



SÓCIOS:
Instituto da Potassa e do Fosfato (EUA)
Instituto da Potassa e do Fosfato (Canadá)

DIRETOR:
T. Yamada

INFORMAÇÕES AGRONÔMICAS

Nº 91 SETEMBRO/00

COMO MELHORAR A EFICIÊNCIA DA ADUBAÇÃO NITROGENADA DO MILHO?

Tsuiooshi Yamada¹
Silvia Regina Stipp e Abdalla²

1. INTRODUÇÃO

O nitrogênio é considerado um dos maiores fatores de produção responsáveis pelo aumento da produtividade e da proteína dos grãos de milho. O estudo da sua dinâmica em ecossistemas agrícolas e naturais tem despertado um crescente interesse devido ao aumento na demanda por alimentos e fibras, determinado pela rápida expansão da população mundial.

Por ser um elemento muito dinâmico no solo e sujeito a grandes perdas, principalmente na forma gasosa, torna-se essencial o seu manejo eficiente.

2. FORMAS ABSORVIDAS

O nitrogênio é o único, entre os nutrientes minerais, que pode ser absorvido pelas plantas em duas formas distintas, tanto na de ânion NO_3^- como na de cátion NH_4^+ . Sabe-se, em relação às formas dos adubos, que o milho prefere os fertilizantes hidrossolúveis, sendo que o íon amônio (NH_4^+) é utilizado preferencialmente nos primeiros estádios de desenvolvimento e o íon nitrato (NO_3^-) nos estádios finais (WARNCKE & BARBER, 1973).

Como o N-NH_4^+ é muito menos sujeito a perdas por lixiviação ou desnitrificação que o N-NO_3^- , diferenças nas proporções dos adubos nitrogenados contendo N nas formas NO_3^- ou NH_4^+ podem ter importantes implicações no manejo do N. De acordo

Veja neste número:

Dessecação da soja para antecipação do plantio da safrinha	6
Épocas de semeadura e densidade de plantas de soja	9
Dobra a área de plantio direto em São Paulo ...	11
Serviços agropecuários gratuitos on line	12
Convivendo com a acidez do solo	16

com BELOW (1995), embora o aumento no suprimento de NH_4^+ nos solos possa melhorar a performance da planta, numerosas espécies têm mostrado absorver mais N e crescer mais rapidamente quando supridas com misturas de NO_3^- e NH_4^+ que quando adubadas somente com NO_3^- . Estudando plantas de milho em condições hidropônicas, onde as formas de N puderam ser controladas, ele obteve maior produtividade (de 10 a 14%) quando elas foram cultivadas com misturas de formas de N do que quando com NO_3^- somente (Tabela 1).

Este aumento de produtividade induzido pela mistura de formas de N se deu devido à maior produção de grãos por planta, principalmente devido à diminuição do abortamento de grãos no topo da espiga (Foto 1).

¹ Engenheiro Agrônomo, M.S., Doutor, Diretor da POTAFOS.

² Engenheira Agrônoma, M.S., POTAFOS.

Tabela 1. Efeito da forma de N sobre a produtividade e sobre parâmetros fisiológicos de crescimento do milho em cultivo hidropônico. Média de todos os híbridos avaliados no período de seis anos (BELOW, 2000).

Parâmetros	Nitrato/Amônio	
	100/0	50/50
Produtividade (t/ha)	12,3	13,8
Número de grãos (nº/planta)	652	737
Absorção de N pela planta (kg/ha)	279	343



Foto 1. Efeito da forma de nitrogênio sobre o desenvolvimento da espiga em plantas de milho cultivadas sob condições hidropônicas. Note que as plantas com mistura de N exibem melhor desenvolvimento de grãos no topo da espiga (BELOW, 2000).

Tais resultados mostram um efeito fisiológico direto da forma de N sobre o desenvolvimento da espiga, uma vez que ambos os tratamentos presumivelmente têm mais que o adequado suprimento de N disponível para as plantas. Estes resultados também foram obtidos em campo (SMICIKLAS & BELOW, 1992), e sugerem que as plantas de milho acumulam mais N quando supridas com uma mistura de formas de N e, portanto, são incapazes de absorver N suficiente para produtividade máxima quando fornecido basicamente como NO_3^- .

Uma maneira de se evitar a rápida passagem do nitrogênio da forma amoniacal para a forma nítrica é o manejo do pH para valores ao redor de 5,5. Como cita ALEXANDER (1965), por razões ainda desconhecidas, a oxidação do nitrogênio destaca-se entre os processos biológicos no solo pela sua sensibilidade à con-

centração do íon hidrogênio. A faixa ótima de pH para a nitrificação varia de 6,6 a 8,0 e, em geral, ela diminui abaixo de pH 6,0 e torna-se negligível abaixo de pH 4,5 (PAUL & CLARK, 1996).

3. PERDAS DE NITROGÊNIO

O balanço do nitrogênio no sistema solo-planta-atmosfera é dado pela diferença entre ganhos e perdas no sistema, conforme ilustrado na Figura 1. As perdas ocorrem através de remoção pelas culturas, erosão, volatilização, imobilização biológica e lixiviação.

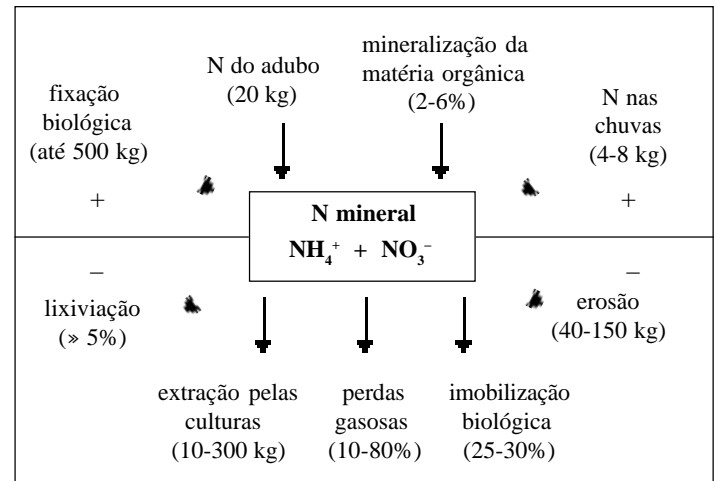


Figura 1. Adições e perdas de N mineral do solo.

Do nitrogênio total na superfície dos solos agrícolas, mais de 90% encontram-se em combinações orgânicas. Enquanto permanece nesta forma, o N está relativamente seguro das perdas, exceto por erosão, que atualmente, com a adoção de práticas conservacionistas do solo, é bem controlada. Entretanto, este estoque de N-orgânico está sujeito ao processo de mineralização, sendo convertido em amônia (NH_3) e esta, posteriormente, pelo processo da nitrificação, transformada em nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-).

Em geral, pensa-se que a principal perda de N do solo seja por lixiviação, e assim, para evitá-la, recomenda-se o parcelamento da adubação. De fato, **esta perda é pequena**. REICHARDT et al. (1982), estudando dados de vários autores, concluem que perdas por lixiviação não constituem problema com aplicações da ordem de 90 kg de N/ha. Nas condições tropicais estas perdas são da ordem de 4,5 g de N por milímetro de chuva (Tabela 2), ou seja, de 5% do aplicado com 1.000 mm de chuva.

Na verdade, as principais perdas de N ocorrem:

Tabela 2. Perdas típicas de N por lixiviação sob condições tropicais (REICHARDT et al., 1982).

Autores	Solo	Cultura	Período (dias)	Dose de N (kg/ha)	N lixiviado	N lixiviado do fertilizante	Pluviosidade (mm)
					-----	-----	
Libardi & Reichardt	Alfisol	Feijão	120	120	6,7	-	661
Meirelles et al.	Alfisol	Feijão	365	100	15,0	1,4	1.382
Reichardt et al.	Oxisol	Milho	130	80	9,2	0,4	717
Araújo Silva	Alfisol	Milho	150	100	32,4	11,0	620
Urquiaga	Alfisol	Feijão	86	42	-	0,8	403
Média				88,4	15,8	3,4	757

- Na forma de gases (10-80% de perdas), que são liberados na atmosfera, ocasionadas por volatilização da amônia e por desnitrificação – redução dissimilatória realizada por espécies de bactérias encontradas no solo capazes de reduzir nitrato em nitrito em gases nitrogenados (NO , N_2O , N_2), e
- Por imobilização biológica (25-30%), com a diminuição da disponibilidade de N na solução do solo, principalmente no sistema plantio direto.

LARA CABEZAS & YAMADA (1999) registraram perdas de N por volatilização da uréia acima de 30% em plantio convencional (aplicação superficial no solo) e acima de 70% em plantio direto (aplicação na superfície da palha), em Latossolo Vermelho Amarelo (arenoso) e Latossolo Vermelho Escuro, numa mesma safra agrícola (95/96) (Figuras 2 e 3).

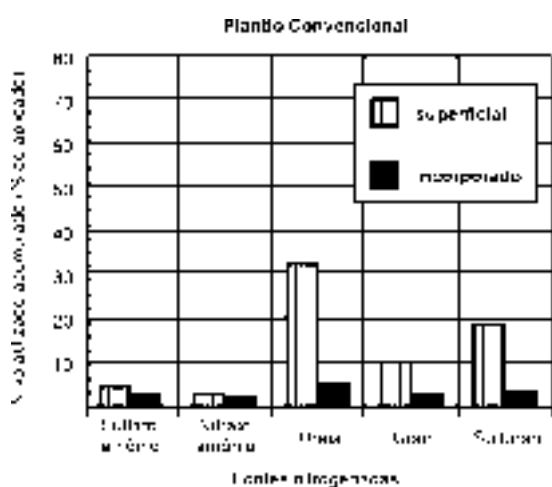


Figura 2. Perdas acumuladas de cinco fontes nitrogenadas de cobertura em plantio convencional.

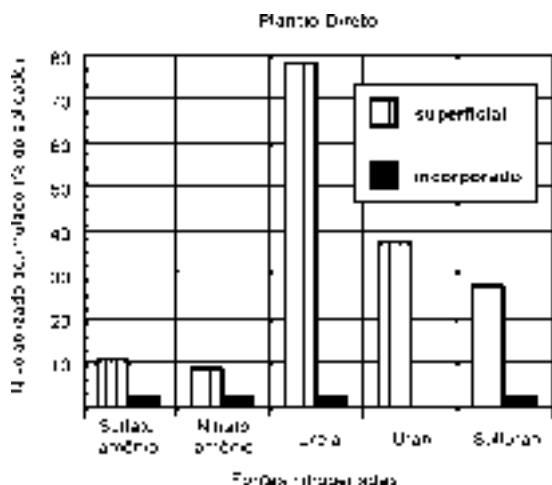


Figura 3. Perdas acumuladas de cinco fontes nitrogenadas de cobertura em plantio direto.

Resultados obtidos por COELHO (1987) para o balanço do nitrogênio na cultura do milho em um Latossolo Vermelho-Escuro fase cerrado também indicaram baixa perda de N por lixiviação, correspondendo a 4% (2 kg N/ha) do total aplicado (60 kg N/ha) na forma de uréia, sendo que 56% foi absorvido pela planta (34 kg

N/ha), 23% permaneceu no solo na camada de 0-90 cm (14 kg N/ha) e o restante foi perdido por outros processos.

4. COMO EVITAR PERDAS POR VOLATILIZAÇÃO

• **Incorporação da uréia em profundidade:** a profundidade de incorporação necessária para redução ou eliminação das perdas depende das características do solo como textura, densidade, CTC, conteúdo de matéria orgânica, etc., porém, para a maioria dos solos está entre 5 e 10 cm (HARGROVE, 1988).

Resultados de anos diferentes de pesquisa em plantio direto mostram que quando a uréia é deixada na superfície da palha as perdas de N por volatilização podem ser superiores a 40%, mesmo com irrigação posterior à adubação, para favorecer sua incorporação. **Enquanto a resposta estimada para a aplicação de uréia em superfície é de 1.250 sacos de milho adicionais para 100 ha, a simples incorporação aumenta esta resposta para 2.400 sacos.** Em moeda corrente, descontando as despesas com os custos do adubo e da aplicação, o lucro líquido em 100 ha aumenta de R\$ 1.864,50 para R\$ 9.155,10, ou seja, aumento de 27% para 120% apenas com a incorporação da uréia (LARA CABEZAS & YAMADA, 1999). Assim, é realmente um péssimo negócio aplicar a uréia sem sua incorporação ao solo.

• **Mistura de uréia e cloreto de potássio na forma líquida:** além da formação de um composto mais estável (NH_4Cl), há a interação N x K, que reflete positivamente no aumento do rendimento. Em experimento de RAPPAPORT & AXLEY (1984) observou-se que com a aplicação de solução com partes iguais de uréia e cloreto de potássio reduziu-se as perdas de N por volatilização de 42% (sem KCl) a 5% na cultura de milho.

• **Mistura de uréia e sulfato de amônio:** em trabalho comparando seis fontes nitrogenadas observou-se tendência de menores perdas de NH_3 para sulfnitrato (60% de N-uréia + 40% de N-sulfato de amônio) em relação a outro sulfnitrato (80% de N-uréia e 20% de N-sulfato de amônio) e a quatro tipos de uréia de diferentes tamanhos de grânulos (LARA CABEZAS et al., 1989).

5. ADUBAÇÃO NITROGENADA DO MILHO

O fertilizante aplicado ao solo é, também, envolvido nas várias reações do N no solo. Por isso, na prática, é muito difícil determinar a quantidade exata de N que o milho necessita para atingir a produção máxima econômica, pois sua disponibilidade no solo é um processo dinâmico e varia com as mudanças no teor de umidade e temperatura do solo, tipo de fertilizante, ocorrência de doenças, pragas e plantas daninhas e práticas de manejo da cultura. Assim, as recomendações de adubação são sempre uma aproximação.

Sob condições de campo, sabe-se que a recuperação do N-fertilizante pela cultura raramente é mais de 50%.

A aplicação do fertilizante altera a quantidade de nitrogênio disponível, favorecendo a mineralização da matéria orgânica existente no solo (MALAVOLTA, 1976), com conseqüente aumento do N disponível para as plantas.

O N é importante no estágio inicial de desenvolvimento da planta (2ª semana após a emergência), quando ela está com quatro folhas totalmente desdobradas, pois esta é a fase em que o sistema radicular, em desenvolvimento, já mostra considerável porcentagem de pêlos absorventes e ramificações diferenciadas, e a adição de N estimula sua proliferação, com conseqüente desenvolvimen-

to da parte aérea. Também neste estágio tem início o processo de diferenciação floral, o qual origina os primórdios da panícula e da espiga, bem como **define o potencial de produção**. Isso implica na necessidade da disponibilidade de, pelo menos, 30 kg de N/ha de forma a não limitar esse evento fisiológico considerado (Iowa State University, 1993, citado por FANCELLI, 1997).

O Departamento Técnico da Pioneer Sementes Ltda. (Geraldo Davanzo, Maurício Kobiraki e Luiz Eduardo Salgado), em Londrina-PR, tem feito muitas pesquisas com adubação nitrogenada comparando o efeito de doses aplicadas no plantio e em cobertura, assim como respostas ao balanço N/K (comunicação pessoal). No estudo da eficiência do N aplicado na base (plantio) e em cobertura, com os híbridos P3081 e P3027, no ano agrícola 1996/97, observaram que os melhores resultados foram obtidos com a aplicação de 40 kg de N/ha no plantio e 80 kg de N/ha em cobertura (Figura 4).

O ano agrícola 1996/97 foi caracterizado por pesadas chuvas no mês de janeiro, o que possivelmente fez com que parte da adubação nitrogenada aplicada toda no plantio fosse lixiviada e tivesse menor produção que a adubação parcelada. Já no ano agrícola 1995/96, com melhor distribuição de chuva, não houve praticamente grande diferença entre a adubação toda no plantio comparada com 40 kg de N/ha no plantio mais 80 kg de N/ha em

cobertura. **Note-se que toda a cobertura nitrogenada foi feita no estágio V4 (quatro folhas completamente abertas).**

Tais fatos concordam com os obtidos por BASSO et al. (1998), estudando o manejo do N no milho cultivado em sucessão a plantas de cobertura de solo no inverno, no sistema plantio direto, visando aumentar a disponibilidade de N nos estágios iniciais de desenvolvimento do milho. Ele observou que **quando se aplicou 60-30-30 kg N/ha em pré-semeadura, semeadura e cobertura, respectivamente, ou seja, 90% do N total recomendado aplicado até a semeadura, obteve-se o maior rendimento de grãos de milho, comparado ao manejo tradicional (semeadura + cobertura)** (Tabela 3). Isso mostra uma maior eficiência na utilização do N quando se aumenta sua disponibilidade no desenvolvimento inicial do milho. Com esses dados observa-se que **pode ser viável tecnicamente a aplicação total ou parcial do N recomendado em pré-semeadura e semeadura.**

6. NITROGÊNIO NA SAFRINHA

Além do retorno financeiro, a safrinha dá ao agricultor os benefícios agrônômicos de uma rotação de cultura: aumento da palhada, fundamental para a manutenção do sistema de plantio direto, e controle de pragas e doenças da lavoura de verão. E foi

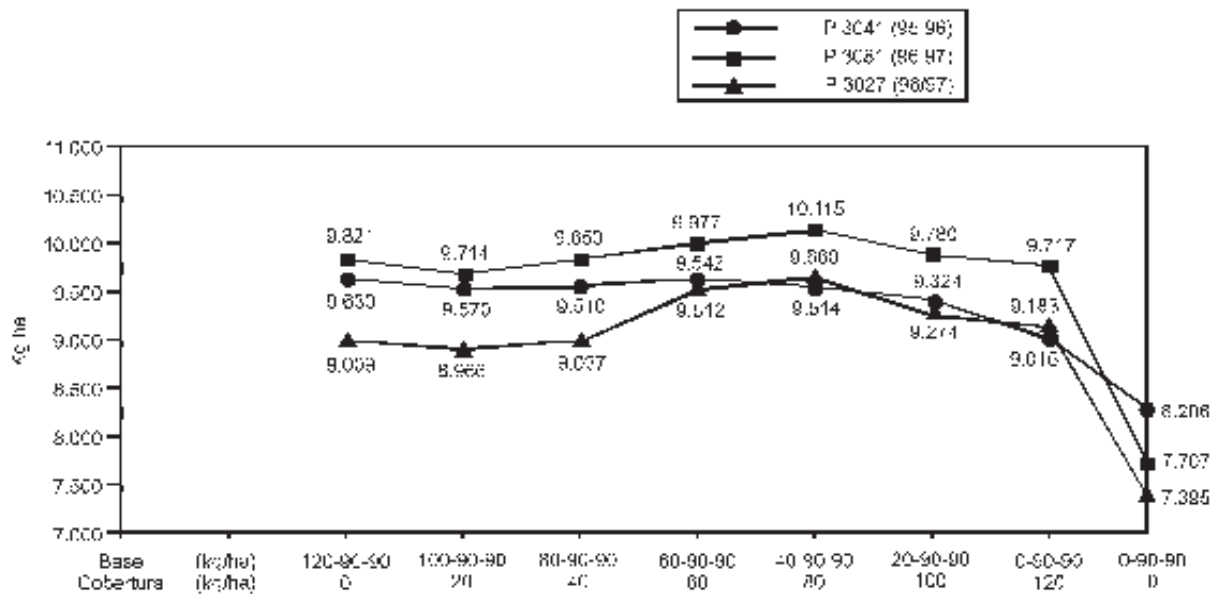


Figura 4. Eficiência de N na adubação de base (plantio) e em cobertura na cultura do milho [Fonte: Geraldo Davanzo, Maurício Kobiraki e Luiz Eduardo Salgado, Departamento Técnico, Pioneer Sementes Ltda., Londrina-PR, Fone (043) 399-5433].

Tabela 3. Rendimento de grãos de milho em sucessão a plantas de cobertura de solo no inverno e diferentes manejos de nitrogênio. DS/UFSM, Santa Maria-RS (BASSO et al., 1998).

Manejo de N (kg/ha) ¹			Plantas de cobertura de solo no inverno			
			Aveia preta	Aveia preta + ervilhaca	Nabo forrageiro	Média
PS	SEM	COB	kg ha ⁻¹			
00	00	00	5.616	6.639	6.017	6.091 b
00	30	90	6.804	7.122	6.984	6.970 b
30	30	60	6.867	6.786	6.767	6.807 b
60	30	30	7.756	7.450	7.229	7.478 a
90	30	00	7.230	7.567	6.853	7.216 ab
Média			6.855 A	7.113 A	6.770 A	

¹ PS = pré-semeadura, SEM = semeadura, COB = cobertura.

CV% = 6,7. Letras maiúsculas na linha comparam sistema de culturas de inverno para cobertura de solo e minúsculas na coluna comparam tratamentos.

justamente em consequência do sistema plantio direto na palha que a safrinha chegou à Região Centro-Oeste, onde começou a ganhar força por volta de 1992 (PIMENTEL, 1999). Na adubação para esta região, a colocação de P e K na base continua normal, o que muda durante a safrinha é a quantidade de N, que deve ser de 100 a 150% maior em relação à quantidade usada no período da safra principal. A cobertura também deve ser antecipada. Aconselha-se que esta seja feita já na base ou entre 10 a 15 dias após a semeadura, dependendo do caso. O resultado dessa mudança é a elevação da produtividade, que tem aumentado razoavelmente nos últimos anos. Atualmente, o rendimento da produção está em torno de 60 a 90 sacas/ha. Na safra normal a produtividade é de 120 a 140 sacas/ha.

Segundo YAMADA (1997), é muito comum os agricultores usarem o adubo que sobrou do plantio da soja na adubação do milho safrinha. As formulações empregadas para soja, como 00-20-20 ou 00-25-25, não têm nitrogênio e servem obviamente como fonte de P e K. Mas, em geral, o nitrogênio é o nutriente mais limitante na cultura do milho, principalmente no sistema de plantio direto. Assim, caso o agricultor queira utilizar o adubo que sobrou da cultura da soja para adubar o milho, é preciso que ele enriqueça a formulação com nitrogênio. **Dar preferência ao N aplicado no plantio, pois o déficit hídrico, comum no caso da cultura de milho safrinha, poderá reduzir o efeito do N aplicado em cobertura.**

Na Tabela 4 encontram-se os resultados obtidos por BROCH & FERNANDES (comunicação pessoal) em resposta aos produtos utilizados na adubação de plantio do milho safrinha. Observa-se que a aplicação de 80 kg de N/ha como uréia no plantio proporcionou um aumento de 43% na produtividade, em relação à testemunha.

Tabela 4. Produtividade do milho safrinha em relação a doses e produtos.

Adubação		Produtividade	
kg N/ha	Produto	kg/ha	%
80	Uréia	5.812	143
67	15-15-15	5.471	135
40	20-05-20	5.011	124
34	15-15-15	4.771	118
Testemunha	00-00-00	4.045	100

Fonte: BROCH, D.L. & FERNANDES, C.H. (comunicação pessoal).

7. CONCLUSÕES

- Com as doses comumente aplicadas de adubos nitrogenados as perdas de nitrogênio por lixiviação são desprezíveis, não justificando, pois, os excessivos parcelamentos nitrogenados (exceção aos solos arenosos), principalmente os realizados tardiamente.

- O fornecimento de N como mistura de NO_3^- e NH_4^+ pode aumentar a produtividade de milho.

- Para uma dada dose de N recomendada, aplicando-se 30 a 50 kg de N/ha no plantio, com o restante da dose de N em cobertura, observam-se, em geral, melhores respostas que com a aplicação dos tradicionais 10-15 kg de N/ha no plantio e o restante em cobertura.

- Produtividades da ordem de 9 a 10 t/ha têm sido obtidas com o uso de 40 kg de N/ha aplicados no plantio mais 80-120 kg de N/ha em cobertura, no máximo até o estágio V4 (quatro folhas completamente abertas), uma tecnologia de fácil adoção prática.

- O milho safrinha mostra resposta positiva principalmente ao N aplicado no plantio. Assim, com 80 kg de N na forma de uréia, aplicados no sulco de semeadura, o milho chegou a produzir 43% a mais que a testemunha.

7. LITERATURA CITADA

- ALEXANDER, M. Nitrification. In: BARTHOLOMEW, W.V.; CLARK, F.E. (eds.) **Soil nitrogen**. Madison: American Society of Agronomy Inc., 1965. p.307-342.
- BASSO, C.J.; CERETTA, C.A.; MARCOLAN, A.L.; DURIGON, R. Manejo do nitrogênio no milho cultivado em sucessão a plantas de cobertura de solo no inverno, no sistema plantio direto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23., Caxambu, 1998. **Resumos...** Lavras: UFLA, SBCS, SBM, 1998. p.145.
- BELOW, F.E. Physiology, nutrition, and nitrogen fertilization of corn in the United States. In: SIMPÓSIO SOBRE FISIOLOGIA, NUTRIÇÃO, ADUBAÇÃO E MANEJO PARA PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL DE CITROS, Piracicaba, 2000. **Anais...** Piracicaba: POTAFOS, 2000. (CD-room)
- COELHO, A.M. Balanço de nitrogênio (^{15}N) na cultura do milho (*Zea mays*, L.) em um Latossolo Vermelho-Escuro fase cerrado. Lavras, 1987. 142p. Tese (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura de Lavras.
- FANCELLI, A.L. Cultura do milho: a importância da tecnologia. **Informações Agrônomicas**, n.78, junho/97. p.4-6.
- HARGROVE, W.L. Soil, environmental, and management factors influencing ammonia volatilization under field conditions. In: BOCK, B.R. & KISSEL, D.E. (eds.). **Ammonia volatilization from urea fertilizers**. Alabama, NFDC, TVA, 1988. cap.2, p.17-36.
- LARA CABEZAS, W.A.R.; YAMADA, T. Uréia aplicada na superfície do solo: um péssimo negócio! **Informações Agrônomicas**, n.86, junho/99. p.9-10.
- LARA CABEZAS, W.A.R.; TRIVELIN, P.C.O.; BOARETTO, A.E.; MORENO, O.G. Volatilização de amônia de fontes nitrogenadas aplicadas em diferentes condições de umidade do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 22., Recife, 1989. **Resumos...** Campinas, SBCS, 1989. p.165.
- MALAVOLTA, E. Matéria orgânica. In: _____, **Manual de Química Agrícola: nutrição de plantas e fertilidade do solo**. São Paulo: Cres, 1976. p.177-256.
- PAUL, E.A.; CLARK, F.E. **Soil microbiology and biochemistry**. San Diego: Academic Press, 1996. 2.ed. p.194-195.
- PIMENTEL, M.S. Milho safrinha: grãos que valem ouro. **Panorama Rural**, março 1999. p.18-24.
- RAPPAPORT, B.D.; AXLEY, J.H. Potassium chloride for improved urea fertilizer efficiency. **Soil Science Society of America Journal**, v.48, p.399-401, 1984.
- REICHARDT, K.; LIBARDI, P.L.; URQUIAGA, S.C. Fate of fertilizer nitrogen in soil-plant systems with emphasis on the tropics. In: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (ed.). **Agrochemicals: fate in food and the environment**. Viena, 1982. p.277-290.
- SMICKLAS, K.D.; BELOW, F.E. Role of nitrogen form in determining yield of field-grown maize. **Crop Science**, v.32, p.1220-1225, 1992.
- WARNCKE, D.; BARBER, S. Ammonium and nitrate uptake by corn (*Zea mays*, L.) as influenced by nitrogen concentrations and $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio. **Agronomy Journal**, v.65, p.950-954, 1973.
- YAMADA, T. O nitrogênio e o potássio na adubação da cultura do milho. **Informações Agrônomicas**, n.78, junho/97. p.14.