

ULTERIORI CONFRONTI TRA FORMULATI DI GLYPHOSATE APPLICATI SU COLTURE ERBACEE ED INERBIMENTI SPONTANEI

G. RAPPARINI, E. GEMINIANI, M. FABBRI

Centro di Fitofarmacia - Dipartimento di Protezione e Valorizzazione Agroalimentare

Università degli Studi - Viale G. Fanin 46 - 40127 Bologna

grappari@agrsci.unibo.it

RIASSUNTO

Nel biennio 2010-2011 sono state realizzate quattro prove parcellari su colture seminate ed inerbimenti spontanei per confrontare, a parità di dose di applicazione, l'efficacia di formulati di glyphosate sotto forma di sale isopropilamminico, sale ammonico, sale sodico e sale potassico, caratterizzati da diversa concentrazione e composizione dei coformulanti. La sperimentazione ha confermato come il tipo di sale ed i coformulanti possano influenzare l'attività erbicida di glyphosate. I formulati di glyphosate hanno mostrato un diverso comportamento in funzione delle condizioni ambientali al momento dell'applicazione.

Parole chiave: diserbo, formulati di glyphosate, coformulanti

SUMMARY

FURTHER COMPARISON BETWEEN DIFFERENT GLYPHOSATE FORMULATIONS APPLIED ON HERBACEOUS CROPS AND WEEDS

During the period 2010-2011 four field trials have been carried out, both on sown crops and volunteer weeds, in order to compare, at the same application rates, the activity of isopropylamine, ammonium, sodium and potassium glyphosate formulations, characterized by different concentrations and type of coformulants. The trials confirmed that the type of salt and coformulants can affect the herbicidal activity of glyphosate. The formulations of glyphosate showed different behaviors depending on environmental conditions at the time of application.

Keywords: weed control, glyphosate formulations, coformulants

INTRODUZIONE

Glyphosate è l'erbicida più utilizzato al mondo per la sua versatilità nel controllo della generalità delle infestanti nei settori agricolo, civile ed industriale. Il suo impiego si è ulteriormente esteso con la coltivazione delle piante geneticamente modificate (Gower *et al.*, 2003; Cakmak *et al.*, 2009).

Il successo delle applicazioni di glyphosate dipende prevalentemente dal superamento, in termini di quantità e velocità, delle barriere cellulari (epicuticola, cuticola, parete e plasmalemma) per essere traslocato verso i siti d'azione. L'efficacia finale è funzione soprattutto delle condizioni pedoclimatiche al momento dell'impiego, della specie infestante e del suo stadio di sviluppo, oltre che del relativo stato vegetativo (Leaper *et al.*, 2000).

Il principio attivo è un acido relativamente insolubile che deve essere formulato come sale isopropilamminico, ammonico, sodico o potassico per essere assorbito. Il tipo di formulazione e i coadiuvanti svolgono un ruolo determinante per l'esplicazione del grado d'azione, talvolta più della stessa dose di impiego (Kirkwood *et al.*, 2000). La complessità di tutte queste interazioni rende talvolta critici l'impiego e la scelta delle relative dosi, nonché della miscela con coadiuvanti estemporanei o altri erbicidi (Sharma *et al.*, 2003).

Il ricorso a coformulanti e a coadiuvanti estemporanei è necessario per regolarizzare e ottimizzare il grado di efficacia, in particolare in difficili condizioni di impiego, attraverso il

miglioramento di ritenzione fogliare e assorbimento (Juying *et al.*, 2001), soprattutto nelle specie meno sensibili e con superfici più ricche di barriere naturali, come le perenni ed alcune annuali (*Abutilon theophrasti*, *Bidens* spp., *Chenopodium* spp. e *Polygonum aviculare*).

Le condizioni pedoclimatiche e d'impiego possono influire sul grado di efficacia di glyphosate; da precedenti esperienze si rileva un'influenza positiva di elevati livelli di umidità relativa sia prima che dopo l'applicazione (Rapparini *et al.*, 2000), oltre alla tendenza ad una maggiore attività erbicida nei trattamenti eseguiti nella prima parte della giornata (Rapparini *et al.*, 2000).

Da ulteriori sperimentazioni effettuate a livello internazionale (Ramsey *et al.*, 2005) e in Italia (Rapparini *et al.*, 2000), è stata osservata una maggiore attività erbicida da parte di glyphosate trimesio, sale ammonico e sale isopropilamminico rispetto al sale sodico (soprattutto in assenza dell'aggiunta di solfato ammonico). Le formulazioni di glyphosate sale ammonico (36 % di acido puro), inoltre, hanno manifestato un più rapido assorbimento da parte delle malerbe sottoposte ad irrigazioni dilavanti dopo il trattamento (Rapparini *et al.*, 2004).

Sulla base di queste esperienze, nel biennio 2010 e 2011 si è proceduto ad effettuare ulteriori verifiche del grado di efficacia di differenti e più recenti formulati di glyphosate.

MATERIALI E METODI

Le prove 1, 2 e 4 sono state realizzate a Cadriano di Granarolo (BO), presso l'azienda agraria dell'Università di Bologna (AUB), su terreno di medio impasto. La sperimentazione è stata svolta in diversi periodi dell'anno, su colture appositamente seminate, in modo da avere una maggiore uniformità della matrice vegetale.

La 3^a prova è stata realizzata presso l'azienda Fondazione Castelvetro di Baricella (BO), su terreno di natura argillosa, su un'infestazione tipica dei letti di semina delle colture primaverili.

In tutte le prove è stato adottato uno schema sperimentale a blocchi randomizzati, con parcelle elementari di dimensioni variabili da 18 a 30 m², ripetute tre volte.

Tabella 1. Formulati di glyphosate impiegati

Prodotti	Composizione	Concentrazione di glyphosate (g/l o % acido puro)
Glyfos SL	Glyphosate sale isopropilamminico	360 g/l
Roundup Bioflow	Glyphosate sale isopropilamminico	360 g/l
Glyfos Rapid	Glyphosate sale isopropilamminico	450 g/l
Roundup 450 Plus	Glyphosate sale potassico	450 g/l
Glyfos Dakar	Glyphosate sale ammonico	68 %
Roundup Max	Glyphosate sale ammonico	68 %
Buggy 360 SG NET	Glyphosate sale sodico	36 %

L'applicazione delle miscele erbicide è stata eseguita mediante l'impiego di una barra portata, azionata da azoto e munita di ugelli a ventaglio irroranti 200 l/ha (3^a prova) o 300 l/ha di soluzione. Sono stati posti a confronto differenti formulati di glyphosate a dosi pressoché equivalenti di principio attivo, rapportate alla sensibilità e allo stadio di sviluppo delle

infestanti o delle colture seminate. I formulati di glyphosate impiegati nella sperimentazione sono riportati in tabella 1.

Per valutare l'attività erbicida sono stati eseguiti periodici rilievi, con stima visiva del grado di azione devitalizzante (%) sulle infestanti o sulle diverse colture.

RISULTATI

Prova 1 - Anno 2010 (tabella 2)

La prova è stata eseguita durante la primavera, in un periodo caratterizzato da forte variabilità, con precipitazioni frequenti e temperature, sia minime che massime, nella norma stagionale. I trattamenti sono stati eseguiti sulle colture di loietto (*Lolium multiflorum*), frumento (*Triticum aestivum*), medica (*Medicago sativa*) e rafano (*Raphanus sativus*) seminate nell'autunno 2009. Si è intervenuti in condizioni pedoclimatiche favorevoli all'assorbimento ed all'attività degli erbicidi fogliari (temperature miti, elevata umidità atmosferica e del suolo), ma su colture piuttosto sviluppate.

Tabella 2. 1^a prova (anno 2010) - Efficacia erbicida dei trattamenti a confronto

Tesi	Prodotti	Concentrazione (g/l o % acido puro)	Dosi (g/ha acido puro)	Efficacia: grado di disseccamento (%)									
				T + 18 gg					T + 43 gg				
				Loietto	Frumento	Medica	Rafano	Media	Loietto	Frumento	Medica	Rafano	Media
1	Glyphos SL	360 g/l	1260	85	96,3	100	80,8	90,5	81,6	100	100	72,5	88,5
2	Roundup Bioflow	360 g/l	1260	80	100	100	86,6	91,7	77,5	100	100	70,8	87,1
3	Glyphos Rapid	450 g/l	1260	80,8	97,5	100	85	90,8	80	100	100	64,1	86
4	Roundup 450 Plus	450 g/l	1260	84,1	99,1	100	80	90,8	79,1	100	100	58,3	84,4
5	Glyphos Dakar	68 %	1190	86,6	98	100	87,5	93	90,8	100	100	89,1	95
6	Roundup Max	68 %	1190	89,1	99,1	100	94,1	95,6	92,5	100	100	90,8	95,8
7	Buggy 360 SG NET	36 %	1260	90	100	100	88,3	94,6	91,6	100	100	85,8	94,4

Data di semina: 10/10/09.

Data trattamento: T = 2/4.

Stadi di sviluppo: loietto (*Lolium multiflorum*) 1° nodo in levata; frumento (*Triticum aestivum*) fine accestimento; medica (*Medicago sativa*) 10-15 cm altezza; rafano (*Raphanus sativus*) 30-40 cm altezza, pre-fioritura

Tutti i formulati di glyphosate a confronto hanno evidenziato una completa attività devitalizzante nei confronti della medica e del frumento. Le maggiori differenze sono state rilevate su loietto e soprattutto su rafano, specie che hanno mostrato una minore sensibilità e che non sono state completamente devitalizzate dai dosaggi di glyphosate applicati. Nei confronti di queste colture le formulazioni granulari, a base di glyphosate sale ammonico (Glyphos Dakar, Roundup Max) e sale sodico (Buggy 360 SG NET), hanno mostrato una maggiore efficacia. Su rafano si rileva anche un'azione tendenzialmente superiore dei tradizionali formulati contenenti 360 g/l di glyphosate sottoforma di sale isopropilamminico

(Glyphos SL, Roundup Bioflow), rispetto a quelli contenenti 450 g/l (Glyphos Rapid, Roundup 450 Plus).

Prova 2 - Anno 2010 (tabella 3)

La prova è stata eseguita durante l'autunno, in un periodo caratterizzato da frequenti precipitazioni e temperature, sia minime che massime, leggermente inferiori alle medie stagionali. I trattamenti sono stati eseguiti sulle colture di avena (*Avena sativa*), loietto (*L. multiflorum*), medica (*M. sativa*), radichio (*Cichorium intybus*), rafano (*R. sativus*) e coriandolo (*Coriandrum sativum*) seminate nel corso dell'estate. Si è intervenuti in condizioni di elevata umidità atmosferica e del suolo, su colture in attiva crescita.

Tutti i formulati di glyphosate a confronto hanno evidenziato una rapida e completa attività devitalizzante nei confronti della medica. Anche nei confronti di avena, loietto, radichio e coriandolo l'azione è risultata pressoché completa a 20 giorni dal trattamento, senza differenze sostanziali tra le formulazioni saggiate.

Come nella prova precedente le maggiori differenze sono state rilevate su rafano. Anche in questo caso l'azione più completa è stata ottenuta con l'impiego dei prodotti granulari, a base di glyphosate sale ammonico (Glyphos Dakar, Roundup Max) e sale sodico (Buggy 360 SG NET), che sono risultati più attivi rispetto alle formulazioni di sale isopropilamminico e soprattutto a quella di sale potassico (Roundup 450 Plus).

Prova 3 - Anno 2011 (tabella 4)

La prova è stata eseguita durante la primavera, in un periodo caratterizzato da scarsità di piogge e da temperature, soprattutto massime, superiori alle medie stagionali; al momento dell'applicazione gli strati più superficiali del terreno presentavano un contenuto idrico particolarmente basso. Le principali infestanti erano rappresentate dalle poligonacee *Polygonum aviculare*, *Fallopia convolvulus*, *Polygonum lapathifolium*, mentre minore era la presenza di *Veronica persica* e *Phalaris paradoxa*.

Nonostante le condizioni ambientali sfavorevoli i diversi formulati di glyphosate, ad entrambi i dosaggi di applicazione, hanno evidenziato una rapida e completa azione nei confronti di *P. paradoxa*, *P. lapathifolium* e *V. persica*. Le dosi maggiori (1360-1440 g/ha di acido puro) hanno esercitato un'efficacia quasi completa anche sulle più difficili infestazioni di *P. aviculare* e *F. convolvulus*, senza differenze sostanziali fra le formulazioni saggiate.

Le differenze più evidenti sono emerse nel controllo di *P. aviculare*, con l'impiego delle dosi minori dei formulati (1020-1080 g/ha a.p.). Nei confronti di questa infestante, le formulazioni di glyphosate sale isopropilamminico (Glyphos SL e Roundup Bioflow, contenenti 360 g/l a.p.; Glyphos Rapid, contenente 450 g/l a.p.) e sale potassico (Roundup 450 Plus, contenente 450 g/l a.p.), hanno mostrato un'attività tendenzialmente superiore.

Prova 4 - Anno 2011 (tabella 5)

La prova è stata eseguita nel mese di settembre, in un periodo caratterizzato da temperature costantemente superiori alle medie stagionali e da pochi eventi temporaleschi, che non hanno compensato la forte siccità estiva.

Il trattamento è stato eseguito su una coltura di medica (*M. sativa*) al 1° anno d'impianto e alta circa 15-25 cm. Si è intervenuti nelle ore più calde della giornata, in condizioni di scarsa umidità atmosferica e del suolo.

Tabella 3. 2ª prova (anno 2010) - Efficacia erbicida dei trattamenti a confronto

Tesi	Prodotti	Concentrazione (g/l o % acido puro)	Dosi (g/ha acido puro)	Efficacia: grado di disseccamento (%)													
				T + 14 gg							T + 20 gg						
				Avena	Loietto	Medica	Radicechio	Rafano	Coriandolo	Media	Avena	Loietto	Medica	Radicechio	Rafano	Coriandolo	Media
1	Glyfos SL	360 g/l	900	85	75	100	90	80	81,6	85,3	98,3	96,6	100	100	93,3	96,6	97,5
2	Roundup Bioflow	360 g/l	900	85	71,6	100	88,3	73,3	83,3	83,6	98,3	98,3	100	99,3	83,3	96,6	96,0
3	Glyfos Rapid	450 g/l	900	83,3	71,6	100	83,3	78,3	81,6	83	98,3	98,3	100	99,3	86,6	93,3	96,0
4	Roundup 450 Plus	450 g/l	900	83,3	63,3	100	81,6	76,6	77,5	80,4	100	98,3	100	99,3	78,3	96,5	95,4
5	Glyfos Dakar	68 %	884	81,6	75	100	90	90	83,3	86,7	98,3	98,3	100	100	98,6	98,6	99,0
6	Roundup Max	68 %	884	85	75	100	81,6	86,6	81,6	85	100	98,3	100	100	99,3	99,3	99,5
7	Buggy 360 SG NET	36 %	900	85	75	100	90	86,6	78,3	85,8	100	96,6	100	100	97,6	96,6	98,5

Data di semina: 31/08. Data trattamento: T = 6/10.

Stadi di sviluppo: avena (*Avena sativa*) 4 foglie – 3 culmi; loietto (*Lolium multiflorum*) 3 foglie – 2 culmi; medica (*Medicago sativa*) 10 cm altezza; radicechio (*Cichorium intybus*) 3 - 8 foglie vere; rafano (*Raphanus sativus*) 4 - 8 foglie vere; coriandolo (*Coriandrum sativum*) 4 - 5 foglie vere

Tabella 4. 3^a prova (anno 2011) - Efficacia erbicida dei trattamenti a confronto

Tesi	Prodotti	Concentrazione (g/l o % acido puro)	Dosi (g/ha acido puro)	Efficacia: grado di disseccamento (%)												
				T + 16 gg						T + 22 gg						
				POLAV	POLLA	FALCO	VERPE	PHAPA	Media	POLAV	POLLA	FALCO	VERPE	PHAPA	Media	
1	Glyfos SL	360 g/l	1080	94,3	100	96	92,5	100	96,6	99,3	100	99,3	100	99,3	100	99,7
2	Glyfos SL	360 g/l	1440	98,7	100	99,3	100	100	99,6	99,3	100	100	100	100	100	99,9
3	Roundup Bioflow	360 g/l	1080	95	100	97,7	100	100	98,5	98,7	100	99,3	100	100	99,6	
4	Roundup Bioflow	360 g/l	1440	97	100	96	100	100	98,6	99,3	100	100	100	100	99,9	
5	Glyfos Rapid	450 g/l	1080	96	100	96	95	100	97,4	99,3	100	99,3	100	100	99,7	
6	Glyfos Rapid	450 g/l	1440	100	100	98,7	100	100	99,7	100	100	99,3	100	100	99,9	
7	Roundup 450 Plus	450 g/l	1080	96	100	91,7	95	100	96,5	98,7	100	98,7	100	100	99,5	
8	Roundup 450 Plus	450 g/l	1440	97	100	97,7	97,7	100	98,5	99,3	100	97,7	100	100	99,4	
9	Glyfos Dakar	68 %	1020	91,7	100	96	100	100	97,5	91,7	100	96	100	100	97,5	
10	Glyfos Dakar	68 %	1360	97,7	100	99,3	100	100	99,4	99,3	100	100	100	100	99,9	
11	Roundup Max	68 %	1020	94,3	100	94,3	95	100	96,7	94,3	100	99,3	100	100	98,7	
12	Roundup Max	68 %	1360	96	100	97,7	100	100	98,7	96	100	100	100	100	99,2	
13	Buggy 360 SG NET	36 %	1080	86,67	100	98	100	100	96,9	91,67	100	100	100	100	98,3	
14	Buggy 360 SG NET	36 %	1440	96	100	98	100	100	98,8	100	100	100	100	100	100	

Data trattamento: T = 20/4.

Stadi di sviluppo delle infestanti: POLAV 5-15 cm Ø; POLLA 5-10 cm Ø; FALCO 4 foglie-15 cm Ø; VERPE 5-15 cm Ø; PHAPA 6 culmi-1° nodo.

Codici infestanti: POLAV = *Polygonum aviculare*; POLLA = *Polygonum lapathifolium*; FALCO = *Fallopia convolvulus*; VERPE = *Veronica persica*; PHAPA = *Phalaris paradoxa*

In questa situazione i differenti formulati di glyphosate hanno mostrato, in generale, un'azione lenta e non completa, con evidente effetto dose. I risultati migliori sono stati ottenuti, a parità di dose, con Roundup Bioflow, formulato di glyphosate sale isopropilamminico (360 g/l a.p.). Il formulato Glyphos SL, anch'esso contenente glyphosate sale isopropilamminico (360 g/l a.p.), ha mostrato una buona efficacia solo al dosaggio maggiore di impiego, risultando meno attivo, alla dose intermedia, rispetto ai più concentrati preparati granulari.

Tabella 5. 4ª prova (anno 2011) - Efficacia erbicida su medica

Tesi	Prodotti	Concentrazione (g/l o % acido puro)	Dosi (g/ha acido puro)	Efficacia: grado di disseccamento (%) su <i>Medicago sativa</i>		
				T + 12 gg	T + 19 gg	T + 26 gg
1	Glyphos SL	360 g/l	1080	33,3	38,3	43,3
2	Glyphos SL	360 g/l	1440	40	46,7	56,7
3	Glyphos SL	360 g/l	1800	60	66,7	78,3
4	Roundup Bioflow	360 g/l	1080	46,7	50	53,3
5	Roundup Bioflow	360 g/l	1440	61,7	68,3	78,3
6	Roundup Bioflow	360 g/l	1800	71,7	75	85
7	Glyphos Dakar	68 %	1020	35	41,7	46,7
8	Glyphos Dakar	68 %	1360	45	55	70
9	Glyphos Dakar	68 %	1700	60	70	78,3
10	Roundup Max	68 %	1020	35	43,3	53,3
11	Roundup Max	68 %	1360	40	50	65
12	Roundup Max	68 %	1700	51,7	63,3	71,7

Data di semina: 01/04.

Data trattamento: T = 21/09 (stadio di sviluppo medica: 15-25 cm altezza)

CONCLUSIONI

Le prove sperimentali svolte nel biennio 2010-11, con differenti condizioni pedoclimatiche, su colture appositamente seminate o su infestazioni spontanee, hanno confermato come il tipo di sale ed i coformulanti possono influenzare l'attività erbicida di glyphosate.

I formulati saggianti hanno mostrato un differente comportamento a seconda delle condizioni ambientali. Come emerso da precedenti lavori, i fattori che maggiormente condizionano l'attività erbicida di glyphosate sono l'umidità dell'aria e del terreno, i quali influiscono sullo stato di idratazione e permeabilità della cuticola e sulla fisiologia della pianta. Nelle più favorevoli condizioni ambientali della primavera e dell'autunno 2010, con elevata umidità atmosferica e del terreno, i formulati granulari di glyphosate sotto forma di sale ammonico (contenenti il 68% di acido puro) e sale sodico (36 % a.p.) hanno evidenziato, a parità di dose di principio attivo applicato, un'attività erbicida leggermente superiore nei confronti delle

specie meno sensibili. Al contrario, nelle condizioni siccitose della primavera 2011 i formulati liquidi di glyphosate sotto forma di sale isopropilamminico (360 g/l o 450 g/l di a.p.) e sale potassico (450 g/l di a.p.) hanno mostrato un'attività tendenzialmente superiore sulle più difficili infestanti poligonacee.

Nell'ultima prova, svolta su medica, è emerso come anche i diversi tipi di coformulanti possano influenzare l'efficacia del prodotto. A parità di dose sono state evidenziate, infatti, differenze di attività erbicida tra formulati di glyphosate sotto forma di sale isopropilamminico (360 g/l di a.p.).

LAVORI CITATI

- Cakmak I., Yazici A., Tutus Y., Ozturk L., 2009. Glyphosate reduced seed and leaf concentrations of calcium, manganese, magnesium and iron in non-glyphosate resistant soybean. *European Journal of Agronomy*, 31, 3, 114-119.
- Gower S.A., Loux M.M., Cardina J., Harrison S.K., Sprankle P.L., Probst N.J., Bauman T.T., Bugg W., Curran W.S., Currie R.S., Harvey R.G., Johnson W.G., Kells J.J., Owen M.D.K., Regehr D.L., Slack C.H., Spaur M., Sprague C.L., Vangessel M., Young B.G., 2003. Effect of post-emergence glyphosate application timing on weed control and grain yield in glyphosate-resistant corn: results of a 2-yr Multistate study. *Weed Technology*, 17, 4, 821-828.
- Juying W., Dastgheib F., 2001. Interactions between glyphosate formulations and organosilicone surfactants on perennial grasses. *Proceedings of BCPC Conference – Weeds, Brighton – UK*, 695-700.
- Kirkwood R.C., Hetherington R., Reynolds T.L., Marshall G., 2000. Absorption, localization, translocation and activity of glyphosate in barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*): influence of herbicide and surfactant concentration. *Pest Management Science*, 56, 359-367.
- Leaper C., Holloway P.J., 2000. Adjuvants and glyphosate activity. *Pest Management Science*, 56, 313-319.
- Ramsey R.J.L., Stephenson G.R., Hall J.C., 2005. A review of the effects of humidity, humectants and surfactant composition on the absorption and efficacy of highly water-soluble herbicides. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 448-451.
- Rapparini G., Bucchi R., Romagnoli S., 2004. Verifica dei tempi di assorbimento di formulati di glifosate sottoposti a dilavamento. *Atti Giornate Fitopatologiche*, 1, 401-408.
- Rapparini G., Paci F., Passalacqua A., 2000. Influenza dell'umidità ambientale sull'attività erbicida di glifosate e glufosinate-ammonio. *Atti Giornate Fitopatologiche*, 2, 531-536.
- Rapparini G., Passalacqua A., Bartolini D., Paci F., 2000. Verifica dell'attività devitalizzante di formulati di sali di glifosate. *Atti Giornate Fitopatologiche*, 2, 543-550.
- Rapparini G., Vandini G., Paci F., 2000. Influenza del momento di esecuzione del trattamento sull'attività erbicida di glifosate e glufosinate-ammonio in pieno campo. *Atti Giornate Fitopatologiche*, 2, 537-542.
- Sharma S.D., Chandrasena N., Singh M., 2003. Glyphosate-adjuvant interactions: a review of recent experiences. *Proc. 20th Asia-Pacific Weed Science conf. – Vietnam*, 434-442.