

# QUALIDADE QUÍMICA DA ÁGUA USADA PARA ASPERSÃO E SEU EFEITO NA ATIVIDADE DO HERBICIDA GLIFOSATO

## CHEMICAL QUALITY OF WATER USED FOR SPRAYING AND ITS EFFECT ON THE HERBICIDE ACTION OF GLYPHOSATE

Leandro Vargas<sup>1</sup> Nilson Gilberto Fleck<sup>2</sup> Ribas Antonio Vidal<sup>3</sup> Marcos Marimom da Cunha<sup>1</sup>

### RESUMO

Alguns herbicidas não-seletivos usados no sistema de semeadura direta (plantio direto) podem ser parcialmente neutralizados pela água utilizada como veículo para aspersão. Isso pode ocorrer se a água empregada apresentar colóides orgânicos ou minerais em suspensão, os quais podem adsorver as moléculas dos herbicidas. O objetivo desse trabalho foi investigar o efeito de águas com diferentes origens e características químicas na atividade do herbicida glifosato. Os tratamentos foram formados por diversas águas minerais (Caxambu, Da Guarda, Fonte Azul, Fontes de Belém, Fonte Ijuí, Fonte da Ilha, Itati, Minalba e Sarandi) e água destilada, usadas como veículo de aspersão acrescidas de 450 g/ha e. a. de glifosato, sendo a aveia-preta a espécie reagente. Como resultados, constatou-se que apenas aos 12 e 15 dias após tratamento (DAT) ocorreram diferenças entre as águas, quando aquelas das marcas Da Guarda, Fonte Azul e Fonte Ijuí reduziram a atividade do glifosato em comparação às águas Fonte Sarandi, Itati e a destilada. Nas duas últimas avaliações (21 e 28 DAT) nenhuma das águas minerais afetou o desempenho do glifosato em comparação com a água destilada, demonstrando assim, não existir efeitos negativos dessas águas minerais na atuação daquele herbicida.

**Palavras-chave:** pH do diluente, águas minerais, teores de sais, *Avena strigosa*.

### SUMMARY

Some non-selective herbicides used in no-till system may be partially neutralized in water utilized as spray vehicle. This can occur if the water employed contains organic or mineral colloids in suspension, which may adsorb herbicide molecules. The

objective of this research was to investigate the effect of water from different origins and chemical characteristics on glyphosate activity. Treatments consisted of various mineral pource waters (Caxambu, Da Guarda, Fonte Azul, Fontes de Belém, Fonte Ijuí, Fonte da Ilha, Itati, Minalba e Sarandi) and also distilled water utilizing glyphosate rate of 450 g/ha a. e., that were applied over oat plants. Phytotoxicity was visually evaluated at 7, 12, 15, 21, and 28 days after applications (DAA). It was observed that only at 12 and 15 DAA occurred differences between waters, Da Guarda, Fonte Azul, and Fonte Ijuí reduced glyphosate activity in comparison to Fonte Sarandi, Itati and distilled waters. In the latest two evaluations (21 and 28 date) none of the mineral waters differed from distilled water showing no negative effects of such waters on herbicide action of glyphosate.

**Key Words:** Diluent pH, mineral waters, salts content, *Avena strigosa*.

### INTRODUÇÃO

Os herbicidas não-seletivos atualmente usados para o manejo da vegetação estabelecida, de modo a permitir a semeadura de culturas no sistema de plantio direto, apresentam como característica comum poderem ser neutralizados na água utilizada como veículo para aspersão. Isso pode ocorrer se a água empregada como diluente apresentar colóides orgânicos ou minerais em suspensão, os quais podem adsorver as moléculas herbicidas de modo a inativá-las,

<sup>1</sup>Engenheiro Agrônomo, aluno do Programa de Pós-graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul(UFRGS), Porto Alegre, RS.

<sup>2</sup>Engenheiro Agrônomo, PhD, Professor aposentado do Departamento de Plantas de Lavoura, Faculdade de Agronomia, UFRGS, Caixa Postal 776, 95501-970, Porto Alegre, RS. Bolsista do CNPq. Autor para correspondência.

<sup>3</sup>Engenheiro Agrônomo, PhD, Professor Adjunto do Departamento de Plantas de Lavoura, Faculdade de Agronomia, UFRGS, Caixa Postal 776, 95501-970, Porto Alegre, RS.

tornando esses produtos parcialmente ineficazes. Esse fato, que pode ocorrer de forma comum, é agravado na primavera quando costumam ocorrer chuvas abundantes no Estado do Rio Grande do Sul, aumentando a presença de partículas coloidais em suspensão, especialmente minerais (argilas). Alertados para o problema, muitos agricultores estão evitando usar, como veículo em suas aspersões, águas provenientes de rios, arroios ou açudes. Eles preferem substituí-las por águas provenientes de poços artesianos que costumam ser claras e limpas, ou seja, isentas desses problemas físicos.

Por outro lado, no Estado do Rio Grande do Sul, é comum ocorrerem águas minerais ou "duras", as quais apresentam grandes variações quanto a valores de pH e teores de sais entre as regiões de origem. Nesse locais, as águas "duras", servem na maioria das vezes como veículo nas aspersões de agroquímicos nas lavouras. O "endurecimento" da água é devido, primariamente, à presença de sais de cálcio e de magnésio (BUHLER & BURNSIDE, 1983b). As águas provenientes de poços artesianos freqüentemente contêm altas concentrações de sais, como alumínio, cálcio, ferro, magnésio, zinco e sódio, os quais antagonizam a fitotoxicidade de herbicidas (BUHLER & BURNSIDE, 1983a, BUHLER & BURNSIDE, 1983b, NALEWAJA & MATYSIAK, 1993a).

Os produtos glifosato e sulfosato, pertencentes ao grupo químico dos derivados da glicina, são herbicidas não-seletivos aplicados em pós-emergência. A absorção desses compostos pelas plantas é afetada pelas características da molécula do herbicida e do diluente utilizado na aspersão. O glifosato apresenta elevada atividade herbicida sobre um grupo bastante diversificado de espécies daninhas herbáceas (SPRANKLE *et al.*, 1975). Ele tem comprovado sua aplicabilidade como herbicida não-seletivo para muitos usos, especialmente agronômicos, incluindo sistemas de redução das operações de solo, renovação de gramados e de pastagens e para controle de diversas espécies daninhas (STAHLMAN & PHILLIPS, 1979; BINGHAM *et al.*, 1980; BUHLER & BURNSIDE, 1983b).

As propriedades físico-químicas e a atividade dos herbicidas podem ser alteradas pela variação do pH da calda (McCORMICK, 1990). Com o decréscimo do pH da solução, os grupamentos ácidos de 2,4-D e glifosato, como exemplos, tornam-se menos dissociados (WANAMARTA & PENNER, 1989). Os herbicidas ciclohexanodionas são mais eficientes quando aspergidos em solução com pH abaixo de sete

(McMULLAN, 1996). Esse incremento de eficiência sob baixo pH, provavelmente seja devido ao aumento da proporção de moléculas na forma protonada (McMULLAN, 1996).

BUHLER & BURNSIDE (1983b) pesquisaram águas provenientes de diferentes regiões dos EUA, verificando variações químicas entre elas e efeito diferenciado sobre a eficiência do herbicida glifosato. Observações de desempenho variável, tanto a campo como em casa-de-vegetação, sugerem que a atividade do glifosato pode ser influenciada pela composição da solução de aspersão e que águas contendo altos teores de íons reduzem sua atividade (STAHLMAN & PHILLIPS, 1979). Assim, a fitotoxicidade do glifosato tem sido reduzida quando ele é aplicado em água contendo alto teor de cátions polivalentes (CARLSON & BURNSIDE, 1984). O teor de sais presentes na água influi na atividade herbicida devido a interações químicas e físicas entre as moléculas herbicidas e os íons presentes na solução (WANAMARTA & PENNER, 1989). A presença de cálcio e magnésio na calda reduz a atividade do glifosato devido à associação desses sais com a molécula herbicida (PENNER, 1989; THELEN *et al.*, 1995). A combinação de cálcio e sódio antagonizam mais a atividade de glifosato (em trigo) do que a de ambos sozinhos, e os íons de cálcio contribuem mais do que os de sódio para esse antagonismo (NALEWAJA & MATYSIAK, 1993b). Sais de sódio podem ser os responsáveis pela redução da eficiência dos herbicidas ciclohexanodionas (McMULLAN, 1996). A presença de íons na água usada como veículo causa redução na absorção de sethoxydim (NALEWAJA *et al.*, 1989; McMULLAN, 1996).

Algumas pesquisas tem demonstrado aumento da fitotoxicidade herbicida pela presença de cátions monovalentes (sódio, potássio e amônio) nas soluções, enquanto tem ocorrido redução da atividade pela presença de sais de cátions divalentes e trivalentes (zinco, ferro e alumínio) (SANDBERG *et al.*, 1978; STAHLMAN & PHILLIPS, 1979; WILLS & McWHORTER, 1985). Com relação à presença de cálcio, os resultados são bastante contraditórios, referindo-se aumento, diminuição ou manutenção da fitotoxicidade do glifosato (SANDBERG *et al.*, 1978, STAHLMAN & PHILLIPS, 1979).

O mecanismo pelo qual os cátions modificam o movimento do glifosato através da cutícula e/ou membrana celular não é bem conhecido. Devido ao fato de que a membrana plasmática atrasa o movimento do glifosato para dentro das células, qualquer tratamento que altere o movimento do herbicida através dessa membrana e, dessa forma, a absorção do

glifosato pela célula vegetal, pode também alterar a fitotoxicidade de qualquer dose específica aplicada (MERVOSH & BALKE, 1991).

Adicionalmente, o contato íntimo entre o herbicida depositado e a superfície vegetal é essencial para a absorção. Os sais presentes no veículo de aspersão podem afetar a gota residual e reduzir o contato do glifosato com a superfície da epiderme da folha, fato que pode ser influenciado pela espécie vegetal investigada (NALEWAJA *et al.*, 1992).

O objetivo deste trabalho foi investigar o efeito de águas provenientes de várias origens, com diferentes características químicas (pH e teores de sais), sobre a atividade do herbicida glifosato aplicado sobre plantas de aveia-preta.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Um experimento foi conduzido a campo na Faculdade de Agronomia da UFRGS, em Porto Alegre, RS, no ano agrícola de 1995. O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, com quatro repetições. A área total de cada parcela foi 10m<sup>2</sup> (2,5 x 4m). Como veículos diluentes do herbicida foram utilizadas nove águas minerais (Tabela 1). Os tratamentos constaram da comparação das águas minerais Caxambu, Da Guarda, Fonte Azul, Fontes de Belém, Fonte Ijuí, Fonte da Ilha, Itati, Minalba e Sarandi e mais água destilada, empregadas como diluentes para dose de 450g/ha e.a. de glifosato. Adicionou-se ainda uma testemunha que não recebeu aplicação herbicida, totalizando onze tratamentos. A aveia-preta "Comum RS" (*Avena strigosa* Schreb.) foi a espécie gramínea usada como reagente.

A aplicação dos tratamentos ocorreu quando a maioria das plantas de aveia encontrava-se no estágio de início do florescimento. Para tal, foi utilizado aspersor costal de precisão, pressurizado com gás nitrogênio, mantendo-se pressão constante de 130kPa durante as aplicações. O aspersor estava munido de bicos

formadores de jato leque, da série 110.04, que proporcionaram 250 l/ha de calda aspergida. Essas condições propiciaram concentração herbicida de 0,5% v/v (volume de produto comercial/volume de calda).

As avaliações dos efeitos dos tratamentos foram realizadas aos 7, 12, 15, 21 e 28 dias após sua aspersão (DAT) (Tabela 1). A avaliação dos danos foi realizada visualmente, utilizando-se escala percentual, onde nota zero significou nenhum efeito aparente de dano às plantas de aveia e nota cem correspondeu à morte completa das plantas. As avaliações foram sempre efetuadas por três avaliadores que atribuíram notas individuais aos efeitos observados, as quais foram então somadas e calculadas as médias.

Os dados coletados foram previamente transformados para raiz quadrada e submetidos à análise de variância. Quando constatada significância estatística, efetuou-se a comparação das médias através do teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 1 - Avaliações da fitotoxicidade de glifosato (450g/ha) sobre aveia-preta (*Avena strigosa*), aplicado com águas diluentes de diferentes origens, Porto Alegre, RS, 1995.

Águas diluentes (marca e procedência)	pH da água	Fitotoxicidade(%)				
		7 DAT <sup>2</sup>	12 DAT	15 DAT	21 DAT	28 DAT
Fonte Ijuí (Ijuí, RS)	9,70	14a <sup>1</sup>	26 c	29 d	73a	91ab
Fonte Azul (Cerro Largo, RS)	9,60	14a	27 bc	30 cd	70a	92ab
Fonte Sarandi (Barra Funda, RS)	9,30	19a	41a	53a	81a	96a
Minalba (Campos do Jordão, SP)	8,40	14a	31abc	40abcd	72a	95ab
Fontes da ilha (Ijuí, RS)	8,20	17a	35abc	43abcd	74a	94ab
Itati (Canoas, RS)	8,10	19a	39ab	47ab	71a	94ab
Fontes de Belém (Porto Alegre, RS)	7,30	19a	40a	45abc	79a	94ab
Da Guarda (Tubarão, SC)	6,70	15a	26 c	30 cd	70a	90 b
Caxambu (Caxambu, MG)	5,90	14a	31abc	34 bcd	68a	92ab
Destilada (Porto Alegre, RS)	6,90	24a	41a	46ab	79a	95ab
Testemunha não tratada	-	0 b	0 d	0 e	0 b	0 c
CV(%)		25,4	12,0	12,6	7,3	1,9

<sup>1</sup> Dias após aspersão dos tratamentos.

<sup>2</sup> Médias seguidas de mesma letra, comparadas nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na primeira avaliação de fitotoxicidade, realizada aos 7 DAT (Tabela 1), não houve diferença estatística entre as diferentes águas usadas como veículo de aspersão. Já aos 12 DAT, constatou-se que as águas Da Guarda, Fonte Ijuí e Fonte Azul mostraram fitotoxicidade inferior à das águas destilada, Fonte Sarandi e Fontes de Belém. As águas Fonte Ijuí e Da Guarda também mostraram-se inferiores à Itati mas semelhantes às demais, as quais formaram um grupo intermediário (Minalba, Fontes da Ilha e Caxambu).

Aos 15 DAT, as águas Da Guarda, Fonte Ijuí e Fonte Azul ainda apresentavam efeitos inferiores aos das águas destilada, Fonte Sarandi e Itati. A água Caxambu também foi inferior à água Fonte Sarandi. Da mesma forma, Fonte Ijuí mostrou-se menos ativa do que Fontes de Belém. As águas Fontes da Ilha e Minalba apresentaram comportamento intermediário entre as demais águas testadas; contudo, não se diferenciaram da água destilada. Aos 21 DAT não foi detectada nenhuma diferença estatística quanto à fitotoxicidade entre as diversas águas testadas. Na última avaliação, realizada aos 28 DAT, novamente a água Da Guarda apresentou resultado inferior ao obtido com a água Fonte Sarandi. As demais águas mostraram posição intermediária.

O equilíbrio constatado entre as fitotoxicidades apresentadas na primeira avaliação pode ser decorrência do efeito da ação crônica do glifosato, o qual necessita um período de vários dias para exercer sua ação sobre a planta e essa exteriorizar os sintomas. Para espécies sensíveis esse período pode chegar de 4 a 7 dias (WSSA, 1994). Nas avaliações efetuadas entre 12 e 15 DAT, ocorreu a maior variação entre os tratamentos. Esse período talvez seja o mais propício para se observar diferenças entre águas diluentes. Neste período, detectou-se que as águas Da Guarda, Fonte Azul e Fonte Ijuí reduziram a atividade do glifosato, em comparação à água destilada, evidenciando-se efeito antagônico ao herbicida, fato também constatado por BUHLER & BURNSIDE (1983b); CARLSON & BURNSIDE (1984).

Na última avaliação, efetuada aos 28 DAT, não ocorreram diferenças entre a água destilada e as diversas águas minerais, evidenciando que os efeitos negativos iniciais de algumas delas haviam sido superados. Contudo, a água Da Guarda, naquela ocasião, ainda proporcionou fitotoxicidade inferior à da água Fonte Sarandi, fato que também se verificou anteriormente (aos 12 e 15 DAT), o que demonstra que a água Da Guarda mostra maior efeito negativo na

ação do herbicida do que a água Fonte Sarandi. Porém, é de se ressaltar que a fitotoxicidade final de todas elas foi acima de 90%, evidenciando que alguns efeitos negativos iniciais sobre a atividade do herbicida foram superados mais tarde, praticamente nivelando-se sua ação num único patamar elevado.

O efeito negativo de algumas águas pode ser devido às suas características químicas, como alto pH e teores elevados de sais (BUHLER & BURNSIDE, 1983a; NALEWAJA & MATYSIAK, 1993a). Contudo, o pH da água Fonte Sarandi, a qual mostrou menor efeito negativo sobre a atividade do glifosato, era 9,3; enquanto o da água Da Guarda, a qual apresentou o maior efeito negativo, era 6,7. Já o pH das demais águas variaram entre 5,9 e 9,7 (Tabela 1). Esses valores evidenciam que as variações de pH não afetaram significativamente o desempenho do glifosato, indicando que outros fatores devem estar envolvidos. A redução inicial da atividade do glifosato, aparentemente foi devida à formação de complexos entre as moléculas do herbicida e íons, como cálcio, ferro e zinco (BUHLER & BURNSIDE, 1983b); NALEWAJA & MATYSIAK, 1991).

As águas utilizadas neste experimento provavelmente continham diferentes concentrações de sais, sendo provável que alguns deles sejam responsáveis pelas respostas encontradas, através de indução ao efeito de sinergismo ou de antagonismo. Nesse sentido, a presença de diversos sais inorgânicos no veículo de aplicação dos herbicidas pode resultar tanto em aumento quanto em redução da sua atividade (WILLS & MCWHORTER, 1985; NALEWAJA & MATYSIAK, 1992; NALEWAJA & MATYSIAK, 1993a). A fitotoxicidade do glifosato foi demonstrada ser menor em águas que continham teores elevados de bicarbonatos e de cálcio (BUHLER & BURNSIDE, 1983a). O antagonismo ao glifosato decorrente de cálcio e magnésio presentes no diluente é provocado pela formação de sais de cálcio e de magnésio de glifosato, os quais são pouco absorvidos pelas plantas (PENNER, 1989).

Outro fator importante a ser considerado refere-se à dose herbicida empregada. Considerando-se que o provável efeito antagônico de águas minerais ao glifosato possa não ser geral, a dose herbicida para detectar esse efeito deve ser bastante baixa, a fim de permitir que as mínimas diferenças na atividade deste herbicida possam se evidenciar e que não sejam mascaradas pelo excesso de produto. A dose herbicida utilizada neste experimento foi 450g e.a./ha de glifosato, considerada adequada para tal finalidade. STAHLMAN & PHILLIPS (1979) encontraram

diferenças de controle usando dose de 840g/ha. Já BUHLER & BURNSIDE (1983b), ao pesquisar três dosagens de glifosato (100, 200 e 400g e.a./ha) diluídas em águas provenientes de diferentes regiões, constataram que com o aumento da dose ocorreu menor variação na fitotoxicidade do herbicida devido ao efeito do diluente. Contudo, eles verificaram que, mesmo na maior dose, ainda ocorreram diferenças significativas em sua ação, dependendo do diluente empregado. Essa menor variação na ação se deveu ao fato do uso de maior dosagem superar algum efeito antagonico devido à presença de sais.

Entretanto, caso o efeito negativo dos sais sobre a atividade do herbicida possa ser superado com pequeno aumento da dosagem, esse efeito parece revestir-se de pequena significância. Segundo NALEWAJA & MATYSIAK, (1991), altas doses de glifosato podem superar o antagonismo ocasionada pelos sais, exceto por excesso de cálcio.

Outra estratégia para se superar o efeito negativo ocasionado pela presença de sais no diluente, na atividade do glifosato, é através da redução do volume do diluente empregado (BUHLER & BURNSIDE, 1983b). Altos volumes de calda, mais de 300 litros/ha, tem reduzido a fitotoxicidade de glifosato em aplicações tanto em casa-de-vegetação como a campo (SANDBERG *et al.*, 1978; AMBACH & ASHFORD, 1982). A redução do volume de calda também reduz a probabilidade da associação de íons presentes no diluente com as moléculas herbicidas, por aumentar a concentração do herbicida na calda, reduzindo assim a proporção desses íons em relação às moléculas do herbicida. Por outro lado, a adição de ácido cítrico, citrato de amônia ou sulfato de amônia na calda, podem igualmente superar o efeito antagonico de bicarbonato de sódio, cloreto de cálcio e sulfato de ferro ao glifosato (NALEWAJA & MATYSIAK, 1991).

Por fim, diferenças acentuadas entre os tratamentos ocorrem somente até duas semanas após a aplicação dos mesmos e desapareceram ao término da atividade herbicida, demonstrando desse modo existir apenas um atraso em relação ao tempo de ação do herbicida, porém sem comprometer a sua eficiência. Como decorrência, se conclui existir pouca influência negativa derivada da qualidade química dessas águas utilizadas como veículo de aspersão sobre a atividade do herbicida glifosato no controle de aveia-preta.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMBACH, R. M., ASHFORD, R. Effects of variations in drop makeup on the phytotoxicity of glyphosate. *Weed Science*, Champaign, v. 30, n. 3, p. 221-224, 1982.
- BINGHAM, S.W., SEGURA, J., FOY, C.L. Susceptibility of several grasses to glyphosate. *Weed Science*, Champaign, v. 28, n. 5, p. 579-585, 1980.
- BUHLER, D.D., BURNSIDE, O.C. Effect of spray components on glyphosate toxicity to annual grasses. *Weed Science*, Champaign, v. 31, n. 1, p. 124-130, 1983a.
- BUHLER, D.D., BURNSIDE, O.C. Effect of water quality, carrier volume, and acid on glyphosate phytotoxicity. *Weed Science*, Champaign, v. 31, n. 2, p. 163-169, 1983b.
- CARLSON, K.L., BURNSIDE, O.C. Comparative phytotoxicity of glyphosate, SC-0224, SC-0545, and HOE-00661. *Weed Science*, Champaign, v. 32, n. 6, p. 841-844, 1984.
- MCCORMICK, R.W. Effects of CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, air and nitrogen salts on spray solution pH. *Weed Technology*, Champaign, v. 4, n. 4, p. 910-912, 1990.
- McMULLAN, P. M. Grass herbicide efficacy as influenced by adjuvants, spray solution pH, and ultraviolet light. *Weed Technology*, Champaign, v. 10, n. 1, p. 72-77, 1996.
- MERVOSH, T.L., BALKE, N.E. Effects of calcium, magnesium, and phosphate on glyphosate absorption by cultured plant cells. *Weed Science*, Champaign, v. 39, n. 3, p. 347-353, 1991.
- 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.
- 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. Spray carrier salts affect herbicide toxicity to kochia (*Kochia scoparia*). *Weed Technology*, Champaign, v. 7, n. 1, p. 154-158, 1993a.
- NALEWAJA, J.D., MATYSIAK, R. Optimizing adjuvants to overcome glyphosate antagonistic salts. *Weed Technology*, Champaign, v. 7, n. 2, p. 337-342, 1993b.
- PENNER, D. The impact of adjuvants on herbicide antagonism. *Weed Technology*, Champaign, v.3, n. 2, p. 227-231, 1989.
- SANDBERG, C.L., MEGGITT, W.F., PENNER, D. Effect of diluent volume and calcium on glyphosate phytotoxicity. *Weed Science*, Champaign, v. 26, n. 5, p. 476-479, 1978.
- SPRANKLE, P., MEGGITT, W.F., PENNER, D. Rapid inactivation of glyphosate in the soil. *Weed Science*, Champaign, v. 23, n. 3, p. 224-228, 1975.
- 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.

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.

WSSA, **Herbicide handbook**, 7. ed., Champaign, 1994, 352p.

**Ciência Rural, v. 27, n. 4, 1997.**