

## ADUBAÇÃO NITROGENADA EM MILHO IMPLANTADO EM SEMEADURA DIRETA APÓS AVEIA PRETA

### MAIZE NITROGEN FERTILIZATION IN NO-TILLAGE SYSTEM FOLLOWING BLACK OAT

Gilber Argenta<sup>1</sup> Paulo Regis Ferreira da Silva<sup>2</sup>

#### - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA -

#### RESUMO

A cultura do milho implantada em semeadura direta em sucessão a gramíneas, geralmente, apresenta deficiência inicial de nitrogênio (N). Ela é atribuída à imobilização microbiana de N durante o processo de decomposição da palha com alta razão C/N. Com a finalidade de diminuir esta deficiência, recomenda-se, para qualquer situação, a aplicação de 20 a 30kg/ha de N na semeadura. Porém, será que este manejo se aplica para todas as situações? O objetivo desta revisão é questionar a recomendação de aplicação de nitrogênio na semeadura do milho em sucessão à aveia preta e discutir a eficiência de outras três estratégias que têm sido utilizadas para diminuir a deficiência inicial de N nesta cultura. A disponibilidade de N para as culturas em sucessão é controlada pela intensidade dos processos opostos e simultâneos de imobilização e mineralização de N durante a decomposição de resíduos culturais pela população microbiana do solo. Ela é influenciada pela quantidade, tipo (razão C/N) e manejo de resíduos, temperatura do solo, regime de água/aeração, pH e pelo teor de N no solo. Assim, a resposta do milho ao manejo do N está muito relacionada ao ambiente. Outras estratégias têm sido propostas com a finalidade de diminuir a deficiência inicial de N no milho quando implantado em sucessão à aveia preta. Pode-se destacar o atraso da época de semeadura após a dessecação da aveia, a aplicação de N nos estádios iniciais de desenvolvimento da aveia e a aplicação de N no manejo da aveia, ou seja, em pré-semeadura do milho. Portanto, a recomendação do manejo do N deve resultar de uma avaliação caso a caso, evitando-se generalizações.

**Palavras-chave:** *Zea mays* L., ambiente, atraso da época de semeadura após a dessecação da aveia preta, aplicação de N nos estádios iniciais de desenvolvimento da aveia preta; aplicação de N em pré-semeadura do milho.

#### SUMMARY

Maize crop sowed in no-tillage in succession to grasses, generally, presents initial deficiency of N. This is attributed to the microbial immobilization of N during the decomposition process of straw with high C/N ratio. With the objective of reducing this deficiency it is recommended, for all situations, the application of 20-30kg/ha of N at sowing of maize. The question is if this recommendation is necessary for all situations? The objective of this review is to question the recommendation of N application at sowing of maize in succession to black oat and to discuss the efficiency of three other strategies that have been used to reduce initial N deficiency in maize. The availability of N for crop in succession is controlled by the intensity of opposite and simultaneous processes of immobilization and mineralization of N during the decomposition of cultural residues by soil microbial population. It is influenced by the quantity, the C/N ratio and type of management of residues, soil temperature, regime water/air, pH and by N content of the soil. Therefore, the response of maize to N is strongly related to the environment. Other strategies have been proposed with the objective of reducing initial N deficiency in maize following black oat. Among them, it could be mentioned the delay of maize sowing date after oat desiccation, application of N at initial stages of development of oat, and the N application at management of oat, that is, before maize sowing. Therefore, to avoid generalizations the recommendation of N management in maize has to be done based on each specific case.

**Key words:** *Zea mays* L., environment, delay of maize sowing date after black oat desiccation, N application at initial stage of black oat development, N application before maize sowing.

<sup>1</sup>Engenheiro Agrônomo, MSc., doutorando no Curso de Pós-graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Av. Bento Gonçalves, 7712, CP 776, 91540-000, Porto Alegre, RS. E-mail: argentag@vortex.ufrgs.br. Autor para correspondência.

<sup>2</sup>Engenheiro Agrônomo, PhD., Professor Adjunto, Departamento de Plantas de Lavoura, Faculdade de Agronomia, UFRGS. Pesquisador do CNPq.

## INTRODUÇÃO

A cultura do milho possui importância sócio-econômica significativa para o Rio Grande do Sul, ocupando aproximadamente 30% do total da área semeada com os cultivos de primavera-verão. Apesar de não ter ocorrido grande incremento na área cultivada nos últimos anos, a melhoria de tecnologia tem resultado em aumentos na produtividade. No entanto, ainda existem vários fatores que impedem a obtenção de patamares mais satisfatórios. Dentre estes, destaca-se o manejo da adubação nitrogenada, pois o nitrogênio (N) é o nutriente que mais freqüentemente afeta o rendimento de grãos do milho, desde que os demais nutrientes se encontrem em quantidades adequadas.

Após alguns anos de utilização do sistema de semeadura direta, ocorre uma série de modificações nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo em relação ao sistema convencional de manejo (MOODY *et al.*, 1961). Estas alterações refletem-se na fertilidade do solo e, conseqüentemente, na produtividade das culturas.

Geralmente, as plantas de milho cultivadas em sucessão a gramíneas absorvem menos N em relação às que se desenvolvem em sucessão a leguminosas, refletindo-se em menor rendimento de grãos (ARGENTA, 1998; DA ROS & AITA, 1996; TEIXEIRA *et al.*, 1994; AITA *et al.*, 1994; TIAN *et al.*, 1993). Isso pode ser atribuído, principalmente, à alta relação C/N dos restos culturais das gramíneas. Nestas condições, os microrganismos que os decompõem, utilizam grande parte do N mineral presente no sistema, diminuindo a sua disponibilidade para a cultura (VICTORIA *et al.*, 1992).

Com a finalidade de diminuir a deficiência inicial de N para o milho, recomenda-se, para qualquer situação, a aplicação de maior dose deste nutriente na semeadura, em relação ao sistema convencional (SÁ, 1989 e 1993, COMISSÃO...1995). Esta recomendação visa a reduzir o efeito negativo da alta razão C/N, aumentando a decomposição dos resíduos e a liberação de N no período de maior demanda pela cultura.

A liberação de N de resíduos culturais depende dos processos microbianos de imobilização e mineralização, que são influenciados por vários fatores ambientais, como temperatura do solo, regime de água/aeração (AULAKH *et al.*, 1991), pH e teor de nitrogênio no solo (AITA, 1997), e também pelo tipo e manejo das coberturas de solo. Portanto, a resposta do milho à aplicação de N na semeadura deve variar em função do ambiente.

Esta revisão de literatura objetiva questionar a recomendação de aplicação de nitrogênio na

semeadura do milho em sucessão à aveia preta em sistema de semeadura direta e discutir a eficiência de outras três estratégias que têm sido utilizadas com a finalidade de diminuir a deficiência inicial de N nesta cultura. As estratégias que serão abordadas referem-se ao atraso da época de semeadura do milho após a dessecação da aveia preta, à aplicação de N nos estádios iniciais de desenvolvimento da aveia preta e à aplicação de N na floração da aveia preta, ou seja, em pré-semeadura do milho.

### Fatores que afetam a resposta do milho à adubação nitrogenada, em semeadura direta

A recomendação de adubação nitrogenada na cultura do milho é baseada no teor de matéria orgânica no solo, na expectativa de rendimento de grãos e no histórico de utilização da área (COMISSÃO..., 1995). No entanto, existem vários outros fatores que poderão interferir na resposta do milho à aplicação de N em semeadura direta após aveia preta, que deveriam ser levados em consideração na recomendação de adubação deste nutriente.

Dentre estes fatores, destacam-se a disponibilidade inicial de N no solo, o tipo de seqüência de culturas em sucessão, o sistema de rotação de culturas e o tempo de adoção do sistema de semeadura direta.

A disponibilidade de N no solo e, portanto, a resposta à adubação nitrogenada pela cultura do milho, em sucessão à aveia preta, depende dos processos microbianos de imobilização e mineralização ocorrentes durante a decomposição dos resíduos culturais. A diferença de intensidade entre estes dois processos simultâneos e opostos poderá resultar em aumento na disponibilidade de N no solo (mineralização líquida) ou na diminuição (imobilização líquida). Segundo AITA (1997), a mineralização líquida pode ser descrita como sendo resultante de quatro processos microbianos distintos: efeito "flush", mineralização basal, re-mineralização (esses três fluxos constituem a mineralização bruta) e a imobilização microbiana.

Os processos microbianos de imobilização e mineralização são influenciados pelo tipo (relação C/N) e manejo de resíduos (incorporado/superfície), temperatura do solo, regime de água/aeração (AULAKH *et al.*, 1991), pH e pelo teor de nutrientes no solo (AITA, 1997).

Um bom indicativo sobre a predominância da mineralização líquida ou da imobilização líquida de N durante a fase inicial da decomposição e, portanto, sobre a disponibilidade de N no solo, é a relação C/N dos materiais orgânicos adicionados ao solo. Uma razão C/N entre 23 e 24 favorece a mineralização uniforme de resíduos vegetais (DERPSCH

*et al.*, 1991 e 1985; HEINZMANN, 1985). Quando a relação C/N se encontra em torno de 20, começa a ocorrer mineralização do N através da decomposição pela biomassa microbiana, até ela se estabilizar entre 10 a 12 (DOUGLAS *et al.*, 1980). Portanto, quando a necessidade dos microorganismos por N não é suprida, pode haver deficiência deste nutriente para o milho, em condições de campo, devido à imobilização (KIEHL, 1985).

A mineralização do N de resíduos culturais também é influenciada pelo regime nutricional de N, sendo tanto maior quanto maior for o teor de N nos tecidos (JANSEN & KUCEY, 1988) e maior a quantidade de resíduos da cobertura de solo (TOLLENAAR *et al.*, 1993).

Resíduos que permanecem na superfície do solo demoram mais para se decompor do que os enterrados, pois a incorporação favorece o ataque microbiano da palha, acelerando a taxa de decomposição (SCHOMBERG *et al.*, 1994). Materiais com maior teor de N nos tecidos, menor razão C/N, maior relação N/lignina e com maior teor de compostos solúveis são decompostos mais rapidamente (JANSEN & KUCEY, 1988; STOTT *et al.*, 1986; REINERTSEN *et al.*; 1984).

A maioria dos microrganismos presentes no solo é mesófila, tendo a sua capacidade de crescimento limitada à faixa de temperatura de 15 a 45°C (ALEXANDER, 1977). A temperatura ideal para crescimento microbiano está entre 25 e 30°C (FRIES, 1997). Por sua vez, a relação água/oxigênio determina o tipo de metabolismo energético possível de ser utilizado pela população microbiana e, portanto, influencia a velocidade de decomposição dos resíduos culturais (FRIES, 1997). A umidade do solo, por controlar a população microbiana, também pode afetar a disponibilidade de nutrientes para as plantas. Quando a população microbiana do solo é submetida a algum estresse ambiental, como secamento, congelamento ou alguma perturbação mecânica, uma porção da biomassa é morta, sendo rapidamente decomposta pelos microorganismos, com liberação de nutrientes (MARUMOTO, 1984). Neste sentido, seqüências culturais com alta produção de resíduos e com decomposição lenta resultam em maior teor de umidade no solo. Como consequência, a população microbiana é protegida dos estresses ambientais, podendo ter reflexo negativo na disponibilidade de nutrientes para as plantas.

O efeito da água e da temperatura do solo sobre a decomposição inicial dos resíduos são maiores, quando os componentes solúveis em água estão realmente disponíveis (STOTT *et al.*, 1986; ROPER, 1985). Porém, durante os estádios tardios de decomposição, as disponibilidades de C e de N são os fatores mais limitantes (KNAPP *et al.*, 1983).

Diferentes populações microbianas podem ser selecionadas em função do pH, determinando maior ou menor decomposição dos resíduos. Maior decomposição é observada em ambientes com pH entre 5-8 (FRIES, 1997).

Um parâmetro ainda pouco estudado, e que interfere na velocidade de decomposição de resíduos de culturas, é a disponibilidade de N no solo. Em solos com baixos teores de N mineral, poderá haver limitações ao crescimento microbiano e, portanto, à decomposição da palha (AITA, 1997). Este é o caso, por exemplo, de restebas de milho e de aveia que poderão se acumular no solo, já que seus teores de N são normalmente baixos para atingir a demanda deste nutriente pela população microbiana no processo de decomposição. O efeito inibidor da palha no rendimento de grãos de milho será tanto mais pronunciado quanto menores forem os teores de matéria orgânica e de N mineral do solo (AITA, 1997).

Outro fator que afeta a disponibilidade de N no solo e, portanto, a resposta do milho à adubação nitrogenada, é a seqüência de culturas em sucessão, gramíneas ou leguminosas, que têm efeitos diferenciados sobre o rendimento de grãos. A resposta do milho à adubação nitrogenada em sucessão a leguminosas é reduzida, devido às mesmas incorporarem mais N ao solo e a sua menor razão C/N proporcionar maior liberação de N nos estádios iniciais (ARGENTA, 1998; CERETTA *et al.*, 1994a; RANELIS & WAGGER, 1993; MASKINA *et al.*, 1993; REEVES *et al.*, 1993; SANTOS & PÖTTKER, 1990; UTOMO *et al.*, 1990). A rotação de culturas também afeta a resposta do milho à aplicação de N, sendo menor quanto maior for o número de anos de cultivo de leguminosas na área (MUZILLI & OLIVEIRA, 1992).

O tempo de adoção do sistema de semeadura direta influencia a resposta do milho à adubação nitrogenada. Na fase inicial de adoção do sistema, observa-se maior necessidade de utilização de N. Isto se deve ao processo de imobilização em função da maior oferta de carbono ao sistema e, conseqüentemente, da maior atividade da biomassa microbiana (SÁ, 1996). Segundo o mesmo autor, após o quarto ano de implantação, inicia-se o restabelecimento do equilíbrio das transformações que ocorrem no solo, à medida que a reposição dos resíduos culturais proporciona acúmulo de N orgânico na camada superficial. Após 9 a 12 anos de semeadura direta, observa-se maior liberação de N para o sistema, havendo menor resposta à adubação nitrogenada.

As evidências indicam que a resposta do milho ao manejo de N poderá ser altamente variável,

uma vez que os processos envolvidos na dinâmica deste nutriente são fortemente influenciados pelo ambiente.

#### A recomendação de se aumentar a dose de N na semeadura direta do milho em sucessão à aveia preta aplica-se para todas as situações?

O milho cultivado em sucessão a gramíneas apresenta menor rendimento de massa seca, menor absorção de N (ARGENTA, 1998; DA ROS & AITA, 1996; TEIXEIRA *et al.*, 1994; AITA *et al.*, 1994; TIAN *et al.*, 1993) e menor rendimento de grãos em relação ao semeado em sucessão a leguminosas (ARGENTA, 1998; SÁ, 1996; DA ROS & AITA, 1996; PAVINATO *et al.*, 1994; PÖTTKER & ROMAN, 1994; DECKER *et al.*, 1994). Estas reduções são atribuídas ao fato de que a adição de quantidades elevadas de resíduos culturais com alta razão C/N faz com que os microrganismos quimior-ganotróficos, que atuam na decomposição do material orgânico, multipliquem-se rapidamente, assimilando carbono e produzindo CO<sub>2</sub> em grandes quantidades. Paralelamente à decomposição do carbono, os microrganismos necessitam assimilar N. Como consequência, o nitrato e o amônio presentes no solo praticamente desaparecem (VICTORIA *et al.*, 1992).

Um dos primeiros trabalhos objetivando diminuir o efeito negativo provocado pela alta razão C/N de restos culturais de gramíneas foi realizado por SÁ (1989). Ao avaliar as respostas do milho à adubação nitrogenada em sucessão à aveia preta em sistema de semeadura direta, este autor observou que a aplicação de até 30kg/ha de N na semeadura compensou a carência inicial de N (tabela 1). Esta resposta foi atribuída ao fato de que a aplicação de N na semeadura reduziu o efeito prejudicial da alta razão C/N da aveia, através da maior decomposição de seus resíduos e da maior liberação de N no período de maior demanda da cultura do milho. Com base nestes resultados, começou-se a recomendar o aumento da dose de N na semeadura do milho em semeadura direta quando em sucessão a gramíneas (COMISSÃO..., 1995).

Ao se analisar os resultados obtidos por SÁ (1989), observa-se que houve resposta diferencial entre ambientes aos níveis de N (tabela 1). Em um local do Paraná (Tibagi), os tratamentos com aplicação de N na semeadura somente foram vantajosos até a dose de 60kg/ha de N em cobertura, sendo que na dose de 120kg/ha de N não houve diferenças no rendimento de grãos entre os tratamentos com

N na semeadura e o sem N na semeadura. Já, em um outro local deste Estado (Carambeí), a aplicação de 30kg/ha de N na semeadura proporcionou maior rendimento de grãos, independentemente da quantidade aplicada em cobertura. Estes resultados evidenciam que a resposta do milho à adubação nitrogenada na semeadura varia em função do ambiente, mesmo em solos da mesma unidade de mapeamento.

Outro trabalho para avaliar a resposta do milho à aplicação de N na semeadura foi realizado em dois locais do Rio Grande do Sul (Eldorado do Sul e Passo Fundo) durante dois anos, nas estações de crescimento 1996/97 (ARGENTA, 1998) e 1997/98 (ARGENTA *et al.*, 1998), com suplementação hídrica. Foi constatado que houve resposta diferencial entre ambientes. Em 1996/97, nas condições de Eldorado do Sul, a aplicação de N na semeadura foi benéfica, pois aumentou 19% o rendimento de grãos, na média dos dois tratamentos com N na semeadura, em relação ao sistema com todo o N em cobertura (tabela 2). Já, em 1997/98 somente na primeira época de semeadura, o rendimento de grãos foi superior nos tratamentos com N na semeadura, em relação ao com aplicação total de N em cobertura. No entanto, em Passo Fundo não houve vantagem da aplicação de N na semeadura em relação ao sistema com todo o N em cobertura, nas duas estações de crescimento. Esta resposta diferencial foi atribuída, principalmente, ao maior teor de matéria orgânica do solo de Passo Fundo (3,4%) em relação

Tabela 1 - Efeito da aplicação de nitrogênio (N) no rendimento de grãos de milho, em sistema de semeadura direta após aveia preta como adubo verde, em dois locais da região dos Campos Gerais. Paraná, 1988/89.

N na semeadura (kg/ha)	N em cobertura (kg/ha) <sup>1</sup>					
	Tibagi			Carambeí		
	0	60	120	0	60	120
	-----Rendimento de grãos (kg/ha)-----					
0	7.915 c*	8.252 b	9.146a	8.178 b	8.495 b	8.061 b
30	9.116a	9.128a	8.978a	9.146a	9.413a	9.197a
60	8.673 b	9.389a	9.148a	8.781 b	8.737 b	8.500 b

\*Médias que são seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

<sup>1</sup>A aplicação de N em cobertura do tratamento com 60kg/ha foi realizada aos 35 dias após a semeadura do milho. Já, o tratamento com 120kg/ha em cobertura foi aplicado em duas doses iguais, sendo a primeira aos 35 dias e a segunda aos 55 dias após a semeadura do milho.

Fonte: Adaptado de Sá, 1989.

Tabela 2 - Rendimento de grãos de milho em sucessão à aveia preta em função de quatro sistemas de manejo de nitrogênio (N), em dois ambientes do estado do RS, em duas estações de crescimento.

Doses de N (kg/ha)		Eldorado do Sul			Passo Fundo		
Semeadura	Cobertura <sup>1</sup>	Semeadura após dessecação			Semeadura após dessecação		
		1 dia	20 dias	Média	1 dia	20 dias	Média
----- Rendimento de grãos (t/ha) em 1996/97 <sup>2</sup> -----							
0	0	2,3	3,3	2,8 c*	4,7	5,3	5,0 b
0	160	6,1	7,0	6,6 b	9,2	9,3	9,3a
30	130	6,6	8,9	7,8a	9,1	8,8	9,0a
60	100	6,6	9,0	7,8a	9,0	9,1	9,1a
----- Rendimento de grãos (t/ha) em 1997/98 <sup>3</sup> -----							
0	0	3,1 c	2,8 c		3,9	4,4	4,2 b
0	160	8,5 b	6,9a		8,7	8,3	8,5a
30	130	8,8a	5,8 b		8,2	8,1	8,2a
60	100	8,8a	6,1 b		8,2	8,1	8,2a

<sup>1</sup>Aplicado em duas doses iguais, nos estádios de 3-4 folhas e de 6-7 folhas completamente desenvolvidas do milho.

<sup>2</sup>Adaptado de Argenta, 1998.

<sup>3</sup>Adaptado de Argenta *et al.*, 1998.

\*Médias que são seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan, em nível de 5% de probabilidade.

ao de Eldorado do Sul (2,2%). Provavelmente, em Passo Fundo, as necessidades iniciais de N pelo milho foram supridas pela maior disponibilidade de N mineral do solo, resultante do processo de mineralização basal.

Além do teor de matéria orgânica, outro fator que pode ter determinado a falta de resposta à aplicação de N na semeadura em Passo Fundo, relaciona-se ao sistema de rotação de culturas utilizado previamente. Nos últimos dois anos agrícolas, foi cultivada soja no verão, que deve ter contribuído para aumentar os teores de N no solo (MUZILLI & OLIVEIRA, 1992). Em Eldorado do Sul, desde o início da implantação do sistema de semeadura direta (três anos), foi estabelecida a sucessão aveia preta e milho. Esta seqüência de culturas, por ser composta apenas por gramíneas implica adição de resíduos com alta razão C/N, contribuindo para diminuir ou para manter baixos os teores de N no solo.

O aumento da quantidade de N na semeadura de 30 para 60kg/ha de N não resultou em acréscimo no rendimento de grãos de milho, em dois ambientes (ARGENTA, 1998) (tabela 2). Este resultado evidencia que mesmo nas condições de Eldorado do Sul, onde houve resposta à aplicação de N na semeadura, a utilização de doses de N superiores a 30kg/ha na semeadura não é necessária. Com o

aumento da dose de N na semeadura, não se constataram sintomas visuais de danos nas plantas e redução no rendimento de grãos, diferentemente do observado por SÁ (1989).

Estes resultados demonstram que a recomendação da dose de N na semeadura do milho, implantado em semeadura direta em sucessão à aveia preta, deve partir de uma avaliação caso a caso, não podendo ser utilizada como receita única.

### Avaliação da eficiência de outras estratégias de manejo de N em milho em semeadura direta em sucessão à aveia preta

Além do aumento da dose de N na semeadura do milho, em sistema de semeadura direta em sucessão a gramíneas, outras três estratégias de manejo têm sido preconizadas com a finalidade de diminuir o efeito negativo provocado pelos restos culturais das gramíneas. Dentre estas estratégias, destacam-se o atraso da época de semeadura do milho após a dessecação da aveia preta, a aplicação de N nos estádios iniciais de desenvolvimento da aveia preta e a aplicação de N na floração da aveia preta, ou seja, em pré-semeadura do milho.

O atraso da época de semeadura do milho, após a dessecação das coberturas de solo no inverno, baseia-se no fato de que durante o crescimento inicial há pouca disponibilidade de N no sistema, principalmente quando em sucessão a gramíneas. Com a continuidade da decomposição dos resíduos, parte da fração carbonada facilmente oxidável é perdida na forma de CO<sub>2</sub>, enquanto o N é conservado pela formação de massa celular microbiana, diminuindo a razão C/N do solo (VICTORIA *et al.*, 1992). Passada a fase mais ativa da decomposição, uma fração do N que foi imobilizado inicialmente poderá ser novamente mineralizado após a morte de parte dos microrganismos, aumentando o N disponível no solo.

Neste sentido, a determinação da época de semeadura mais adequada para o milho, após a dessecação das coberturas de solo no inverno, poderá ser uma estratégia de manejo a ser adotada visando à implantação desta cultura em épocas mais favoráveis, em que haja menor competição por N com os microrganismos. ARGENTA (1998), ao avaliar o

efeito de duas épocas de semeadura do milho, após a dessecação da aveia preta, em Eldorado do Sul, em quatro sistemas de manejo de N, verificou que o atraso de 20 dias aumentou o rendimento de grãos de milho nos sistemas de manejo de N, que incluíram aplicação de N na semeadura e em cobertura. Quando não foi aplicado N na semeadura, o rendimento de grãos não diferiu estatisticamente entre as duas épocas de semeadura (tabela 3). Segundo o autor, as diferenças no rendimento de grãos de milho entre as épocas de semeadura, após a dessecação, em Eldorado do Sul, devem ser atribuídas ao efeito da cobertura da aveia preta, e não à época diferencial de semeadura, pois o rendimento foi semelhante entre as épocas nos tratamentos correspondentes ao pousio invernal. Resultados semelhantes foram obtidos por RUEDELL (1995) e por RAIMBAULT *et al.* (1991).

As reduções no rendimento de grãos de milho em sucessão a gramíneas são atribuídas principalmente ao efeito da alta relação C/N. No entanto, alguns trabalhos relacionaram a diminuição no rendimento de grãos de milho ao efeito alelopático das coberturas de solo precedentes (HERNANI *et al.*, 1995; RUEDELL, 1995; ROMAN & DIDONET, 1990; ALMEIDA & RODRIGUES, 1985; DERPSCH *et al.*, 1985; COCHRAN *et al.*, 1977; RICE, 1974). Os efeitos alelopáticos proporcionados por algumas culturas sobre a germinação e sobre o desenvolvimento de outras plantas são conhecidos desde há longo tempo (ALMEIDA & RODRIGUES, 1985). No entanto, para que ocorra a ação alelopática, é necessário que as fitoxinas sejam produzidas

e/ou liberadas em quantidade suficiente para atingir a concentração letal. O teor de aleloquímicos no solo depende do tipo e da taxa de decomposição do resíduo cultural e de outros fatores, como atividade microbiana, temperatura do solo e precipitação pluvial (ROMAN & VELLOSO, 1993).

Embora possa haver confundimento entre os efeitos de competição e de alelopatia, RICE (1979) enfatiza que a competição difere de alelopatia porque, na competição, ocorre retirada ou redução do nível de algum fator do ambiente, o qual é requerido por outra planta do mesmo habitat.

O efeito prejudicial ao milho atribuído à alelopatia pode, na realidade, resultar de uma combinação de fatores, como deficiência de N causada pela atividade microbiana, redução na densidade de plantas proporcionada pelo tipo de cobertura de solo ao afetar o contato entre o solo e a semente, e efeitos físicos proporcionados pela cobertura vegetal, ao modificar a umidade e a temperatura do solo.

A segunda estratégia que tem sido preconizada refere-se à aplicação de N nos estádios iniciais de desenvolvimento da aveia preta que precede a cultura do milho. Esta teria por objetivo armazenar N no tecido vegetal da cultura antecessora, permitindo, a partir da mineralização da sua fitomassa, maior absorção de N pelo milho cultivado em sucessão. SÁ (1996), ao avaliar a combinação da aplicação de N na aveia e no milho em sucessão, verificou que a aplicação de 30kg/ha de N na semeadura da aveia foi benéfica, quando associada com aplicação de N em cobertura no milho em sucessão (tabela 4). Outro objetivo da aplicação de N nos estádios iniciais de desenvolvimento da aveia preta é o de acelerar a posterior decomposição dos seus restos culturais, diminuindo o efeito negativo no milho da alta relação C/N desta gramínea no milho, além de proporcionar a liberação mais precoce de N. JANSEN & KUCEY (1988) constataram que a palha de trigo, submetida a níveis médio e alto de N, apresentou razão C/N de 37, muito inferior àquela encontrada no trigo cultivado com baixo nível de N que foi de 137. Avaliando a mineralização de C e de N destes mesmos resíduos culturais, em condições controladas, os autores verificaram que os resíduos obtidos nos níveis médio e alto de N apresentaram maior evolução de CO<sub>2</sub> e, no nível alto de N, maior mineralização de N (figuras 1A e 1B).

A alternativa de se aplicar N no manejo da aveia preta, ou seja, em pré-

Tabela 3 - Efeito da época de semeadura após a dessecação da aveia preta e de sistemas de manejo de nitrogênio (N) no rendimento de grãos de milho, em Eldorado do Sul, RS, 1996/97.

Doses de N (kg/ha)		Semeadura do milho após a dessecação da aveia	
Semeadura	Cobertura <sup>1</sup>	1 dia	20 dias
----Rendimento de grãos (kg/ha)----			
0	0	a 2310*	a 3257
0	160	a 6121	a 6962
30	130	b 6653	a 8857
60	100	b 6161	a 9470

<sup>1</sup>Aplicado em duas doses iguais, nos estádios de 3-4 folhas e de 6-7 folhas completamente desenvolvidas do milho.

\*Médias que são precedidas pela mesma letra na linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan, em nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Adaptado de Argenta, 1998.

Tabela 4 - Efeito de sistemas de manejo de nitrogênio (N) no rendimento de grãos de milho em sucessão à aveia em Carambeí, PR, 1995/96.

Épocas e doses de N (kg/ha)	Aplicação de N na aveia (kg/ha)			Médias
	0	30	60	
--- Rendimento de grãos de milho (kg/ha) ---				
00-00-00 <sup>1</sup>	6101	7156	7833	6930 d
00-30-90	8893	9310	9477	9227 a
90-30-00	8930	9599	9748	9426 a
00-30-00	7181	7934	8327	7814 c
00-00-90	8003	8798	9112	8637 b
Médias	7822 B*	8559 A	8839 A	

<sup>1</sup>A seqüência indica a aplicação de N em pré-semeadura, semeadura e cobertura do milho, respectivamente.

\*Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Adaptado de Sá, 1996.

semeadura do milho, só recentemente vem sendo estudada no Brasil. Esta técnica objetiva aumentar a oferta de N mineral à solução do solo para ser utilizado pela biomassa microbiana durante a fase inicial da decomposição dos resíduos culturais. A maior disponibilidade de N mineral para a biomassa microbiana permitiria um fluxo mais contínuo de N no solo pelo processo de mineralização, resultando em maior disponibilidade para o milho (SÁ, 1996). Informações preliminares de uma pesquisa sobre a viabilidade técnica de se aplicar em pré-semeadura do milho quantidades parciais ou até mesmo total do N recomendado em cobertura foram geradas por SÁ (1996) no Estado do Paraná (Carambeí) (tabela 4). Este autor verificou que houve resposta significativa à aplicação de N em pré-semeadura, sendo possível se aplicar toda adubação de cobertura em pré-semeadura do milho, sem comprometer o rendimento de grãos, independente do uso de N no cultivo anterior de aveia preta.

Resultados preliminares de Basso & Ceretta, citados por CERETTA (1997), também confirmam vantagem da aplicação de N em pré-semeadura, combinada com aplicação de N na semeadura, em relação à aplicação de N em cobertura, em um solo com 11% de argila, nas condições de Santa Maria, no Rio Grande do Sul (tabela 5). No entanto, em outro local do Rio Grande do Sul (Itaara), Ceretta e Diekow, citados por CERETTA

(1997), constataram que não houve vantagem, em termos de rendimento de grãos, da aplicação de N em pré-semeadura em relação ao sistema com aplicação em cobertura (tabela 5).

Ao se analisar estes resultados, verifica-se que há variação na resposta do milho à aplicação de N em pré-semeadura. Surgem, portanto, algumas dúvidas, como: em solos com baixa capacidade de armazenamento de N, sob condições de alta precipitação pluvial, onde irá parar o N? Mesmo que não ocorram altas precipitações pluviais, será que o solo e os microrganismos terão capacidade de reter todo N aplicado em pré-semeadura? A quantidade de N encontrada na biomassa microbiana varia muito.

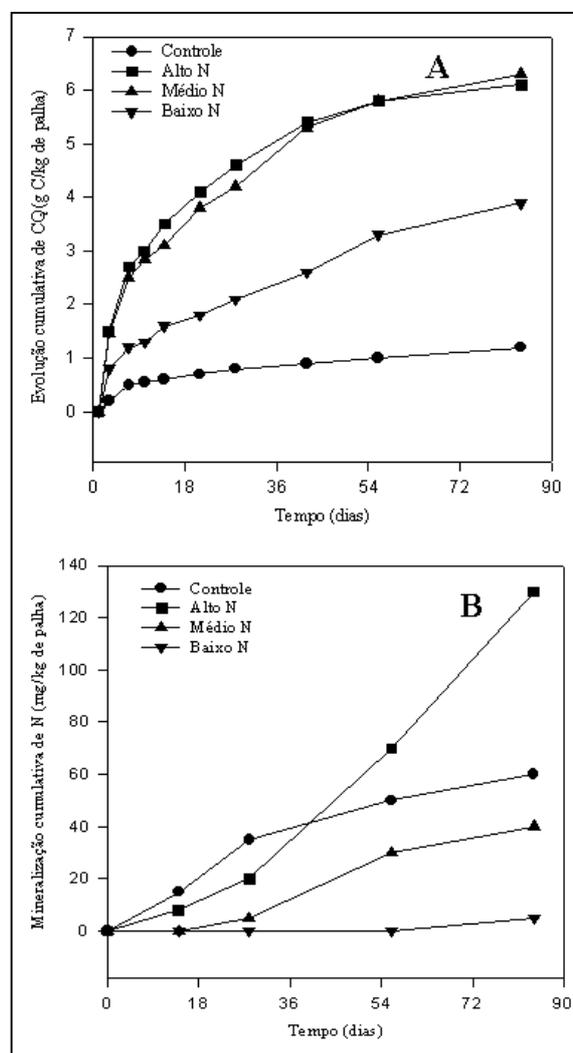


Figura 1 - Efeito do regime nutricional de N sobre a evolução cumulativa de CO<sub>2</sub> (A) e a mineralização cumulativa de N (B) de restos culturais de trigo. Alberta, Canadá, 1988.

Tabela 5 - Rendimento de grãos de milho, em sucessão à aveia preta em função de épocas e doses de aplicação de nitrogênio (N) em milho, em dois locais do Rio Grande do Sul, 1996/97.

Aplicação de N	Rendimento de grãos (kg/ha)
	Santa Maria <sup>2</sup>
00-00-00 <sup>1</sup>	5617 d*
00-30-90	6805 c
30-30-60	6867 bc
60-30-30	7756 a
90-30-00	7230 ab
	Itaara <sup>3</sup>
00-00-00	4886 b
00-30-120	6482 a
40-30-80	6206 a
80-30-40	6429 a
120-30-00	6478 a

<sup>1</sup>A seqüência indica a aplicação de N em pré-semeadura, semeadura e cobertura do milho, respectivamente.

<sup>2</sup>Dados extraídos de pesquisa em andamento de Basso & Ceretta..

<sup>3</sup>Dados extraídos de pesquisa em andamento de Ceretta & Diekow.

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan, em nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Adaptado de Ceretta, 1997.

ANDERSON & DOMSCH (1980) constataram quantidade média de 108kg/ha de N, em 29 solos, na camada de 0-12cm de solo. SALET *et al.* (1997) determinaram quantidades de 67 e de 65kg/ha de N nas restevras de sorgo e soja, respectivamente, no sistema de semeadura direta, na camada de 0-8cm de solo. Estes números demonstram que os microorganismos são capazes de imobilizar grandes quantidades de N. No entanto, será que poderiam imobilizar quantidades equivalentes em um curto período de tempo? Ou, quanto tempo seria necessário para que os microorganismo imobilizem estas quantidades? Estas respostas são importantes, pois possibilitariam prever quanto de N poderia ser aplicado, diminuindo a possibilidade de haver perdas deste nutriente por lixiviação.

Outro ponto é quanto do N aplicado em pré-semeadura e imobilizado pelos microorganismos será utilizado pelo milho? Neste sentido, MARY (1987) determinou que apenas 14% do N imobilizado em sete tipos de resíduos vegetais foi mineralizado após três meses, aumentando para 40% somente após dois anos. Resultados semelhantes

foram obtidos por SCHOMBERG *et al.* (1994). Portanto, quanto do N aplicado em pré-semeadura será utilizado pelo milho? Somente após serem melhor elucidados estes pontos, a prática de aplicação de N em pré-semeadura poderá ser recomendada com segurança.

## CONCLUSÕES

A resposta do milho à aplicação de N na semeadura em sucessão à aveia preta, em sistema de semeadura direta, é influenciada pelo ambiente. Portanto, a recomendação de adubação nitrogenada deve partir de uma avaliação caso a caso, não podendo ser generalizada.

O aumento da dose de N na semeadura do milho em plantio direto após aveia preta é uma estratégia eficiente em solos com baixos teores de matéria orgânica.

O atraso da época de semeadura, após a dessecação da aveia preta, e a aplicação de N nos estádios iniciais de desenvolvimento da aveia preta são estratégias viáveis de manejo da adubação nitrogenada. Já, a aplicação de N em pré-semeadura do milho mostra-se benéfica em algumas regiões e situações, sendo necessária a validação desta prática em outras condições edafoclimáticas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AITA, C. Dinâmica do nitrogênio no solo durante a decomposição de plantas de cobertura: efeito sobre a disponibilidade de nitrogênio para a cultura em sucessão. In: FRIES, M.R.; DALMOLIN, R.S.D. (Coord.) **Atualização em recomendação de adubação e calagem**: ênfase em plantio direto. Santa Maria: Pallotti, 1997. p. 76-111.
- AITA, C., CERETTA, C.A., THOMAS, A.L. *et al.* Espécies de inverno como fonte de nitrogênio para o milho no sistema de cultivo mínimo e feijão em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, n. 1, p. 101-108, 1994.
- ALEXANDER, M. **Introduction to soil microbiology**. New York: J. Wiley, 1977. 467 p.
- ALMEIDA, F.S., RODRIGUES, B.N. **Guia de herbicidas**: contribuição para o uso adequado em plantio direto e convencional. Londrina: IAPAR, 1985. 468 p.
- ANDERSON, J.P.E., DOMSCH, K.H. Quantities of plant nutrients in the microbial biomass of selected soils. **Soil Science**, Baltimore, v. 130, n. 4, p. 211-216, 1980.
- ARGENTA, G. **Manejo do nitrogênio em milho implantado em semeadura direta, em dois ambientes**. Porto Alegre, 1998. 108 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Fitotecnia) - Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

- ARGENTA, G., SILVA, P.R.F., RIZZARDI, M.A. *et al.* Manejo do nitrogênio em milho em semeadura direta, em dois ambientes. II - Efeito sobre o rendimento de grãos. In: XXII CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO. Recife, 1998. **Anais...** (CD ROM, Seção Temática 3).
- AULAKH, M.S., DORAN, J.W., WALTERS, D.T. *et al.* Crop residue type and placement effects on denitrification and mineralization. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 55, n. 4, p. 1020-1025, 1991.
- CERETTA, C.A. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia/milho, no sistema plantio direto. In: FRIES, M.R.; DALMOLIN, R.S.D. (Coord.) **Atualização em recomendação de adubação e calagem**: ênfase em plantio direto. Santa Maria: Pallotti, 1997. p. 112-124.
- CERETTA, C.A., AITA, C., BRAIDA, J.A. Fornecimento de nitrogênio por leguminosas na primavera para o milho em sucessão nos sistemas de cultivo mínimo e convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, n. 2, p. 215-220, 1994.
- COCHRAN, V.L., ELLIOTT, L.F., PAPENDICK, R.I. The production of phytotoxins from surface crop residues. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 41, p. 903-908, 1977.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Recomendações de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Passo Fundo: SBSC-Núcleo Regional Sul, 1995. 224 p.
- DA ROS, A.O., AITA, C. Efeito de espécies de inverno na cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, n. 1, p. 135-140, 1996.
- DECKER, A.M., CLARK, A.J., MEISINGER, J.J. *et al.* Legume cover crop contributions to no-tillage corn production. **Agronomy Journal**, Madison, v. 86, n. 1, p. 126-135, 1994.
- DERPSCH, R., ROTH, C.H., SIDIRAS, N. *et al.* **Controle da erosão no Paraná, Brasil**: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Eschborn:GTZ/IAPAR, 1991. Importância da rotação de culturas: p. 147-164.
- DERPSCH, R., SIDIRAS, N., HEINZMANN, F.X. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 7, p. 761-773, 1985.
- DOUGLAS, C.L., ALLMARAS, R.R., RASMUSSEN, P.E. *et al.* Wheat straw composition and placement effects on decomposition in dryland agriculture of the Pacific Northwest. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 44, n. 4, p. 833-837, 1980.
- FRIES, M.R. Microbiologia e matéria orgânica: recuperação pelo sistema plantio direto. In: FRIES, M.R.; DALMOLIN, R.S.D. (Coord.) **Atualização em recomendação de adubação e calagem**: ênfase em plantio direto. Santa Maria: Pallotti, 1997. p. 47-75.
- HEINZMANN, F.X. Resíduos culturais de inverno e assimilação de nitrogênio por culturas de verão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 9, p. 1021-1030, 1985.
- HERNANI, L.C., ENDRES, V.C., PITOL, C. *et al.* **Adubos verdes de outono/inverno no Mato Grosso do Sul**. Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1995. 93 p. (EMBRAPA-CPAO, Documento, 4).
- JANSEN, H.H., KUCEY, R.M.N. C, N, and S mineralization of crop residues as influenced by crop species and nutrient regime. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 106, n. 1, p. 35-41, 1988.
- KIHEL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985. p. 101-125.
- KNAPP, E.B., ELLIOTT, L.F., CAMPBELL, G.S. Carbon, nitrogen and microbial biomass interrelationships during the decomposition of wheat straw: A mechanistic simulation model. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 15, n. 3, p. 455-461, 1983.
- MARUMOTO, T. Mineralization of C and N from microbial biomass in paddy soil. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 76, n. 1, p. 165-173, 1984.
- MARY, B. Effects du precedent cultural sur la disponibilité du sol en azote mineral. **Compte Rendu Academie Agriculture de France**, Paris, v. 73, p. 57-69, 1987.
- MASKINA, M.S., POWER, J.F., PORAN, J.W. *et al.* Residual effects of no-till crop residues on corn yield on nitrogen uptake. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 57, n. 6, p. 1555-1560, 1993.
- MOODY, J.E., SHEAR, G.M., JONES Jr., J.N. Growing corn without tillage. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 6, n. 5, p. 516-517, 1961.
- MUZILLI, O., OLIVEIRA, E.L. **O milho no Paraná**. Londrina: Fundação Instituto Agronômico do Paraná, 1992. Nutrição e adubação: p. 88-95. (Circular, 29).
- PAVINATO, A., AITA, C., CERETTA, C.A. *et al.* Resíduos culturais de espécies de inverno e o rendimento de grãos de milho no sistema cultivo mínimo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 9, p. 1427-1432, 1994.
- PÖTTKER, D., ROMAN, E.S. Efeito de resíduos de culturas e do pousio de inverno sobre a resposta do milho a nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 5, p. 763-770, 1994.
- RAIMBAULT, B.A., VYN, T.J., TOLLENAAR, M. Corn response to rye cover crop, tillage methods, and planter options. **Agronomy Journal**, Madison, v. 83, n. 2, p. 287-290, 1991.
- RANELIS, N.N., WAGGER, M.G. Crimson clover management to enhance reseeded and no-till corn grain production. **Agronomy Journal**, Madison, v. 85, n. 1, p. 62-67, 1993.
- REEVES, D.W., WOOD, C.W., TOUCHTON, J.T. Timing nitrogen applications for corn in a winter legume conservation-tillage system. **Agronomy Journal**, Madison, v. 85, n. 1, p. 98-106, 1993.
- REINERTSEN, S.A., ELLIOTT, L.F., COCHRAN, V.L. *et al.* Role of available carbon and nitrogen in determining the rate of wheat straw decomposition. **Soil Biology Biochemistry**, Oxford, v. 16, n. 5, p. 459-464, 1984.
- RICE, E.L. Allelopathy-an update. **Botanical Review**, New York, v. 45, n. 1, p. 15-109, 1979.
- RICE, E.L. **Allelopathy**. New York: Academic, 1974. 433 p.

- ROMAN, E.S., VELLOSO, J.A.R.O. Controle cultural, coberturas mortas e alelopatia em sistemas conservacionistas. In: CNPT-EMBRAPA, FUNDACEP-FECOTRIGO, FUNDAÇÃO ABC. **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1993. p. 77-84.
- ROMAN, E.S., DIDONET, A.D. **Controle de plantas daninhas no sistema de plantio direto de trigo e soja**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1990. 32 p. (Circular Técnica, 2).
- ROPER, M.M. Straw decomposition and nitrogenase activity ( $C_2H_2$  reduction): effects of soil moisture and temperature. **Soil Biology Biochemistry**, Oxford, v. 17, n. 1, p. 65-71, 1985.
- RUEDELL, J. **Plantio direto na região de Cruz Alta**. Cruz Alta: Convênio FUNDACEP, BASF, FECOTRIGO, 1995. 134 p.
- SÁ, J.C.M. de. **Manejo de nitrogênio na cultura de milho no sistema de plantio direto**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1996. 24 p.
- SÁ, J.C.M. de. Manejo de fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: EMBRAPA.CNPT; FUNDACEP; FECOTRIGO *et al.* (coord.). **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1993, p. 41-47.
- SÁ, J.C.M. de. Efeito de doses e época de aplicação de nitrogênio na produção de milho, após resteva de aveia-preta (*Avena strigosa*), sob plantio direto. In: FUNDAÇÃO ABC. **Resultados de Pesquisa 88/89**. Castro: FUNDAÇÃO ABC, 1989. p. 61. (Boletim Técnico, 4).
- SALET, R.L., VARGAS, L.K., ANGHINONI, I. *et al.* Por que a disponibilidade de nitrogênio é menor no sistema plantio direto? II SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, Passo Fundo, 1997, **Anais...**, Passo Fundo, RS. Embrapa Trigo - Revista Plantio Direto, 1997. 182 p. p. 217-219.
- SANTOS, H.P. dos, PÖTTKER, D. Rotação de culturas. XX. Efeito de leguminosas de inverno sobre o rendimento de grãos e sobre algumas características agrônômicas do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 11, p. 1647-1654, 1990.
- SCHOMBERG, H.H., STEINER, J.L., UNGER, P.W. Decomposition and nitrogen dynamics of crop residues quality and water effects. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 58, n. 2, p. 372-381, 1994.
- STOTT, D.E., ELLIOTT, L.F., PAPENDICK, R.I. *et al.* Low temperature or low water effects on microbial decomposition of wheat residue. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 18, n. 3, p. 577-582, 1986.
- TEIXEIRA, L.A.J., TESTA, V.M., MIELNICZUK, J. Nitrogênio do solo, nutrição e rendimento de milho afetados por sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, n. 2, p. 207-214, 1994.
- TIAN, G., KANG, B.T., BRUSSAARD, L. Mulching effect of plant residues with chemically contrasting compositions on maize growth and nutrient accumulation. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 153, n. 2, p. 179-187, 1993.
- TOLLENAAR, M., MIHAJLOVIC, M., VYN, T.J. Corn growth following cover crops: influence of cereal cultivar, cereal removal, and nitrogen rate. **Agronomy Journal**, Madison, v. 85, n. 2, p. 251-255, 1993.
- UTOMO, M., FRYE, W.W., BLEVINS, R.L. Sustaining soil nitrogen for corn using hairy vetch cover crop. **Agronomy Journal**, Madison, v. 82, n. 5, p. 979-983, 1990.
- VICTORIA, R.L., PICCOLO, M.C., VARGAS, A.A.T. O ciclo do nitrogênio. In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. (Coord.) **Microbiologia do Solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p. 105-120.