INFLUENZA DEL LIVELLO DI POLVERIZZAZIONE DELLE GOCCE E DELLA QUALITÀ DELLA DISTRIBUZIONE SULL'EFFICACIA BIOLOGICA DI DUE DIVERSI FORMULATI DI UN'ERBICIDA

P. MARUCCO[1], F. VIDOTTO[2], F. TESIO[2], P. BALSARI[1]
[1] DEIAFA - Università di Torino - Via L. da Vinci, 44, 10095 Grugliasco (TO)
[2] AGROSELVITER – Università di Torino – Via L. da Vinci, 44, 10095 Grugliasco (TO)
paolo.marucco@unito.it

RIASSUNTO

Betanal Expert® e Betanal Progress® sono due formulazioni dello stesso erbicida sistemico a base di phenmedipham, desmedipham ed ethofumesate, principalmente impiegato sulla barbabietola da zucchero. La nuova formulazione Expert è stata concepita con lo scopo di migliorare la distribuzione del principio attivo sulla superficie fogliare, di facilitarne l'assorbimento e, in definitiva, di accrescere l'efficacia erbicida del prodotto. Sulle due diverse formulazioni esaminate sono state condotte una serie di prove in laboratorio mirate sia a valutarne gli effetti di tipo "meccanico" sulla distribuzione dello spray (misura della dimensione delle gocce erogate, della portata rilevata con diverse tipologie di ugelli, del livello di copertura del bersaglio e del tempo medio di evaporazione delle gocce), sia a verificarne l'efficacia biologica su plantule di *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album* e *Solanum nigrum* considerando diverse modalità di applicazione, esaminando l'effetto della temperatura e valutando i tempi di assorbimento del p.a. Le prove condotte hanno evidenziato una sostanziale analogia tra i risultati ottenuti con Betanal Progress e con Betanal Express; le principali differenze tra i due formulati hanno riguardato il tempo di evaporazione delle gocce e il livello medio di efficacia, risultati maggiori per la formulazione Progress.
Parole chiave: erbicida, formulazione, copertura, evaporazione

SUMMARY

INFLUENCE OF DROPLET SIZE AND SPRAY DISTRIBUTION QUALITY ON BIOLOGICAL EFFICACY FOR TWO DIFFERENT HERBICIDE FORMULATIONS

Betanal Expert® and Betanal Progress® are two different formulations of the same sistemic herbicide based on phenmedipham, desmedipham and ethofumesate, that is mainly applied on sugar beet. Expert formulation was realised to improve the spray distribution on the leaf surface, to facilitate plant absorption and therefore to increase the efficacy of the herbicide. On both product formulations laboratory tests were carried out either to assess their "mechanical" effects on spray distribution (measurement of droplet size, nozzle flow rate using different nozzle types, target coverage and average droplet evaporation time) or to check their biological efficacy on target plants of *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album* and *Solanum nigrum* taking into account different application parameters, examining the effect of environmental temperature and assessing the time for plant absorption of the active ingredient. Test results pointed out that the two formulations provided similar results, except than for the droplet evaporation time and average efficay that resulted higher using Betanal Progress.
Keywords: herbicide, formulation, coverage, evaporation

INTRODUZIONE

La formulazione dei prodotti fitoiatrici è un elemento chiave non soltanto in termini di efficacia biologica ma anche per quanto riguarda la loro interazione con le attrezzature impiegate per la distribuzione in campo (de Schampheleine *et al.*, 2009). Nel presente studio

sono state esaminate due diverse formulazioni dell'erbicida sistemico Betanal®, a base di phenmedipham, desmedipham ed ethofumesate, impiegato su barbabietola da zucchero: Betanal Progress® e Betanal Expert®. Quest'ultima formulazione, più innovativa, si avvale della tecnologia AMD (Advanced Micro Droplet) che, attraverso l'impiego di un complesso veicolante olio/liquido, dovrebbe consentire, rispetto all'originale formulazione Progress, di ottenere una migliore distribuzione del prodotto sul bersaglio, una maggiore durata della fase liquida sulla superficie fogliare ed un più rapido e completo assorbimento dei principi attivi nella pianta oggetto del trattamento.

In un primo gruppo di prove di laboratorio, svolte presso il DEIAFA dell'Università di Torino, sono stati analizzati (studiati) gli effetti di tipo "meccanico" delle due diverse formulazioni sulla qualità dello spray erogato. In particolare, operando con diverse tipologie di ugelli, si è misurata la dimensione delle gocce erogate, l'entità della portata degli ugelli, il livello di copertura del bersaglio – utilizzando sia foglie di specie infestanti che cartine idrosensibili – ed il tempo di evaporazione delle gocce depositatesi sul bersaglio.

Un secondo gruppo di prove, realizzate presso il Dipartimento AGROSELVITER dell'Università di Torino, è stato condotto con lo scopo di valutare l'efficacia biologica dei due formulati erbicidi in funzione della tipologia di ugello impiegata e delle condizioni di temperatura ambientale al momento dell'applicazione, nonché con lo scopo di misurare il tempo di assorbimento del principio attivo all'interno della pianta bersaglio del trattamento.

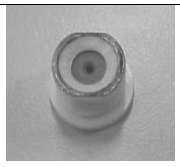
MATERIALI E METODI

Effetti delle formulazioni Betanal Progress e Betanal Expert sulla qualità delle gocce erogate e sulla qualità della distribuzione sul bersaglio

Le prove sono state condotte presso il DEIAFA dell'Università di Torino, con cinque diverse tipologie di ugelli (tabella 1) impiegando tre diversi liquidi di prova: a) acqua pura; b) acqua + Betanal Progress all'1% (v/v); acqua + Betanal Expert all'1% (v/v).

Tabella 1. Tipologie di ugelli e relative pressioni di esercizio impiegate nelle prove

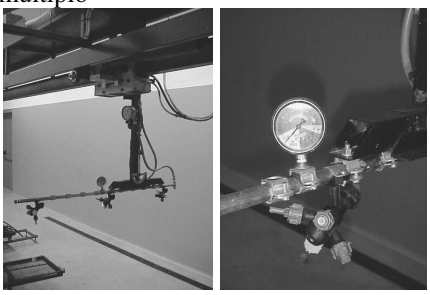
Tipo di ugello	Pressione di esercizio
XR 015 (fessura tradizionale)	8 bar
XR 02 (fessura tradizionale)	4 bar
XR 03 (fessura tradizionale)	2 bar
AI 015 (fessura ad iniezione d'aria)	8 bar
ATR giallo (turbolenza tradizionale)	8 bar



Per le prove di misura della dimensione delle gocce, di erogazione del liquido su bersagli naturali e artificiali e di misura del tempo di evaporazione delle gocce depositate sui bersagli si è operato in un laboratorio provvisto di una rotaia motorizzata, con velocità di avanzamento regolabile, dotata di una barra con tre portaugelli multipli a quattro elementi (figura 1), in grado di simulare il funzionamento di una barra irroratrice in campo. La velocità di

avanzamento della barra è stata impostata per tutte le prove a 6 km/h al fine di ottenere un volume di distribuzione pari a 200 l/ha.

Figura 1. Rotaia motorizzata provvista di una sezione di barra irroratrice impiegata nelle prove e particolare del portaugelli multiplo



Misura della portata degli ugelli

È stato raccolto in un cilindro graduato il liquido erogato da ciascun ugello in un periodo di tempo cronometrato, quindi è stato pesato con una bilancia caratterizzata da una sensibilità di 0,1 g. I valori ottenuti sono stati espressi in l/min. Per ciascuna combinazione ugello/liquido sono state effettuate tre ripetizioni della prova ed i risultati sono stati sottoposti ad analisi statistica (ANOVA multivariata).

Determinazione della dimensione delle gocce

Per misurare la dimensione delle gocce erogate dai diversi ugelli provati al fine di ricavare il Diametro Mediano Volumetrico (VMD), alle miscele di prova è stata aggiunta Fluoresceina sodica quale tracciante in misura pari a 0,5 g/l. Tale tracciante ha la particolarità di essere fluorescente se illuminato con luce UV e di non essere influenzato dalla colorazione o dall'opacità del formulato commerciale cui è stato aggiunto.

La determinazione della dimensione delle gocce prodotte da ciascun ugello è stata effettuata raccogliendo su delle capsule Petri di diametro pari a 90 mm, contenenti due strati sovrapposti d'olio di silicone di differente viscosità (1,05 mPa.s e 0,96 mPa.s rispettivamente), il liquido erogato dalla barra irroratrice montata sulla rotaia e successivamente analizzando attraverso una fotocamera digitale ed un software dedicato per l'analisi delle immagini (Image Pro Plus®) un campione di almeno 1000 gocce per ciascuna tipologia di ugello esaminata. Per garantire un'ottimale illuminazione del campione e quindi una migliore fluorescenza del prodotto erogato, il sistema d'illuminazione è stato reso solidale con la struttura della fotocamera. Tutte le prove sono state condotte disponendo le capsule Petri ad una distanza di 500 mm dagli ugelli.

Valutazione del livello di copertura del bersaglio

Nello svolgimento delle prove sono state utilizzate foglie di due differenti specie infestanti: *Amaranthus retroflexus* e *Chenopodium album*. Le foglie sono state prelevate da piantine allo stadio di 5-6 foglie, quindi sono state disposte su appositi sostegni, regolabili in altezza e inclinazione, per simulare diverse condizioni di impatto tra il getto erogato dagli ugelli e la superficie del bersaglio. In particolare le foglie sono state disposte ad una distanza di 500 mm dalla barra in due differenti posizioni: su un piano orizzontale, quindi con la superficie fogliare ortogonale alla direzione del getto, e inclinate di 45° rispetto al piano orizzontale.

Misura del tempo di evaporazione delle gocce

Lo scopo della prova era quello di individuare e quantificare l'influenza della presenza dei due prodotti commerciali all'interno della miscela sul tempo di evaporazione delle gocce prodotte dall'ugello. Per valutare il tempo di evaporazione si è provveduto a irrorare le miscele su capsule Petri del diametro di 145 mm, precedentemente pesate, posizionandole immediatamente su una bilancia con sensibilità di 5 mg in un locale con temperatura e umidità costanti, e pari rispettivamente a 18°C ed al 63%. La bilancia impiegata per tali prove effettua una pesata al secondo e memorizza i dati sul PC a cui è collegata.

Dalla elaborazione dei dati ottenuti sono state ottenute delle curve che indicano la variazione di peso subita nel tempo dal campione. I risultati sono stati espressi in termini di tempo necessario (secondi) per l'evaporazione di 100 µl di miscela erogata.

Valutazione dell'efficacia erbicida in funzione della tipologia di ugello, delle condizioni di temperatura e del tempo di assorbimento

Nelle prove condotte presso il dipartimento AGROSELVITER, sono state utilizzate le specie *Amaranthus retroflexus* (AMARE), *Chenopodium album* (CHEAL) e *Solanum nigrum* (SOLNI). I semi di AMARE sono stati posti a germinare su sabbia regolarmente inumidita. Dopo l'emergenza le plantule sono state trapiantate in vasetti di dimensioni 6x6 cm contenenti una miscela di terriccio commerciale. In ogni vasetto sono state trapiantate 5 piante. I semi di CHEAL e SOLNI sono stati collocati direttamente in vasetti di dimensioni 6x6 cm contenenti una miscela di terriccio commerciale. I semi sono stati posti in superficie e ricoperti con un sottile strato di sabbia. Durante tutte le fasi di sviluppo delle piante, i vasetti sono stati mantenuti con una sufficiente dotazione idrica. Dopo il trattamento i vasi sono stati concimati aggiungendo 1 g/l di concime (N.P.K 10-16-25 + B, Fe, Mn, Zn) all'acqua di irrigazione.

In tutte le prove l'efficacia erbicida è stata valutata misurando il peso fresco della parte aerea di tutte le piante presenti nelle singole unità sperimentali (Vidotto *et al*., 2007). L'efficacia del trattamento nelle prove 1 e 2 è stata inoltre determinata in termini percentuali (0: nessuna efficacia; 100: efficacia completa) attraverso una stima visiva. I rilievi sono stati effettuati 10 giorni dopo il trattamento. I dati relativi al peso fresco sono stati espressi come percentuale di sviluppo rispetto al peso fresco delle piante non sottoposte a trattamento. I valori di sviluppo relativo così calcolati sono stati sottoposti ad analisi della varianza, eseguita singolarmente per le diverse dosi impiegate. I dati sono stati inoltre sottoposti ad analisi della regressione, impiegando un modello logistico (Brain and Cousens, 1989; Schabenberger e Birch, 2001; Streibig *et al*., 1993). A partire dalle equazioni così stimate è stato possibile calcolare, per ogni situazione sperimentale, la dose dell'erbicida in grado di determinare una riduzione di sviluppo rispetto al testimone pari all'80% o al 90% (GR80 e GR90, rispettivamente). A seconda dei risultati ottenuti è stato scelto di considerare GR80 o GR90.

Influenza del tipo di ugello sulla efficacia erbicida

In questa prova l'efficacia erbicida dei due formulati è stata determinata sottoponendo le tre specie a dosi crescenti degli erbicidi, applicati utilizzando 3 tipologie di ugelli a fessura: 1) XR 03; 2) XR 02; 3) XR 015. Le dosi adottate erano 4; 2; 1; 0,5; 0,25 e 0,125 volte la dose media di impiego (2 l/ha di formulato commerciale).

In totale sono stati considerati 42 trattamenti (2 formulati x 7 dosi x 3 ugelli), oltre a un testimone non trattato di riferimento, con 3 ripetizioni. Tutte le diluizioni necessarie per i trattamenti sono state effettuate impiegando acqua deionizzata. Dopo il trattamento, i vasi sono stati mantenuti in condizioni di serra e disposti secondo un disegno sperimentale completamente randomizzato.

Influenza della temperatura sulla efficacia erbicida

In questa prova l'efficacia erbicida dei due formulati è stata determinata nei confronti di CHEAL, utilizzando un solo tipo di ugello (XR 03). Per ogni prodotto sono state considerate le stesse dosi comprese fra 4 volte e 1/8 la dose media di impiego già descritte per la prova precedente. Tutti trattamenti sono stati ripetuti su tre gruppi di vasi. Dopo il trattamento, un primo gruppo è stato mantenuto a 10°C in cella climatica per 10 giorni. Il secondo gruppo è stato mantenuto a 10°C per 5 giorni e quindi trasferito in serra per i rimanenti 5 giorni. Il terzo gruppo è stato mantenuto in serra per 10 giorni.

Valutazione della rapidità di assorbimento

La rapidità di assorbimento dei due formulati in studio è stata valutata sottoponendo plantule di SOLNI ad un intervento piovoso simulato realizzato a 0,5; 1; 2; 4 oppure 8 ore dal trattamento con una intensità di pioggia di 8, 16 oppure 24 mm/h. Ogni intervento piovoso ha avuto una durata di 3 minuti. I due formulati sono stati impiegati alla dose media di impiego (2 l/ha di formulato commerciale) suggerita in etichetta. Oltre ad un testimone non trattato è stato inserito un testimone trattato per ciascun formulato e non sottoposto a pioggia.

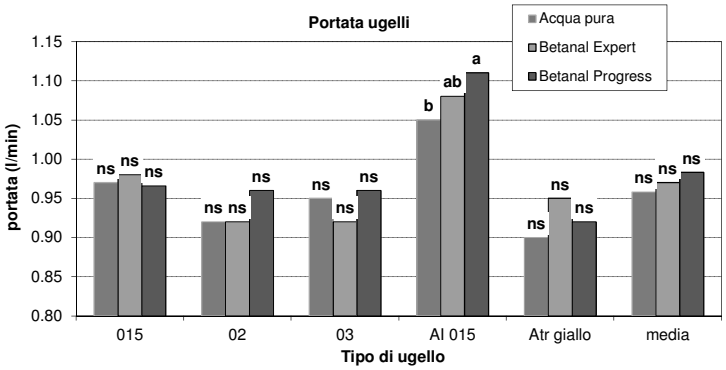
RISULTATI

Effetti delle formulazioni Betanal Progress e Betanal Expert sulla qualità delle gocce erogate e sulla qualità della distribuzione sul bersaglio

Misura della portata degli ugelli

Dal confronto delle portate ottenute e dalla loro analisi statistica si è osservato che, generalmente, la presenza del formulato non comporta differenze significative rispetto all'impiego di acqua pura. Soltanto nel caso dell'ugello a fessura ad iniezione d'aria (AI015) la presenza del Betanal, in particolare nella formulazione Progress, ha determinato un significativo aumento del valore della portata dell'ugello (+6%) rispetto all'utilizzo di acqua pura (figura 2).

Figura 2. Valori di portata (l/min) misurati per le diverse tipologie di ugello in funzione del liquido di prova impiegato (test di Duncan, p=0,05)

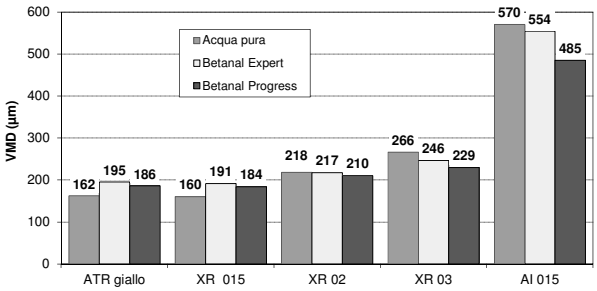


Determinazione della dimensione delle gocce

In termini generali la presenza del Betanal (sia Expert che Progress) alla concentrazione dell'1% nella miscela erogata ha determinato un aumento della dimensione media delle gocce (VMD) rispetto all'utilizzo di acqua pura quando si è operato con gli ugelli caratterizzati da un

livello di polverizzazione del liquido fine (ATR giallo, XR 015 per i quali il VMD è minore di 200 µm). In particolare, con il Betanal Expert tali incrementi sono risultati dell'ordine del 20%, mentre con il Betanal Progress sono risultati del 15% circa. Con livelli di polverizzazione più grossolani (ugelli XR 02, XR 03, AI 015, caratterizzati da valori del VMD superiori a 200 µm), la presenza del Betanal nella miscela erogata ha determinato, invece, una riduzione del diametro medio delle gocce rispetto a quello ottenuto con l'impiego di acqua pura. Tali differenze sono risultate più consistenti (15% circa) quando si è operato con il Betanal Progress e più contenute (0,5÷8%) con il Betanal Expert (figura 3).

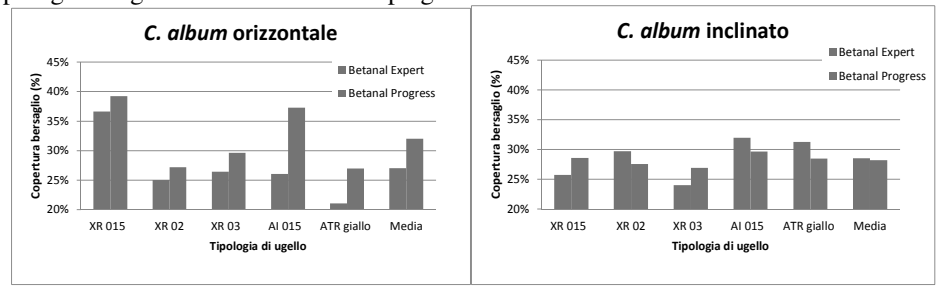
Figura 3. Valori del VMD (µm) registrati per le differenti tipologie di ugelli in funzione del liquido di prova impiegato



Valutazione del livello di copertura del bersaglio

Con tutte le tipologie di ugello utilizzate la copertura delle foglie di *C. album* disposte ortogonalmente rispetto al getto erogato dall'ugello è risultata maggiore (in media +5%) quando si è impiegata la miscela contenente Betanal Progress. Tale andamento non è stato riscontrato sulle foglie di *C. album* inclinate di 45° rispetto al getto dell'ugello. In questo caso, infatti, la copertura media del bersaglio è risultata sostanzialmente analoga per le due formulazioni del prodotto (figura 4).

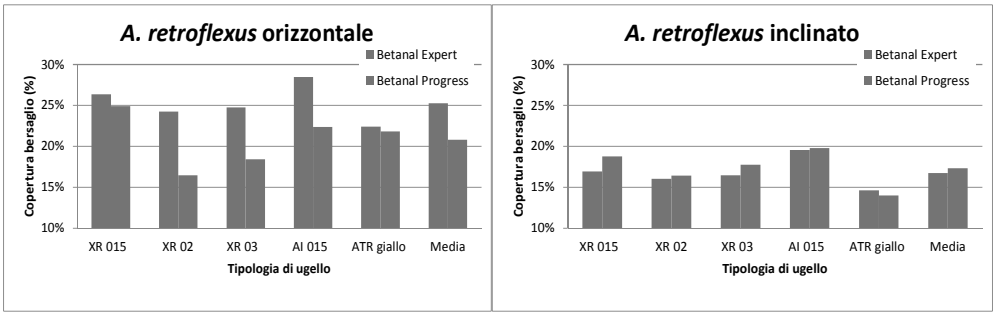
Figura 4. Livello di copertura delle foglie di *C. album* disposte ortogonalmente (a sinistra) e inclinate di 45° (a destra) rispetto alla direzione del getto degli ugelli in funzione della tipologia di ugello e del formulato impiegati



I risultati delle prove analoghe condotte su *A. retroflexus*, invece, hanno evidenziato che la copertura delle foglie disposte orizzontalmente è risultata maggiore utilizzando il Betanal Expert (+21% in media rispetto all'impiego di Betanal Progress). Sulle foglie inclinate,

invece, non sono emerse sensibili differenze in termini di copertura del bersaglio tra le due formulazioni del prodotto (figura 5).

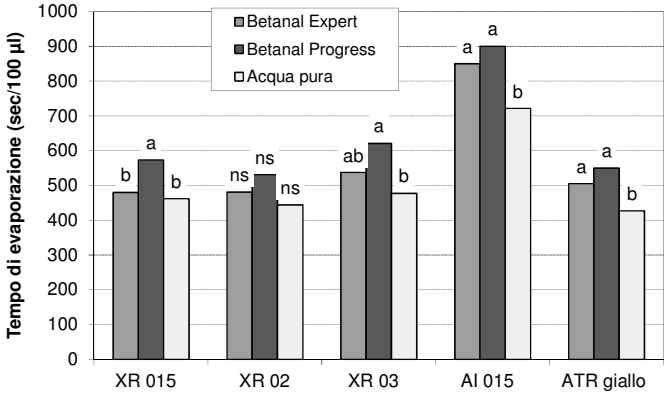
Figura 5. Livello di copertura delle foglie di *A. retroflexus* disposte ortogonalmente (a sinistra) e inclinate di 45° (a destra) rispetto alla direzione del getto degli ugelli in funzione della tipologia di ugello e del formulato impiegati



Misura del tempo di evaporazione delle gocce

Le prove condotte con le cinque diverse tipologie di ugelli hanno evidenziato che entrambe le formulazioni del prodotto erbicida sono in grado di inibire l'evaporazione delle gocce rispetto all'acqua pura. In particolare il Betanal Progress ha consentito di incrementare ulteriormente il tempo di evaporazione delle gocce rispetto al Betanal Expert in media del 12% (figura 6).

Figura 6. Tempo di evaporazione delle gocce prodotte dai diversi ugelli esaminati (sec/100 µl di liquido) in funzione del tipo di miscela erogata (test di Duncan, p=0,05)



Valutazione dell'efficacia erbicida in funzione della tipologia di ugello, delle condizioni di temperatura del tempo di assorbimento

Influenza del tipo di ugello sulla efficacia erbicida

L'efficacia dei diversi trattamenti erbicidi è risultata scarsamente influenzata dal tipo di ugello impiegato. Il tipo di formulato è risultato l'unico fattore ad avere un effetto significativo sull'efficacia del trattamento. Nella specie AMARE, alle dosi di 0,5, 1 e 2 $l_{f.c.}$/ha il formulato Betanal Progress ha fatto registrare valori di efficacia significativamente superiori rispetto a quelli ottenuti con il formulato Betanal Expert, sia in termini di riduzione di peso fresco della parte aerea, sia di efficacia stimata visivamente. In nessun caso è risultata significativa l'interazione fra tipo di ugello e formulato. In tutti i casi la riduzione della fitomassa in funzione della dose è stata adeguatamente descritta dal modello logistico adottato. Il miglior comportamento del formulato Betanal Progress nel range di dosi adottate è confermato dai valori di GR90 tendenzialmente inferiori rispetto a quelli relativi al formulato Betanal Expert, sia nel caso della riduzione del peso fresco sia nel caso della stima visiva dell'efficacia (tabella 2). In termini di riduzione di peso fresco, il GR90 medio è risultato di 0.64 e 2.04 $l_{f.c.}$/ha, rispettivamente per i formulati Betanal Progress e Betanal Expert. Nella stima visiva la differenza in termini di GR90 fra i due formulati è risultata maggiore, e rispettivamente pari a 1,583 e 3,88 $l_{f.c.}$/ha.

Tabella 2. Valore medio di GR90 ($l_{f.c.}$/ha) riferiti all'efficacia nei confronti di AMARE, CHEAL e SOLNI, espressa come riduzione di fitomassa rispetto al testimone non trattato e stima visiva del contenimento dei formulati Betanal Progress e Betanal Expert

Formulato	Ugello	AMARE		CHEAL		SOLNI	
		Fitomassa	Stima visiva	Fitomassa	Stima visiva	Fitomassa	Stima visiva
Progress	XR 03	0,638	2,032	0,331	7,789	1,321	2,040
	XR 02	0,728	1,591	0,707	2,636	2,722	1,642
	XR 015	0,557	1,127	0,294	ND	1,321	2,297
Expert	XR 03	2,162	2,911	0,401	3,019	1,906	3,455
	XR 02	2,028	2,583	0,662	4,035	2,081	1,872
	XR 015	1,923	6,160	0,493	ND	1,764	2,271

Nella specie CHEAL sono stati ottenuti notevoli valori di riduzione della biomassa anche alle dosi più basse. Il formulato Betanal Progress ha fatto mediamente registrare valori di efficacia leggermente superiori rispetto al Betanal Expert. Tuttavia, le differenze fra i due formulati non sono risultate significative per nessuna delle dosi considerate. Nessuna differenza significativa è stata inoltre osservata fra i tre tipi di ugello impiegati.

Rispetto ad AMARE, in questa specie i valori di riduzione di biomassa e di efficacia visiva sono risultati leggermente più contenuti alle alte dosi. In termini di riduzione di peso fresco, valori di GR90 sono risultati compresi fra 0,29 e 0,70 $l_{f.c.}$/ha, mentre per la stima visiva sono stati ottenuti valori di GR90 compresi fra 2,6 e 7,7 $l_{f.c.}$/ha.

Anche per SOLNI l'efficacia è risultata scarsamente influenzata dal tipo di ugello impiegato. Per nessuna delle dosi saggiate e per entrambi i formulati è stato ottenuto un effetto significativo di questo fattore. Analogamente a quanto osservato per AMARE, effetti significativi sono attribuibili solo alla tipologia di formulazione. Per le dosi di 0,25, 1 e 2 l/ha

il formulato Betanal Progress ha fatto registrare valori di efficacia significativamente superiori rispetto a quelli ottenuti con il formulato Betanal Expert.

Influenza della temperatura sulla efficacia erbicida

I valori di GR80 più elevati sono stati riscontrati nelle piante mantenute costantemente a 10°C dopo il trattamento (tabella 3). In questo caso, per i formulati Progress ed Expert sono stati calcolati valori di GR80, rispettivamente pari a 1,340 e 0,717 $l_{f.c.}$/ha. Per gli altri regimi termici non sono state evidenziate differenze significative dei vali valori di GR80 fra i due formulati. Rispetto alle altre prove condotte in questo studio, la valutazione visiva dell'efficacia, pur fornendo valori descrivibili in modo altamente significativo dal modello logistico adottato, è risultata meno aderente ai dati ottenuti attraverso la determinazione della riduzione della biomassa, in particolare nel caso del formulato Progress.

Tabella 3. Valore medio di GR80 ($l_{f.c.}$/ha) riferiti all'efficacia nei confronti di CHEAL, espressa come riduzione di fitomassa rispetto al testimone non trattato, e stima visiva del contenimento dei formulati Betanal Progress e Betanal Expert

Regime termico	Progress		Expert	
	Fitomassa	Stima visiva	Fitomassa	Stima visiva
10°C	1,340	2,686	0,717	1,547
10°C+serra	0,438	0,946	0,315	1,078
serra	0,181	2,445	0,191	1,183

Valutazione della rapidità di assorbimento

L'intensità di un evento piovoso simulato accaduto dopo il trattamento ed il momento in cui questo si è verificato hanno avuto un significativo effetto sull'efficacia erbicida di entrambi i formulati (tabella 4). La sensibilità alla pioggia è risultata significativamente diversa nei due formulati. L'efficacia del formulato Progress è risultato nel complesso molto meno influenzata dalla pioggia rispetto al formulato Expert. Tale comportamento è ben descritto dai valori di GR80 (che in questo caso rappresenta l'intervallo minimo di tempo che deve trascorrere fra il trattamento e l'evento piovoso sperimentale per ottenere un'efficacia pari ad almeno l'80%). Con il formulato Progress, anche nel caso di pioggia intensa (24 mm/h) l'intervallo minimo fra trattamento e pioggia necessario per ottenere una riduzione di biomassa rispetto al testimone dell'80% è risultata di 0,123 ore, corrispondente a circa 7 minuti. Per il formulato Expert, nelle stesse condizioni, sono necessari circa 2 ore e 30 minuti.

Tabella 4. Valori di GR80 (espresso in ore dal trattamento) relativi alle intensità di pioggia 8, 16 e 24 mm/h riferiti all'efficacia nei confronti di SOLNI, espressa come riduzione di fitomassa rispetto al testimone non trattato

Formulato	GR80		
	8 mm/h	16 mm/h	24 mm/h
Progress	0,056	0,029	0,123
Expert	0,127	0,494	2,570

DISCUSSIONE E CONLCUSIONI

Dallo studio degli effetti delle formulazioni Betanal Progress e Betanal Expert sulla qualità delle gocce erogate e sulla qualità della distribuzione sul bersaglio è emerso che:

a) la portata degli ugelli convenzionali non è influenzata in misura significativa dalla presenza di Betanal nella miscela erogata; per quanto riguarda gli ugelli antideriva ad

iniezione d'aria, invece, la presenza di Betanal ha comportato un significativo incremento di portata rispetto al valore nominale, in particolare quando è stato utilizzato il formulato Progress;

b) la presenza di Betanal ha determinato un incremento della dimensione media delle gocce (VMD) quando si è operato con ugelli caratterizzati da un livello di polverizzazione medio/fine, viceversa ha provocato una riduzione del VMD per gli ugelli caratterizzati da un livello di polverizzazione più grossolano (in particolare per gli ugelli antideriva ad iniezione d'aria). Tale differenza si è verificata in misura più marcata quando è stato utilizzato il Betanal Expert.

c) in termini generali, il livello di copertura delle foglie di *A. retroflexus* è risultato inferiore rispetto a quello ottenuto su *C. album*, in particolare quando il bersaglio era inclinato rispetto al getto dell'ugello. Sulle foglie di *C. album* la copertura è risultata maggiore impiegando il Betanal Progress, in particolare su quelle disposte orizzontalmente rispetto al getto erogato dall'ugello. Sulle foglie di *A. retroflexus*, invece, la copertura sulle foglie orizzontali è risultata più elevata quando si è utilizzato il Betanal Expert;

d) entrambi i tipi di formulato hanno inibito l'evaporazione delle gocce rispetto all'acqua pura, ed il fenomeno è stato più evidente impiegando Betanal Progress.

Lo studio dell'efficacia erbicida in funzione della tipologia di ugello, delle condizioni di temperatura e del tempo di assorbimento ha evidenziato i seguenti elementi:

a) non è stata individuata una significativa influenza del tipo di ugello adottato, mentre differenze di efficacia sono attribuibili principalmente al formulato impiegato, con risultati generalmente superiori per il formulato Betanal Progress;

b) basse temperature successive al trattamento riducono l'efficacia per ambedue i formulati e per Betanal Progress in particolare. La riduzione dell'efficacia è generalmente proporzionale alla durata del periodo con basse temperature;

c) i due formulati differiscono sensibilimente in termini di suscettibilità nei confronti di eventi piovosi successivi al trattamento. In particolare, il formulato Betanal Progress è risultato il meno suscettibile. Tale comportamento è in parte spiegabile con una minore velocità di evaporazione delle gocce, che potrebbe determinare un maggior assorbimento di principio attivo.

Ringraziamenti

Gli Autori desiderano ringraziare la società BayerCropScience per aver supportato la ricerca e per la fornitura dei prodotti.

LAVORI CITATI

Brain P., Cousens R., 1989. An equation to describe dose responses where there is stimulation of growth at low doses. *Weed Research*, 29 (2), 93-96.

de Schampheleine M., Nuyttens D., Baetens K., Cornelis W., Gabriels D., Spanoghe P., 2009. Effects on pesticide spray drift of the physicochemical properties of the spray liquid. *Precision Agriculture 2009*, 10(5), 409–420.

Schabenberger O., Birch J.B., 2001. Statistical dose-response models with hormetic effects. *Human and Ecological Risk Assessment*, 7 (4), 891-908.

Streibig J.C., Rudemo M., Jensen J.E., 1993. Dose-response curves and statistical models. *In:* Herbicide Bioassays (CRC Press, Boca Raton, FL.), 30-55.

Vidotto F., Tesio F., Tabacchi M., Ferrero A., 2007. Herbicide sensitivity of *Echinochloa* accessions in Italian rice fields. *Crop Protection*, 26, 285-93.