

ACÇÃO DO IMAZAPIC+IMAZAPYR SOBRE A TIRIRICA (*Cyperus rotundus*) E OS DESNITRIFICADORES EM MILHO¹

Action of Imazapic+Imazapyr on Purple Nutsedge (Cyperus rotundus) and Denitrifying Bacteria in Corn

ULBRICH, A.V.², LEITE, C.R.F.², SOUZA, J.R.P.³ e ANDRADE, D.S.⁴

RESUMO - Os objetivos do experimento foram avaliar a eficácia do imazapic+imazapyr sobre a tiririca e a influência desta planta daninha sobre a população de desnitrificadores em solo cultivado com milho. O experimento foi realizado em caixas de 0,70 x 0,30 x 0,30 m, onde foram semeados o milho tolerante às imidazolinonas (C-901CL) e plantados 50 bulbos de tiririca. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com seis repetições. Os tratamentos foram constituídos por: 1. milho sem tiririca; 2. milho com tiririca; 3. milho com tiririca capinada; 4. milho com tiririca e imazapic+imazapyr (63+21g ha⁻¹ de i.a.) em pós-emergência; e 5. milho com tiririca e imazapic+imazapyr (63+21g ha⁻¹ de i.a.) em pré-emergência. O herbicida foi eficiente em pós-emergência, diminuindo as manifestações epígeas da tiririca em 41% e proporcionando controle visual de 88% aos 21 dias após a aplicação. Os desnitrificadores do solo aumentaram em seis e dez vezes aos 24 e 54 dias após a semeadura do milho, respectivamente, com a presença de tiririca. A aplicação do herbicida em pós-emergência reduziu a população de desnitrificadores para 1,91x10⁵ NMP (número mais provável), 89% menor que a testemunha capinada (16,78x10⁵ NMP).

Palavras-chave: bactéria, pseudomonas, nitrogênio, volatilização, competição.

ABSTRACT - The objective of this work was to evaluate the efficacy of imazapic+imazapyr in controlling purple nutsedge and its effect on the population of denitrifying bacteria in soil cultivated with corn. The trial was set up in 0.70 x 0.30 x 0.30 m boxes where imidazolinone tolerant corn (C-901CL) was seeded together with 50 purple nutsedge bulbs. The experimental design was randomized with six replications. The treatments were: 1) corn without nutsedge; 2) corn with nutsedge; 3) corn with cut nutsedge; 4) corn with nutsedge treated with imazapic+imazapyr (63+21 g ha⁻¹ i.a.) applied in post-emergence and 5) corn with nutsedge treated with imazapic+imazapyr (63+21 g ha⁻¹ i.a.), applied in pre-emergence. The herbicide was efficient when applied in post-emergence, reducing in 41% the setting of aerial parts of the nutsedge with visual control effect of 88%, twenty-one days after spraying. The soil denitrifying bacteria increased six- and ten-fold, 24 and 54 days after corn seeding, respectively, in the presence of purple nutsedge. The application in post-emergence reduced the denitrifying population to 1.91x10⁵ MPN (most probable number), 89% less than the non-weeded check (16.78x10⁵ MPN).

Key words: bacteria, pseudomonas, nitrogen, volatilization, competition.

¹ Recebido para publicação em 1.4.2004 e na forma revisada em 17.12.2004.

² Pós-graduando em Agronomia, nível de doutorado, Dep. de Agronomia, CCA, Universidade Estadual de Londrina – UEL, Caixa Postal 6001, 86051-990 Londrina-PR, <adolfo.ulbrich@basf-sa.com.br>. ³ Professor Adjunto, Dep. de Agronomia, CCA, UEL, <jose@uel.br>. ⁴ Pesquisadora do Instituto Agronômico do Paraná, Microbiologia de Solo, Caixa Postal 481, 86047-902 Londrina-PR, <diva@pr.gov.br>.



INTRODUÇÃO

O nitrogênio é considerado um dos principais nutrientes para as plantas; na cultura do milho, ele pode aumentar a produtividade e o teor de proteína dos grãos. Ele pode ser proveniente da mineralização da matéria orgânica, fixação biológica, adubação nitrogenada e chuva. No que se refere à reposição do nitrogênio do solo consumido pelas plantas cultivadas ou perdidas por volatilização, lixiviação e erosão, não existem ainda critérios definidos para que ela seja feita após a análise do solo (Yamada, 1995). Essa situação tem despertado o interesse por estudos envolvendo sua dinâmica nos agroecossistemas, reforçado pela crescente demanda por alimentos e pelo aumento da população mundial.

Dentre as perdas de N, a que ocorre na forma de gases (10-80%) liberados na atmosfera por causa da volatilização da amônia e pela desnitrificação é uma das principais. Espécies de bactérias habitantes do solo são capazes de realizar a desnitrificação: redução do nitrato a nitrito e deste em gases nitrogenados, como NO, N₂O e N₂ (Yamada, 1996). A desnitrificação biológica no solo (NO₃⁻ → NO₂⁻ → [Enz NO] → N₂O → N₂) é um processo metabólico específico realizado por limitado número de gêneros de bactérias, na sua maioria quimiorganotróficas e anaeróbicas facultativas (Tiedje, 1982). Dentre elas são citadas espécies do gênero *Pseudomonas*, a exemplo de *P. fluorescens* e *P. alcaligenes*, tipicamente desnitrificadoras (Gamble et al., 1977), e as fixadoras de nitrogênio, pertencentes aos gêneros *Rhizobium* e *Azospirillum*. Nesse processo, os substratos comuns são o nitrato (NO₃⁻) e o nitrito (NO₂⁻). Como desnitrificadores, esses microrganismos exercem função importante no ciclo do nitrogênio no solo, reduzindo óxidos de N para formas gasosas, as quais são liberadas na atmosfera. A desnitrificação tem significativa importância para a agricultura, uma vez que pode reduzir a disponibilidade de N em culturas de interesse econômico (Aulakh et al., 1992).

Certas condições de solo, como elevados teores de matéria orgânica, compactação e anaerobiose, podem contribuir para o aumento da atividade das bactérias (Okafor & Datta, 1976). Paramasivam et al. (1999) constataram

alta correlação entre o número mais provável de desnitrificadores no solo e a capacidade de desnitrificação deste, observando perdas de N na forma de nitrito (N₂O) da ordem de 0,2 a 1,4 mg g⁻¹ de solo para uma população entre 0,1x10³ a 2,25x10⁵ NMP.

Segundo Volz (1977), as raízes de plantas do gênero *Cyperus* podem aumentar a atividade de bactérias desnitrificadoras, com conseqüente diminuição da disponibilidade de N. Patterson (1985) observou que *Cyperus esculentus* consorciado com milho para silagem reduz os teores de matéria seca e de nitrogênio total do milho. Verificou ainda que, do total de N reduzido da cultura, apenas 38% foi aproveitado pela planta daninha. Na competição entre plantas cultivadas e daninhas, o N é um dos elementos mais exigidos e com maior nível de competição (Escosteguy et al., 1997).

Yamada & Abdalla (2000) verificaram que a planta de milho tem preferência por fertilizantes hidrossolúveis e que o íon amônio (NH₄⁺) é utilizado na cultura preferencialmente nos primeiros estádios de desenvolvimento, e o íon nitrato (NO₃⁻), nos estádios finais; mais de 50% do N utilizado pelo milho é absorvido após o florescimento.

Os experimentos de Mello et al. (1988) e Rodrigues & Kiehl (1986) demonstraram que, em áreas muito infestadas por plantas da espécie *C. rotundus*, as adubações nitrogenadas podem apresentar baixa eficiência, sendo esta influenciada pela forma de N e pela época da aplicação. Assim, para obter os benefícios da adubação nitrogenada em milho cultivado em solo com *C. rotundus* são necessários alguns cuidados práticos, como a combinação de formas de N com as épocas de aplicação, em que a forma nítrica (NO₃⁻) seria aplicada na fase inicial do desenvolvimento da cultura e a forma amoniacal (NH₄⁺) na fase final, após o florescimento do milho, uma vez que a desnitrificação é mais acentuada com a forma nítrica.

Outra alternativa para aumentar a disponibilidade de N às plantas de milho é a aplicação de herbicidas que diminuam a população de *C. rotundus*. Almeida et al. (2002) relatam que até pouco tempo não havia produtos eficientes sobre esta planta daninha que

fossem seletivos ao milho, porém, com o recém-aparecimento do milho tolerante ao grupo químico das imidazolinonas, tornou-se possível a utilização de herbicidas altamente eficientes no controle da tiririca, como, por exemplo, o Onduty® (marca registrada BASF S.A.), mistura formulada de imazapic e imazapyr (525+175 g kg⁻¹ de i.a.). Os herbicidas deste grupo químico inibem a síntese da enzima acetolactato sintase (ALS), impedindo a síntese dos aminoácidos valina, leucina e isoleucina, essenciais para as plantas (Rodrigues & Almeida, 1998).

Com base nesses fundamentos de literatura, os objetivos do presente estudo foram avaliar a eficácia da aplicação da mistura pronta do herbicida imazapic + imazapyr na cultura do milho infestado por tiririca (*C. rotundus*) e na população de bactérias desnitrificadoras do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente experimento foi conduzido em campo na Universidade Estadual de Londrina, Londrina-PR, com latitude de 23°15'S, longitude de 51°10'W e clima Cfa, segundo a escala de Köppen.

O solo do experimento foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico, textura argilosa, com 74% de argila, pH 6,0 em CaCl₂, 36,53 g dm⁻³ de matéria orgânica, 8,02 g dm⁻³ de CTC, 21,43 mg dm⁻³ de P e 70,1% em saturação de bases. O solo foi retirado da camada arável de área cultivada com aveia-preta durante o inverno e colocado em caixas de concreto de 0,70 m comprimento, 0,30 m de largura e 0,30 m de profundidade. Cada caixa constituiu uma parcela. Inicialmente, foi determinado o NMP de microrganismos desnitrificadores em amostra de 200 g do solo coletado.

O delineamento experimental foi o inteiramente ao acaso, com cinco tratamentos e seis repetições. Os tratamentos foram: T1) milho cultivado sem tiririca; T2) milho cultivado com tiririca; T3) milho cultivado com tiririca capinada; T4) milho cultivado com tiririca e aplicação de imazapic+imazapyr na dose de 63+21g ha⁻¹ de i.a. em pós-emergência; e T5) milho cultivado com tiririca e

aplicação de imazapic+imazapyr na dose de 63+21 g ha⁻¹ de i.a. em pré-emergência.

Em cada parcela dos tratamentos T2, T3, T4 e T5 foram plantados 50 tubérculos viáveis de tiririca seis dias antes da semeadura (DAS) do milho a 0,10 m de profundidade. Os tubérculos foram coletados de uma área próxima momentos antes do plantio. Em 20/12/2000 foi realizada a semeadura do milho-híbrido reagente C- 901 CL. O tratamento com herbicida na modalidade de pré-emergência (PRÉ) foi aplicado logo após a semeadura do milho e em pós-emergência (PÓS), aos 21 DAS, quando as plantas de milho se encontravam no estágio de três a quatro folhas. Foram aplicados 60 kg ha⁻¹ de nitrogênio na forma de nitrato de cálcio em todos os tratamentos, aos 21 dias após o plantio da tiririca.

As aplicações da mistura pronta do herbicida para os tratamentos T4 e T5 foram feitas com pulverizador costal propelido a CO₂, pressão constante de 150 kPa, equipado de "pistola", um bico leque da série Teejet tipo XR 110:02, a 0,35 m acima do alvo. A faixa de pulverização foi de 0,40 m de largura, totalizando volume de 200 L ha⁻¹.

Aos 8, 15, 22, 28, 35 e 42 DAS, foram realizadas as avaliações visuais do controle de tiririca e toxicidade nas plantas de milho e foi feita a contagem do número de manifestações epigeas da tiririca. Para as avaliações visuais, foram atribuídas notas de 0 a 100%, em que 0 corresponde à ausência de controle ou injúria e 100 ao controle total das plantas daninhas ou morte das plantas de milho (SBCPD, 1995).

Para a determinação do NMP de microrganismos desnitrificadores do solo, foram coletadas amostras com 200 g de solo de cada parcela aos 24 e 54 DAS, empregando-se a técnica descrita por Tiedje (1982). Nessas mesmas épocas também foi determinada a umidade de cada amostra. As amostras de solo foram passadas por peneira de 2 mm e armazenadas a temperatura de -4° a -6 °C, até a realização da análise, para a qual foram realizadas suspensões de solo, preparadas a partir de 10 g de solo úmido, 95 mL de solução salina e "pérolas de vidro" e centrifugação a 200 rpm durante 30 minutos. A solução salina foi preparada com água deionizada esterilizada em autoclave a 121 °C, 1,5 atm durante



20 minutos, e adição dos seguintes sais em $g L^{-1}$: 0,05 de $MgSO_4$, 0,025 de $NaCl$; 0,1392 de K_2HPO_4 e 0,0272 de KH_2PO_4 . Ao final do preparo da solução procedeu-se ao ajuste para pH 7,3. Em seguida, transferiu-se 1 mL dessa suspensão para tubo esterilizado contendo 9 mL de solução salina (diluição 10^{-2}); o processo continuou até a diluição 10^{-5} . A partir da diluição serial foram inoculados quatro tubos por diluição, contendo 900 μL de meio de cultura líquido (3,0 g de extrato de carne; 5,0 g de peptona; 0,5 g de KNO_3 , em 1.000 mL de H_2O , pH ajustado para 6,8). O meio de cultura – após esterilizado em autoclave a 121 °C e 1,5 atm durante 20 minutos – foi distribuído asépticamente em tubos eppendorf também autoclavados, sendo estes inoculados com as suspensões diluídas de solo. Depois de inoculados, os tubos foram incubados por 14 dias em condições anaeróbicas, a 28 °C e na ausência de luz. Após incubação, procedeu-se à verificação da presença de desnitrificadores, identificada pela presença ou ausência de NO_3^- e NO_2^- ; para isso, uma alíquota de 100 μL do meio de cultura inoculado foi transferida para a placa de teste e a este foram adicionadas de três a seis gotas do reagente de diphenilamine (50 mg de diphenylamina dissolvidos em 25 mL de H_2SO_4 concentrado). O aparecimento da cor azul na superfície indica a presença de NO_3^- e NO_2^- (ausência de desnitrificadores), e a ausência de coloração (incolor) evidencia a desnitrificação (presença de microrganismos desnitrificantes). A partir dos resultados positivos e negativos de presença de microrganismos para cada uma das diluições das

suspensões inoculadas, procedeu-se ao cálculo da estimativa do número de microrganismos desnitrificantes nas amostras, utilizando valores encontrados em tabelas (Andrade & Hamakawa, 1994). Os dados obtidos foram transformados para solo seco.

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância, e a comparação entre as médias foi feita pelo teste de Tukey a 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas manifestações epigeas da tiririca foi observada uma evolução variável de 53 manifestações aos 8 DAS e até 132 aos 42 DAS (Tabela 1). A aplicação da mistura pronta (imazapic + imazapyr) em pós-emergência (PÓS) foi mais eficiente que aquela em pré-emergência (PRÉ) (Tabelas 1 e 2). A redução das manifestações epigeas da tiririca aos 42 DAS foi de 41% na aplicação em PÓS e 18% em PRÉ, sendo essa diferença não-significativa. Considerando que o mecanismo de ação do herbicida imazapic+imazapyr é a inibição da enzima acetolactato sintase (ALS), provavelmente as plantas de tiririca tiveram a paralisação no crescimento após a aplicação do herbicida e apresentaram necroses a partir do meristema apical, sem, no entanto, chegarem à morte durante o período de avaliação do experimento.

A eficácia do herbicida no controle da tiririca avaliada visualmente foi maior em pós-emergência, chegando a 88% aos 42 DAS, enquanto em pré-emergência o controle não

Tabela 1 - Número de manifestações epigeas de tiririca (*C. rotundus*) emergidas nos diferentes tratamentos aplicados ao experimento. Londrina, 2003

Tratamento	DASM ^{3/}	8	15	22	28	35	42
	DAAPE ^{4/}	8	15	22	28	35	42
	DAAPO ^{5/}	-	-	01	07	14	21
Milho		0 ^{1/} b ^{2/}	0 b	0 b	0 c	0 c	0 c
Milho + tiririca		53,2 a	74,8 a	82,7 a	103,0a	111,0 a	131,7 a
Milho + tiririca capinada		0 b	0 b	0 b	0 c	0 c	0 c
Milho + tiririca + imazapic + imazapyr (PÓS)		53,7 a	72,8 a	79,3 a	79,3 b	77,5 b	77,8 b
Milho + tiririca + imazapic + imazapyr (PRÉ)		58,7 a	80,0 a	89,2 a	100,3 ab	104,5 a	108,0 a
CV (%)		20,2	23,5	23,4	23,3	23,4	22,8

^{1/} Dados originais sem transformação; ^{2/} médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; ^{3/} DASM = dias após a semeadura do milho; ^{4/} DAAPE = dias após a aplicação do herbicida em pré-emergência; ^{5/} DAAPO = dias após a aplicação do herbicida em pós-emergência.

passou de 46% na mesma data de avaliação (Tabela 2).

Os dados de contagem da população de bactérias desnitrificadoras do solo antes e após o plantio da tiririca são apresentados na Tabela 3 e na Figura 1. A população inicial de desnitrificadores determinada antes do plantio da tiririca foi de $2,48 \times 10^5$ NMP de células por grama de solo seco. Na primeira avaliação, aos 24 DASM, foi observado efeito positivo da presença de tiririca na população desses microrganismos, cuja variação foi de 2,40 a $15,49 \times 10^5$ NMP g^{-1} de solo seco, respectivamente para os tratamentos sem tiririca e com tiririca. O aumento da população das bactérias desnitrificadoras foi em média seis vezes maior em função da presença da tiririca nesta época. Aos 54 DAS, o NMP de bactérias desnitrificadoras no solo aumentou de 1,62 para

$10,47 \times 10^5$ NMP g^{-1} de solo seco, respectivamente para os tratamentos sem tiririca e com tiririca capinada.

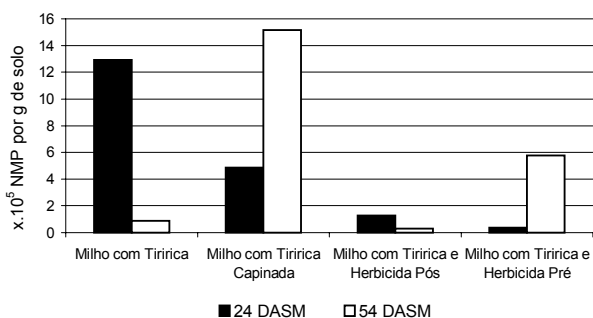


Figura 1 - Aumento da população de bactérias desnitrificadoras no solo em relação ao tratamento com milho e sem tiririca. Londrina, 2003.

Tabela 2 - Porcentagem de controle de tiririca (*C. rotundus*) entre 8 e 42 dias após a semeadura do milho (DASM) com a aplicação dos tratamentos. Londrina, 2003

Tratamento	DASM ^{3/}	8	15	22	28	35	42
	DAAPE ^{4/}	8	15	22	28	35	42
	DAAPO ^{5/}	-	-	01	07	14	21
Milho		100,0 ^{1/} a ^{2/}	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0a
Milho + tiririca		0,0 c	0,0 c	0,0 c	0,0 d	0,0 d	0,0 d
Milho + tiririca capinada		100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a
Milho + tiririca + imazapic + imazapyr (PÓS)		0,0 c	0,0 c	0,0 c	39,1 b	66,7 b	87,6 b
Milho + tiririca + imazapic + imazapyr (PRÉ)		11,6 b	14,9 b	17,4 b	24,1 c	34,9 c	45,8 c
CV (%)		2,51	2,84	2,26	2,95	3,21	2,23

^{1/} Dados originais sem transformação; ^{2/} médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; ^{3/} DASM = dias após a semeadura do milho; ^{4/} DAAPE = dias após a aplicação do herbicida em pré-emergência; ^{5/} DAAPO = dias após a aplicação do herbicida em pós-emergência.

Tabela 3 - Número médio de bactérias desnitrificadoras do solo presentes aos 24 e 54 dias após a semeadura do milho (DASM) nos diferentes tratamentos aplicados. Londrina, 2003

Tratamento	24 DASM		54 DASM	
	Desnitrificador (Log ₁₀ NMP g^{-1})	Umidade do Solo (%)	Desnitrificador (Log ₁₀ NMP g^{-1})	Umidade do Solo (%)
Milho	5,38 ^{1/} b ^{2/}	17,1 ± 2,8	5,21 c	25,4 ± 1,0
Milho + tiririca	6,19 a	18,0 ± 0,5	5,40 bc	26,0 ± 1,6
Milho + tiririca capinada	5,85 a	17,6 ± 1,2	6,02 a	30,5 ± 1,9
Milho + tiririca + imazapic + imazapyr (PÓS)	5,50 b	18,0 ± 1,9	5,29 c	26,2 ± 3,8
Milho + tiririca + imazapic + imazapyr (PRÉ)	5,42 b	17,7 ± 0,8	5,84 b	26,1 ± 1,4
CV (%)	5,67		1,90	
Coeficiente de correlação (Pearson) p < 0,01		0,535		0,894 ^{3/}

^{1/} Valores representam médias de seis repetições; ^{2/} médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.



Com relação à umidade média do solo para cada tratamento, foi observada correlação positiva ($r=0,89^{**}$) entre a quantidade de água no solo e a população de desnitrificadores em cada tratamento (Tabela 3).

Os resultados obtidos sugerem que o emprego de herbicidas eficientes em áreas com alta infestação de tiririca pode levar à redução das perdas de N do solo, devido à redução na população de desnitrificadores. Resultados semelhantes foram encontrados por Tenuta & Beauchamp (1996), os quais observaram reduções de 20 a 30 vezes na taxa (mg N dia^{-1}) de desnitrificação com a aplicação do herbicida glyphosate em áreas infestadas com *Bromus inermis* e *Poa pratensis*.

LITERATURA CITADA

- ALMEIDA, J. C. V.; LEITE, C. R. F.; ULBRICH, A. V. Controle de *Cyperus rotundus* na cultura do milho Clearfield com o herbicida Onduty (imazapic+imazapyr). In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., 2002, Gramado. **Resumos...** Gramado: Sociedade Brasileira de Controle das Plantas Daninhas, 2002. p. 217.
- ANDRADE, D. S.; HAMAKAWA, P. J. Estimativa do número de células de rizóbio no solo e inoculantes por infecção em planta. In: HUNGRIA, M.; ARAUJO, R. S. (Eds.). **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. p. 63-94.
- AULAKH, M. S.; DORAN, J. W.; MOSIER, A. R. Soil denitrification - Significance, measurement, and effects of management. In: **Advances in soil science**. New York: Springer-Verlag, 1992. p. 1-57.
- ESCOSTEGUY, P. A. V.; RIZZARDI, M. A.; ARGENTA, G. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do milho em duas épocas de semeadura. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 21, p. 71-77, 1997.
- GAMBLE, T. N.; BETLACH, M. R.; TIEDJE, J. M. Numerically dominant denitrifying bacteria from world soils. **Appl. Environ. Microbiol.**, v. 33, p. 926-939, 1977.
- MELLO, F. A. F. et al. Efeito de doses e modos de aplicação de uréia na produção de milho. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 12, p. 269-274, 1988.
- OKAFOR, L. I.; DATTA, S. K. Competition between upland rice and purple nutsedge for nitrogen, moisture, and light. **Weed Sci.**, v. 24, p. 43-48, 1976.
- PARAMASIVAM, S. et al. Denitrification in the vadose zone and in superficial groundwater of a sandy entisol with citrus production. **Plant Soil**, v. 208 p. 307-319, 1999.
- PATTERSON, D. T. Comparative ecophysiology of weeds and crops. In: DUKE, S. O. **Reproduction and ecophysiology**. Boca Raton: Weed Physiology. v. 1, 1985. p. 101-129.
- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 4.ed. Londrina: Edição dos Autores, 1998. 648 p.
- RODRIGUES, M. B.; KIEHL, J. C. Volatilização de amônia após emprego de uréia em diferentes doses e modos de aplicação. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 10, p. 37-43, 1986.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS – SBCPD. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBCPD, 1995. 42 p.
- TENUTA, M.; BEAUCHAMP, E. G. Denitrification following a herbicide application to a grass sward. **Can. J. Soil Sci.**, v. 76, p. 15-22, 1996.
- TIEDJE, J. M. Denitrification. In: **Methods of soil analysis**. Chemical and microbiological properties. Madison: ASA-SSSA, 1982. Part 2. p. 1011-1026. (Agronomy Monograph)
- VOLZ, M. G. Infestations of yellow nutsedge in cropped soil: effects on soil nitrogen availability to the crop and associated N transforming bacterial populations. **Agro-Ecosyst.**, v. 3, p. 313-319, 1977.
- YAMADA, T. **Adubação nitrogenada do milho**. Como melhorar a eficiência. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1995. 4 p. (Informações Agronômicas, 71).
- YAMADA, T. **Adubação nitrogenada do milho**. Quanto, como e quando aplicar. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo. 1996. 5 p. (Informações Agronômicas, 74).
- YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. **Como melhorar a eficiência da adubação nitrogenada do milho**. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo. 2000. 5 p. (Informações Agronômicas, 91).