

ACÇÃO DO HERBICIDA GLYPHOSATE EM FUNÇÃO DA ÁGUA USADA COMO DILUENTE E DA ADIÇÃO DE SULFATO DE AMÔNIO À CALDA DE ASPERSÃO¹

NILSON G. FLECK², LEANDRO VARGAS³, RIBAS A. VIDAL⁴, CRISTIANE A. DA SILVEIRA⁵

RESUMO – Prováveis efeitos negativos do pH elevado e de sais presentes na água usada para aspersão sobre a atividade herbicida podem ser superados através da adição de substâncias como ácidos e/ou compostos nitrogenados. O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito de águas com diferentes origens e o da adição de sulfato de amônio na atividade do herbicida glyphosate. Os tratamentos foram as doses de 90 a 180 g/ha e. a. de glyphosate, com e sem sulfato de amônio (1,25% p/v), diluídas nas águas minerais Fonte Azul, Fonte Ijuí, Fonte Sarandi e água destilada, aplicados sobre a aveia-preta. Acrescentou-se ainda um tratamento testemunha sem aplicação herbicida. A fitotoxicidade foi avaliada aos 5, 11 e 19 dias pós aplicações. Como resultados, constatou-se nas três avaliações que a dose de 180 g/ha de glyphosate causou maior fitotoxicidade do que a de 90 g/ha, o que se repetiu para matéria seca. Também duas das avaliações indicaram que adição de sulfato de amônio à calda aumentou a ação do herbicida. Apenas na última avaliação, a água Fonte Sarandi originou maior atividade de glyphosate sobre aveia-preta do que as águas Fonte Azul e destilada. Fica demonstrado que a atividade herbicida de glyphosate não é grandemente afetada pelo tipo de diluente empregado, mas que a adição de sulfato de amônio aumenta sua fitotoxicidade.

Palavras-chave: Adjuvantes, água mineral, sais, aveia forrageira.

HERBICIDE ACTION OF GLYPHOSATE AS A FUNCTION OF WATER USED AS DILUENT AND OF AMMONIUM SULPHATE ADDED TO SPRAY SOLUTION

ABSTRACT – Probable negative effects of high pH and of salts present in spray solution on herbicide activity may be overcome through addition of substances such as acids and/or nitrogenous compounds. The objective of this research was to evaluate the effect of waters from different origins, and of addition of ammonium sulphate, on herbicide action of glyphosate. Treatments consisted of glyphosate rates of 90 and 180 g/ha a. e., with and without ammonium sulphate (1.25% p/v), that were diluted in mineral waters Fonte Azul, Fonte Ijuí, Fonte Sarandi, and distilled water, and applied over oat plants. Phytotoxicity was evaluated at 5, 11, and 19 days after applications. As results, it was observed for the three evaluations that glyphosate rate of 180 g/ha caused higher toxicity than did 90 g/ha, what was repeated for oat dry matter. Also, two evaluations indicated that addition of ammonium sulphate to spray solution increased herbicide activity. Only at the latest evaluation Fonte Sarandi water originated higher glyphosate action on oats than Fonte Azul and distilled waters. It is demonstrated that herbicide activity of glyphosate is not greatly affected by the type of diluent employed, but that addition of ammonium sulphate increases its phytotoxicity.

Key words: adjuvants, mineral water, salts, *Avena strigosa*.

INTRODUÇÃO

Considerando que as plantas daninhas representam um fator importante que afeta a produção agrícola, é necessário que se utilizem sistemas de manejo dessas espécies eficientes, econômicos e seguros ao ambiente para se manter uma agricultura sustentável. A indústria química conseguiu desenvolver produtos modernos, com características avançadas, e que permitem, na prática, o prosseguimento da filosofia do sistema de plantio direto, ou seja, a possibilidade de semear culturas num solo praticamente não revolvido por operação de cultivo mecânico.

As moléculas herbicidas possuem características químicas que lhes conferem capacidade de reação com íons presentes na água de aspersão, os quais podem imobilizar essas moléculas, reduzindo sua atividade nas plantas. Por outro lado, adjuvantes são substâncias adicionadas à calda herbicida com a finalidade de otimizar suas características. A adição de adjuvantes à calda herbicida, visando melhorar suas características químicas, é prática comum na agricultura moderna. Em geral, a adição de adjuvantes aumenta a absorção foliar dos herbicidas (WANAMARTA e PENNER, 1989). As substâncias que atuam como adjuvantes são as mais variadas e, entre elas, incluem-se os adubos nitrogenados.

1. Trabalho realizado com apoio financeiro da FAPERGS.

2. Eng. Agr., Ph. D. – Prof. Aposentado do Departamento de Plantas de Lavoura, Faculdade de Agronomia da UFRGS, Caixa Postal 776, 91501-970 Porto Alegre – RS/BRAZIL. Bolsista do CNPq.

3. Eng. Agr., M. Sc. – Bolsista Recém-Mestre da FAPERGS, Faculdade de Agronomia da UFRGS.

4. Eng. Agr., Ph. D. – Prof. Adjunto do Departamento de Plantas de Lavoura, Faculdade de Agronomia da UFRGS.

5. Acadêmica da Faculdade de Agronomia, Bolsista de iniciação científica do CNPq.

Recebido para publicação em 09/10/1996.

O efeito negativo do pH elevado (alcalino) e de sais presentes na calda pode ser superado através da adição de determinadas substâncias como ácidos e/ou substâncias nitrogenadas. O exato mecanismo pelo qual isso ocorre, ou qual a quantidade a ser utilizada, ainda não são totalmente conhecidos. No entanto, a utilização dessas substâncias, geralmente aumenta a eficiência dos herbicidas e pode proporcionar redução na dose utilizada.

Já se constatou que o sulfato de amônio aumenta o controle de plantas daninhas propiciado pelo glyphosate (NALEWAJA e MATYSIAK, 1991). O sulfato de amônio é referido em aumentar a toxicidade do glyphosate por neutralizar o antagonismo decorrente de sódio e de cálcio (NALEWAJA e MATYSIAK, 1992b). De outro modo, o antagonismo do bicarbonato de sódio ao herbicida sethoxydim também foi superado através da adição de nitrato de amônio à solução (NALEWAJA et al., 1989). Da mesma forma, o sulfato de amônio aumentou a absorção e a translocação de sethoxydim (SMITH e VANDEN BORN, 1992). Foi constatado ainda que sais de amônio apresentam sinergismo em mistura ao sethoxydim (NALEWAJA et al., 1994). O sulfato de amônio incrementou a absorção de imazetapyr e seu efeito aumentou ainda mais quando o herbicida foi aplicado em baixas doses (GRONWALD et al., 1993). O amônio compete com o cálcio e impede que esse se complexa com a molécula de glyphosate e a imobilize (THELEN et al., 1995). A adição de sulfato de amônio na calda previne o antagonismo ocasionado ao glyphosate pelos íons presentes na água, evitando a formação de sais de cálcio e de magnésio de glyphosate, os quais são pouco absorvidos pelas plantas (PENNER, 1989). O efeito do sulfato de amônio foi demonstrado ser superior ao do nitrato de amônio (GRONWALD et al., 1993).

O sulfato de amônio parece aumentar a fitotoxicidade do glyphosate mesmo quando o veículo usado é água destilada (NALEWAJA e MATYSIAK, 1993b). Ele atua sobre a cutícula e a membrana celular (TUCKER et al., 1994), também estimula as ATPases na membrana plasmática, as quais são responsáveis pelo bombeamento de prótons do interior para o exterior da célula (GRONWALD et al., 1993). Combinações de glyphosate com nitrogênio líquido também aumentaram o controle de plantas de centeio. Já em espécies perenes, adubos nitrogenados apenas aumentaram inicialmente o dano causado, mas elas se recuperaram completamente após 6 semanas (SALISBURY et al., 1991).

Deste modo, a eficiência do glyphosate geralmente é aumentada pela adição de surfactantes e outros adjuvantes à solução de aspersão. Em particular, é fornecida indicação na literatura de que pode ser

esperado aumento no desempenho do herbicida quando em combinação com sulfato de amônio. As referências mostram que doses situadas geralmente na faixa de 2,5 a 3 kg/ha de sulfato de amônio melhoraram o controle das diversas espécies testadas (CONN e DECK, 1991; DONALD, 1988, SALISBURY et al., 1991). O antagonismo ao glyphosate, decorrente dos íons contidos na água usada como diluente, tem sido superado com adição de sulfato de amônio a 2% p/v na calda herbicida (GRONWALD et al., 1993).

Estas informações sugerem que baixas doses de glyphosate podem prover níveis aceitáveis de controle, desde que o sulfato de amônio esteja incluído como adjuvante na calda de aspersão (SALISBURY et al., 1991). O objetivo deste trabalho foi avaliar em águas de diferentes origens o efeito da adição de sulfato de amônio sobre a ação fitotóxica do glyphosate em aveia-preta.

MATERIAL E MÉTODOS

Um experimento foi realizado em vasos, em telado, junto ao Departamento de Plantas de Lavoura da Faculdade de Agronomia da UFRGS, no município de Porto Alegre, RS. O delineamento experimental utilizado foi completamente casualizado, com os tratamentos arranjados em esquema fatorial (quatro águas x duas doses herbicidas x com e sem sulfato de amônio = 16 tratamentos) com três repetições. Foram estudadas duas doses de glyphosate (90 e 180 g/ha e. a.) aplicadas com três águas minerais, Fonte Azul (pH 9,4), Fonte Ijuí (pH 9,4) e Fonte Sarandi (pH 9,8), adquiridas no mercado, mais água destilada (água padrão, pH 5,3). Cada um desses tratamentos foi aspergido com e sem sulfato de amônio (2,5 kg/ha). Os tratamentos herbicidas estão listados na Tabela 1. A ordem de adição dos elementos em cada tipo de água foi em primeiro lugar o sulfato de amônio, objetivando a imobilização de possíveis sais antagonísticos à ação do glyphosate, e posteriormente adicionou-se o herbicida. As concentrações herbicidas na calda corresponderam a 0,125 e 0,25% v/v (90 e 180 g/ha e. a. de glyphosate). A aveia-preta "Comum RS" (*Avena strigosa* Schreb.) foi a espécie utilizada como reagente.

A semeadura da aveia foi realizada em 10/07/95, utilizando-se vasos com capacidade para 1000 ml, contendo solo adubado conforme recomendação de análise. Após a emergência das plantas, ocorrida em 20/07/95, foi procedido um desbaste, mantendo-se cinco plantas por vaso. Os tratamentos herbicidas foram aplicados em 24/08/95, quando a maioria das plantas encontrava-se no estágio de um a três filhos. Para tal, foi utilizado aspersor costal de precisão,

TABELA 1 – Tratamentos testados para controle de plantas de aveia-preta (*Avena strigosa*), Faculdade de Agronomia da UFRGS, Porto Alegre, RS, 1995

Águas utilizadas para aspersão ¹	Doses do herbicida Glyphosate		Sulfato de amônio adicionado (1,25 % p/v) ²
	(g/ha e. a.)	(l/ha p. c.)	
Destilada	90	0,25	sim
Destilada	90	0,25	não
Destilada	180	0,50	sim
Destilada	180	0,50	não
Fonte Azul	90	0,25	sim
Fonte Azul	90	0,25	não
Fonte Azul	180	0,50	sim
Fonte Azul	180	0,50	não
Fonte Ijuí	90	0,25	sim
Fonte Ijuí	90	0,25	não
Fonte Ijuí	180	0,50	sim
Fonte Ijuí	180	0,50	não
Fonte Sarandi	90	0,25	sim
Fonte Sarandi	90	0,25	não
Fonte Sarandi	180	0,50	sim
Fonte Sarandi	180	0,50	não

¹ As águas minerais usadas foram aquelas comumente encontradas no mercado.

² Corresponde a 2,5 kg/ha.

mantendo-se pressão constante durante a aplicação, fixada em 140 kPa. O gás pressurizador utilizado foi nitrogênio. O aspersor esteve munido de bicos propiciando jato leque, da série 110.03, que proporcionaram volume de calda de 200 l/ha.

As avaliações dos efeitos herbicidas foram realizadas aos 5, 11 e 19 dias após a aspersão dos tratamentos (DAT) (Tabela 2). A avaliação de danos foi realizada visualmente, utilizando-se escala percentual, onde nota zero significou nenhum efeito aparente de dano à aveia, e nota cem representou morte completa das plantas. Tais avaliações foram realizadas por dois avaliadores de forma independente. Posteriormente, as notas foram somadas e calculadas as médias, com os dados previamente transformados para $\sqrt{x+1}$, realizou-se à análise de variância. Constatada significância estatística, comparou-se as médias pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade. Aos 21 DAT foi realizado a colheita das plantas para determinação da matéria seca da parte aérea (Tabela 2). Para isso, realizou-se o corte das plantas rente ao solo, as quais foram colocadas em estufa para secar, a aproximadamente 60°C, até atin-

gir peso constante, quando foi procedida a pesagem do material. Essa variável também foi analisada estatisticamente de modo similar ao descrito anteriormente.

RESULTADO E DISCUSSÃO

A análise de variância não detectou interações significativas, houve diferenças somente dentro de cada fator, ou seja efeito simples. Na avaliação de fitotoxicidade, realizada aos 5 DAT (Tabela 2), a análise estatística também não detectou diferenças entre as águas. Contudo, houve diferenças para doses herbicidas, onde a de 180 g/ha de glyphosate proporcionou fitotoxicidade superior à de 90 g/ha, e também entre presença e ausência de sulfato de amônio, sendo que o uso do aditivo proporcionou aumento na atividade herbicida. Já na avaliação procedida aos 11 DAT, também não ocorreu diferenças entre as águas, e nem para adição de sulfato de amônio. Contudo, ocorreu diferença entre doses herbicidas, onde 180 g/ha de glyphosate mostrou-se novamente superior à 90 g/ha.

TABELA 2 – Avaliações dos efeitos de doses do herbicida glyphosate, de águas utilizadas como veículo de aspersão e de sulfato de amônio adicionado à calda, no controle de aveia-preta, Faculdade de Agronomia da UFRGS, Porto Alegre, RS, 1995

Fatores e tratamentos	pH da água	Fitotoxicidade (%) ¹			Matéria seca da parte aérea (mg/planta)	
		5 DAT ²	11 DAT	19DAT	21 DAT	
Tipos de água						
Fonte Azul	9,4	22 a ³	42 a	52 b	510 a	
Fonte Ijuí	9,4	22 a	42 a	57 ab	409 a	
Fonte Sarandi	9,8	29 a	49 a	60 a	453 a	
Destilada	5,3	25 a	43 a	45 c	524 a	
Doses herbicidas						
90 g/ha e. a. (0,251/ha)	–	17 b	31 b	24 b	656 a	
180 g/ha e. a. (0,50 l/ha)	–	31 a	58 a	83 a	29 b	
Sulfato de amônio (2,5 kg/ha)						
Sem adição	–	21 b	45 a	50 b	467 a	
Com adição	–	28 a	43 a	56 a	480 a	
CV(%)	–	3	5	2	17	

¹ Dados transformados para $\sqrt{x+1}$.

² Dias após aspersão dos tratamentos.

³ Médias seguidas da mesma letra, comparadas nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

A última avaliação de fitotoxicidade ocorreu aos 19 DAT, quando se detectou tanto diferenças entre as águas, como para adição de sulfato de amônio e doses de herbicida. A água Fonte Sarandi foi a que mais incrementou a atividade do glyphosate, diferindo das demais, exceto da Fonte Ijuí. Já a água Fonte Azul apresentou posição intermediária, sem diferir também da água Fonte Ijuí; contudo, mostrando ação mais intensa do que água destilada. Por outro lado, a água destilada foi a que originou menor nível de controle de aveia-preta, resultado não esperado, pois teoricamente a água destilada teria menor teor de sais capazes de inibir a atividade do glyphosate e desse modo a fitotoxicidade deveria ser superior às demais. Com relação às doses herbicidas, novamente a de 180 g/ha de glyphosate proporcionou fitotoxicidade superior à de 90 g/ha. A adição de sulfato de amônio, igualmente aumentou a ação do herbicida.

Nas avaliações de matéria seca (mg/planta) não ocorreram diferenças nem entre as águas e nem para uso de sulfato de amônio. No entanto, constatou-se diferença entre as doses do herbicida, onde a maior delas provocou maior redução da matéria seca das plantas.

Esses resultados demonstram que as águas diluentes tiveram reduzida influência sobre a atividade

do herbicida. Somente aos 19 DAT verificou-se que os tratamentos que utilizaram águas minerais como diluentes apresentaram fitotoxicidade superior àquela de água destilada. Isso indica, ou que as águas minerais aumentaram a atividade do glyphosate, ou que a água destilada reduziu ou que ambos os efeitos tenham ocorrido simultaneamente. Também foi constatado nesta avaliação que o tratamento com a água Fonte Sarandi proporcionou fitotoxicidade superior ao com água Fonte Azul, evidenciando que a água Fonte Sarandi deve possuir algum elemento que proporcionou aumento da fitotoxicidade.

Algumas pesquisas têm demonstrado aumento da fitotoxicidade herbicida pela presença de cátions monovalentes (sódio, potássio e amônio) nas soluções; enquanto, por outro lado, tem ocorrido redução de atividade pela presença de sais de cátions divalentes e trivalentes (zinco, ferro e alumínio) (SANDBERG et al., 1978; STAHLMAN e PHILLIPS, 1979; WILLS e MCWHORTER, 1985). Com relação à presença de cálcio, os resultados são bastante contraditórios, referindo-se aumento, diminuição ou manutenção da fitotoxicidade do glyphosate (SANDBERG et al., 1978; STAHLMAN e PHILLIPS, 1979; WILLS e MCWHORTER, 1985). Isso demonstra que o efeito de

certos fons pode ser positivo ou negativo, sugerindo que ao menos um dos elementos presentes nestas águas poderia estar potencializando ou inibindo a atividade do glyphosate. No entanto, a avaliação de matéria seca (21 DAT) não confirmou os resultados obtidos na última avaliação de fitotoxicidade (19 DAT). Com isso, a maior fitotoxicidade observada aos 19 DAT aparentemente não é relevante já que vem consolidar apenas em parte diferenças entre as águas, que não foram constatadas nas demais avaliações. Ou que o espaço de dois dias, entre a última avaliação de fitotoxicidade e o levantamento de matéria seca, não foram suficientes para salientar o efeito fitotóxico, sobre peso seco, já que neste período foram pesadas partes vivas e mortas, juntas no mesmo material, o que confunde bastante, permitindo conclusões utilizando apenas os números af gerados. Todos os tratamentos com águas minerais foram superiores numericamente ao obtido pela água destilada, chegando a água Fonte Ijuí alcançar 21,9% (409 mg/planta) a menos que o obtido pela água destilada (524 mg/planta).

Outro fator importante que pode estar afetando o comportamento herbicida relaciona-se às características da planta reagente. As plantas possuem diferentes características químicas nas folhas, como pH e composição das ceras epicuticular e da cutícula. Existem diferenças entre as espécies na composição da cutícula que conferem maior ou menor capacidade de retenção e absorção de herbicida (NALEWAJA et al., 1992). O pH da solução mostra influência sobre a cutícula e a ionização das moléculas (WANAMARTA e PENNER, 1989). Com isso, o incremento da fitotoxicidade do glyphosate pelo sulfato de amônio, por exemplo, pode diferir, dependendo da espécie daninha a ser controlada. Assim, esse adjuvante eliminou o antagonismo do cálcio à toxicidade do herbicida para trigo e girassol, mas neutralizou apenas parcialmente tal efeito para *Kochia scoparia* e soja (NALEWAJA e MATYSIAK, 1992a). Esses fatores, aliados às características do diluente, do herbicida e do ambiente podem originar situações singulares.

Com relação à dose herbicida, ficou evidenciado que 90 g/ha de glyphosate foi insuficiente para controlar com eficiência plantas de aveia-preta, provocando apenas 24% de fitotoxicidade na última avaliação (Tabela 2). Já a dose de 180 g/ha foi suficiente para proporcionar um controle eficaz (83% de fitotoxicidade). Pode-se observar que, mesmo na menor dose, não ocorreu interação significativa desse fator e da água utilizada como diluente, pois seria de esperar maior efeito negativo das águas minerais com a menor dose. Esse efeito relaciona-se com a concentração herbicida na calda. Quanto maior o volume de calda, maior a proporção de fons de sais para cada molécula do herbicida; com isso, a probabilidade de associação da molécula herbicida com

os fons é aumentada. SANDBERG et al. (1978) avaliaram diferentes volumes de calda, constatando menor fitotoxicidade do glyphosate nos maiores volumes de diluente. Tal efeito pode ser superado pelo aumento da concentração herbicida e/ou através da redução do volume do diluente.

A adição do sulfato de amônio aumentou a atividade do glyphosate; porém, ocorreu diferença estatística somente nas avaliações visuais de fitotoxicidade, sendo que, na produção de matéria seca não se constataram diferenças entre o uso ou não de sulfato de amônio (Tabela 2). Isso demonstra que adição do sulfato de amônio incrementou a fitotoxicidade do glyphosate sobre a aveia-preta, porém esse fator não chegou a afetar de forma significativa a produção de matéria seca das plantas. Na literatura há indicação de que adição de 3,3 kg/ha de sulfato de amônio afeta levemente a fitotoxicidade do glyphosate e que doses acima de 9,7 kg/ha reduziram a atividade do herbicida (SALISBURY et al., 1991). Também são encontrados resultados de que os adjuvantes contendo sais de amônio, além de prevenirem a formação de complexos herbicidas no veículo de aspersão, podem aumentar diretamente a fitotoxicidade herbicida pela formação de compostos mais eficientes do que a formulação herbicida original (NALEWAJA e MATYSIAK, 1993a). Cátions monovalentes, tais como amônio, aumentam a absorção e a translocação do glyphosate e, em consequência, sua toxicidade herbicida. De outro modo, os depósitos folhares originados da aspersão do glyphosate aplicado com sulfato de amônio podem conter cristais diferenciados que se relacionam com o aumento da toxicidade do herbicida (NALEWAJA et al., 1992). No caso presente, não ocorreu interação significativa entre a menor dose e a adição de sulfato de amônio, fato que seria esperado caso existisse algum efeito negativo a ser superado.

CONCLUSÕES

– A atividade do herbicida glyphosate, mesmo em dose reduzida, não é grandemente afetada pelo tipo de diluente empregado, mesmo quando se utilizam águas minerais como veículo.

– A adição de sulfato de amônio aumenta somente a fitotoxicidade do herbicida, porém não chega a afetar a produção de matéria seca das plantas tratadas.

– A dose de 180 g/ha de glyphosate é suficiente para controlar com eficiência aveia-preta no estágio de um a três afilhos, enquanto 90 g/ha mostram-se insuficientes para alcançar tal finalidade.

BIBLIOGRAFIA CITADA

CONN, J. S.; DECK, R. E. Bluejoint reedgrass (*Calamagrostis canadensis*) control with glyphosate and

- additives. *Weed Technology*, Champaign, v. 5, n. 3, p. 521-524, 1991.
- DONALD, W. W. Established foxtail barley, *Hordeum jubatum*, control with glyphosate plus ammonium sulfate. *Weed Technology*, Champaign, v. 2, n. 3, p. 364-368, 1998.
- GRONWALD, J. W.; JOURDAN, S. W.; WYSE, D. L.; SOMERS, D. A.; MAGNUSSON, M. U. Effect of ammonium sulfate on absorption of imazethapyr by quackgrass (*Elytrigia repens*) and maize (*Zea mays*) cell suspension cultures. *Weed science*, Champaign, v. 41, n. 3, p. 325-334, 1993.
- NALEWAJA, J. D.; MANTHEY, F. A.; SZELEZNIAK, E. F.; ANYSKA, Z. Sodium bicarbonate antagonism of sethoxydim. *Weed Technology*, Champaign, v. 3, n. 4, p. 654-658, 1989.
- NALEWAJA, J. D.; MATYSIAK, R. Salt antagonism of glyphosate. *Weed Science*, Champaign, v. 39, n. 4, p. 622-628, 1991.
- NALEWAJA, J. D.; MATYSIAK, R. 2, 4-D and salt combinations affect glyphosate phytotoxicity. *Weed Technology*, Champaign, v. 6, n. 2, p. 322-327, 1992, a.
- NALEWAJA, J. D.; MATYSIAK, R. Species differ in response to adjuvants with glyphosate. *Weed Technology*, Champaign, v. 6, n. 3, p. 561-566, 1992, b.
- NALEWAJA, J. D.; MATYSIAK, R. Spray carrier salts affect herbicide toxicity to kochia (*Kochia scoparia*). *Weed Technology*, Champaign, v. 7, n. 1, p. 154-158, 1993, a.
- NALEWAJA, J. D.; MATYSIAK, R. Optimizing adjuvants to overcome glyphosate antagonistic salts. *Weed Technology*, Champaign, v. 7, n. 2, p. 337-342, 1993, b.
- NALEWAJA, J. D.; MATYSIAK, R.; FREEMAN, T. P., Spray droplet residual of glyphosate in various carriers. *Weed Science*, Champaign, v. 40, n. 4, p. 576-589, 1992.
- NALEWAJA, J. D.; MATYSIAK, R.; SZELEZNIAK, E. F. Sethoxydim response to spray carrier chemical properties and environment. *Weed Technology*, Champaign, v. 8, n. 3, p. 591-597, 1994.
- PENNER, D. The impact of adjuvants on herbicide antagonism. *Weed Technology*, Champaign, v. 3, n. 2, p. 227-231, 1989.
- SALISBURY, C. D.; CHANDLER, J. M.; MERKLE, M. G. Ammonium sulfate enhancement of glyphosate and SC-0224 control of Johnsongrass (*Sorghum halepense*). *Weed Technology*, Champaign, v. 5, n. 1, p. 18-21, 1991.
- SANDBERG, C. L.; MEGGITT, W. F.; PENNER, D. Effect on diluent volume and calcium on glyphosate phytotoxicity. *Weed Science*, Champaign, v. 26, n. 5, p. 476-479, 1978.
- SMITH, A. M.; VANDEN BORN, W. H. Ammonium sulfate increases efficacy of sethoxydim through increased absorption and translocation. *Weed Science*, Champaign, v. 40, n. 3, p. 351-358, 1992.
- STAHLMAN, P. W.; PHILLIPS, W. M. Effects of water quality and spray volume on glyphosate phytotoxicity. *Weed Science*, Champaign, v. 27, n. 1, p. 38-41, 1979.
- THELEN, K. D.; JACKSON, E. P.; PENNER, D. The basis for hard-water antagonism of glyphosate activity. *Weed Science*, Champaign, v. 43, n. 4, p. 541-548, 1995.
- TUCKER, T. A.; LANGELAND, K. A.; CORBIN, F. T. Absorption and translocation of ¹⁴C-imazapyr and ¹⁴C-glyphosate in alligatorweed *Alternanthera philoxeroides*. *Weed Technology*, Champaign, v. 8, n. 1, p. 32-36, 1994.
- WANAMARTA, G.; PENNER, D. Foliar absorption of herbicides. *Review Weed Science*, Champaign, v. 4, p. 215-232, 1989.
- WILLS, G. D.; McWHORTER, C. G. Effect of inorganic salts on the toxicity and translocation of glyphosate and MSMA in purple nutsedge (*Cyperus rotundus*). *Weed Science*, Champaign, v. 33, n. 6, p. 755-761, 1985.