, pianta che si è dimostrata estremamente sensibile a tale principio attivo e in grado di rilevarne la presenza a concentrazioni infinitesimali. Nel 2001 la presenza della sostanza attiva è stata evidenziata nello strato superficiale fino a 125 giorni dall'applicazione in campo e tracce molto limitate sono state riscontrate anche nello strato compreso tra 5 e 15 cm di profondità, ma solo fino a 60 giorni dall'applicazione in campo. Nel 2002 l'elevata piovosità ha limitato la presenza del principio attivo a 30 giorni dall'applicazione, mentre in seguito una rapida degradazione non ha consentito di rilevarlo. Tale rapida degradazione ha impedito completamente la mobilità del principio attivo. I risultati ottenuti in seguito ai test biologici effettuati nel 2003 hanno invece riconfermato la sua elevata persistenza, oltre i 125 giorni, accentuata dalla siccità e dalle elevate temperature che probabilmente ne hanno ostacolato la degradazione microbica. Questo ha causato un aumento della mobilità, come dimostrano le tracce di principio attivo ritrovate fino a 30 cm a 125 giorni dal trattamento diserbante.

CONCLUSIONI

Dai risultati sperimentali evidenziati da tre anni di analisi biologica sui residui dei due principi attivi più recenti per quanto riguarda la lotta alle malerbe infestanti il mais, è possibile trarre alcune conclusioni sul loro comportamento nel terreno in relazione a diverse condizioni pedoclimatiche. In merito alla persistenza nel terreno, il comportamento di acetoclor tende a rimanere invariato nei due tipi di terreno considerati, e il prodotto tende a perdurare circa due mesi, anche in condizioni di piovosità limitata. La persistenza di mesotrione, invece, si diversifica molto in base al tipo di terreno, e in particolare è limitata a un massimo di due mesi nel terreno sabbioso, dove il prodotto subisce una più veloce degradazione anche a temperature piuttosto elevate. Nel terreno limo-argilloso, il principio attivo ha mostrato una persistenza maggiore, fino a quattro mesi in 2 dei 3 anni di prove, probabilmente per una minore degradazione a cui è soggetto soprattutto in concomitanza di elevate temperature e scarsa umidità, per la minore attività della flora microbica. Per quanto concerne il movimento lungo il profilo del terreno, acetoclor ha evidenziato una mobilità quasi nulla, rimanendo nello strato superficiale. La mobilità di mesotrione è risultata in generale trascurabile. Eccezionale può essere considerato l'ultimo anno di prove, in cui, a causa probabilmente della scarsa

degradazione microbica, il prodotto è stato riscontrato fino a 30 cm di profondità, quindi pienamente all'interno dello strato arabile. Si è osservata l'assenza del principio attivo nello strato più profondo (30-45 cm). In base a tali evidenze, seppure si attenda una verifica attraverso complementari analisi fisico-chimiche, si ritiene di poter escludere per queste sostanze attive l'inquinamento delle acque di falda.

La limitata persistenza di acetoclor e quella media di mesotrione permettono di escludere la possibilità di danni alle colture in successione, anche in considerazione delle numerose lavorazioni di preparazione dei letti di semina, che vengono normalmente effettuate dopo la trebbiatura del mais.

LAVORI CITATI

AHRENS W.H., 1994. Herbicide Handbook, 7th edition. Weed Science Society of America, Champaign, Illinois, U.S.A.

BAGOSSI A., MALIZIA R., FERRARI G., GIACCHÈ E., SERRATI L., 2000. Mesotrione nuovo erbicida di post emergenza per la lotta alle infestanti mono e dicotiledoni del mais. *Atti Giornate Fitopatologiche*, 2, 411-416.

BERAUD J.M., COMPAGNON J.M., 2001. Interêt de la mésotrione pour la mise au point de stratégies de désherbage du mäis en post levée sans atrazine. In Proceeding *ANPP – Dix-huitième Conférence du Columa,* Toulouse, 649-657.

BERAUD J.M., COMPAGNON J.M., KAY F., 2001. Mésotrione herbicide sélectif du mäis. *Phytoma, la défense des végétaux*, 542, 41-44.

BERAUD J.M., LE SIOURD J., 1998. ZA1296, une nouvelle tricétone destinée au désherbage du mäis pour lutter en post émergence contre le dycotilédones et le graminées adventices. In Proceeding *ANPP – Dix-septième Conférence du Columa*, Dijon, 481-488.

GROGNA R., PLANCKE M. P., 2001. Interêts et rôle d'un phytoprotecteur dans les formulations d'acétochlore pour le désherbage du mäis. In Proceeding *ANPP – Dix-huitième Conference du Columa,* Toulouse, 667-675.

RAPPARINI G., BARTOLINI D., 1998. Prove di lotta contro le infestanti del mais con trattamenti di pre-emergenza. *Atti Giornate Fitopatologiche*, 363-368.

RAPPARINI G., CAMPAGNA G., BALESTRI L., PIZZI M., 1994. Studio della persistenza e percolazione delle solfoniluree del mais. *Atti Giornate Fitopatologiche*, 1, 97-104.

RAPPARINI G., MARCHI F., CAMPAGNA G., 2000. Studio con test biologici della persistenza e percolazione di terbutilazina, isossaflutolo e sulcotrione impiegati in pre e post-emergenza del mais. *Atti Giornate Fitopatologiche*, 1, 201-208.

SUTTON P.B., FOXON G.A., BÉRAUD J.M., ANDERSON J., 1999. Integrated weed management system for maize using mesotrione, nicosulfuron and acetochlor. Proceedings of the *British Crop Protection Council Conference* - Weeds, 1, 225-230.