



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Arroz e Feijão
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

ISSN 1678-9644

Julho, 2006

Documentos 188

Manejo Antecipado do Nitrogênio nas Principais Culturas Anuais

João Kluthcouski
Homero Aidar
Michael Thung
Fernanda R. de A. Oliveira
Tarcísio Cobucci

Santo Antônio de Goiás, GO
2006

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Arroz e Feijão

Rod. GO 462, Km 12
Caixa Postal 179
75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO
Fone: (0xx62) 3533 2123
Fax: (0xx62) 3533 2100
sac@cnpaf.embrapa.br
www.cnpaf.embrapa.br

Comitê de Publicações

Presidente: *Carlos Agustín Rava*
Secretário: *Luiz Roberto Rocha da Silva*
Membros: *Alberto Baêta dos Santos*
Luís Fernando Stone

Supervisor editorial: *Marina A. Souza de Oliveira*
Normalização bibliográfica: *Ana Lúcia D. de Faria*
Revisão de texto: *Vera Maira T. Silva*
Capa: *Deise Lara de Oliveira*
Editoração eletrônica: *Fabiano Severino*

1ª edição

1ª impressão (2006): 500 exemplares

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Arroz e Feijão

Manejo antecipado do nitrogênio nas principais culturas anuais / João Kluthcouski ... [et al.]. – Santo Antônio de Goiás : Embrapa Arroz e Feijão, 2005.
63 p. – (Documentos / Embrapa Arroz e Feijão, ISSN 1516-7518 ; 188)

1. Fertilizante nitrogenado. 2. Fertilidade do solo. 3. Nutrição vegetal.
I. Kluthcouski, João. II. Embrapa Arroz e Feijão. III. Série.

CDD 631.84 (21. ed.)

© Embrapa 2006

Autores

João Kluthcouski

Engenheiro Agrônomo,
Doutor em Solos e Nutrição de Plantas
Embrapa Arroz e Feijão
Rod. GO 462, Km 12
75375-000 Santo Antônio de Goiás - GO
joaok@cnpaf.embrapa.br

Homero Aidar

Engenheiro Agrônomo,
Doutor em Fitotecnia
Embrapa Arroz e Feijão
homero@cnpaf.embrapa.br

Michael Thung

Engenheiro Agrônomo,
Ph.D. em
Embrapa Arroz e Feijão
thung@cnpaf.embrapa.br

Fernanda R. de A. Oliveira
Engenheira Agrônoma,
Estagiária da
Embrapa Arroz e Feijão

Tarcísio Cobucci
Engenheiro Agrônomo,
Doutor em Fitotecnia
Embrapa Arroz e Feijão
cobucci@cnpaf.embrapa.br

Apresentação

O nitrogênio é o nutriente que mais limita o desenvolvimento, a produtividade e a biomassa da maioria das culturas. É também o nutriente absorvido em quantidades mais elevadas pela maior parte das culturas, especialmente as gramíneas. Por outro lado, os fertilizantes nitrogenados minerais têm alto custo energético para sua obtenção e, em contraste, verifica-se, na prática, que são inúmeros os equívocos cometidos na aplicação desse fertilizante, especialmente em relação a doses, épocas e método de aplicação, notadamente em solos mais ricos em matéria orgânica, como no caso do Sistema Plantio Direto ou nas várzeas tropicais.

A habitual recomendação do parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura, com o intuito de aumentar sua eficiência ou para prevenir as possíveis perdas pode, então, estar sendo ministrada tardiamente, neste caso com a principal função de melhorar o nível protéico e não da produtividade das espécies cultivadas, particularmente as graníferas.

Assim, em alguns casos, a antecipação da adubação nitrogenada, em relação às recomendações anteriores ou, até mesmo, em relação à semeadura da cultura, pode ser mais eficiente no que se refere a aumento da produtividade das culturas graníferas anuais.

Também tem sido possível verificar que, com melhor manejo da adubação nitrogenada, é possível reduzir substancialmente a quantidade atualmente

recomendada para as principais culturas anuais, melhorando ainda mais as suas produtividades, com redução nos custos de produção.

Esta é mais uma contribuição da Embrapa Arroz e Feijão para uma agricultura sustentável no Brasil.

Beatriz da Silveira Pinheiro
Chefe-Geral da Embrapa Arroz e Feijão

Sumário

Introdução	9
Balanco do nitrogênio com ênfase em suas perdas	10
Manejo do nitrogênio	12
Antecipação da adubação nitrogenada	14
Efeito salino dos adubos nitrogenados	21
Resultados práticos obtidos com o manejo antecipado do nitrogênio	24
Feijoeiro cultivado nas várzeas tropicais com subirrigação	24
Feijoeiro cultivado em terras altas sob irrigação por aspersão	33
Arroz de terras altas	42
Milho	46
Sorgo	49
Soja	50
Considerações importantes	52
Perguntas, na visão da Fitotecnia, sobre a prática da adubação nitrogenada em cobertura, para as quais, possivelmente, ainda não se tem resposta	55
Conclusões	57
Agradecimentos	58
Referências Bibliográficas	59

Manejo Antecipado do Nitrogênio nas Principais Culturas Anuais

João Kluthcouski

Homero Aidar

Michael Thung

Fernanda R. de A. Oliveira

Tarcísio Cobucci

Introdução

O nitrogênio (N) é o nutriente que mais limita o desenvolvimento, a produtividade e a biomassa da maioria das culturas (Lopes et al., 2004). É também o nutriente absorvido em quantidades mais elevadas pela maior parte das culturas, especialmente as gramíneas, incluindo as pastagens. Entre as deficiências nutricionais que ocorrem nas culturas, a de nitrogênio é a mais freqüente. Além disso, em condições adversas, principalmente as relacionadas ao teor de matéria orgânica, umidade e textura do solo, época e método de aplicação do fertilizante, o nitrogênio é um elemento que se perde facilmente por lixiviação, volatilização e desnitrificação no solo. Em decorrência disso, a eficiência de sua utilização pelas plantas é baixa, de 50 a 60%.

O N que pode ser disponibilizado às plantas e que define o potencial produtivo das culturas provém do ar atmosférico, no caso da maioria das leguminosas, da matéria orgânica do solo, da reciclagem dos resíduos de culturas anteriores e dos fertilizantes nitrogenados de origem mineral ou orgânica.

Tem sido habitual a recomendação do parcelamento da adubação nitrogenada, com o intuito de aumentar sua eficiência, ou para prevenir as possíveis perdas por volatilização e, sobretudo, por lixiviação. Por outro lado, são poucos os estudos sobre a época de maior demanda de nitrogênio pelas diferentes espécies vegetais, principalmente as de ciclo anual. São poucas também as informações sobre a relação entre o N x matéria orgânica x microrganismos x cultura

precedente. A suplementação deste nutriente pode, então, estar sendo ministrada tardiamente, neste caso com a principal função de melhorar o nível protéico, e não da produtividade das espécies cultivadas, particularmente as graníferas.

Com a evolução na adoção do Sistema Plantio Direto (SPD), assim como nas várzeas tropicais sob qualquer tipo de manejo do solo, é de se esperar um aumento gradativo no teor de matéria orgânica e, conseqüentemente, da atividade microbiológica dos solos. Isto pode alterar não apenas o ciclo do nitrogênio no solo, tornando-o menos disponível para as plantas, em um determinado período, como também o fluxo de perdas.

Na prática, verifica-se que são inúmeros os equívocos cometidos na aplicação deste adubo, especialmente no que diz respeito a doses, épocas e método de aplicação, notadamente em solos mais ricos em matéria orgânica, como no caso do SPD e pastagens. Assim, em alguns casos, a antecipação da adubação nitrogenada, em relação às recomendações anteriores ou, até mesmo, em relação à semeadura da cultura, pode ser mais eficiente no que se refere ao aumento da produtividade das culturas graníferas anuais. Mesmo assim, o nutriente continua sendo o mesmo, passível de inúmeras possibilidades de perdas na complexidade do solo. Não é de se esperar, por exemplo, que, em solos com baixa fertilidade, excessivamente arenosos e pobres em matéria orgânica, ou em solos mal drenados, a prática da aplicação antecipada produza plenos efeitos na eficácia do nutriente.

Balanço do nitrogênio com ênfase em suas perdas

De acordo com Yamada & Abdalla (2000), 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 por meio da remoção pelas culturas, erosão, volatilização, imobilização biológica e lixiviação. Ainda segundo esses autores, as principais perdas significativas ocorrem: (1) na forma de gases que são liberados para a atmosfera, ocasionados pela volatilização da amônia (NH_3^+); (2) desnitrificação, resultado da redução dissimilatória realizada por bactérias originárias do solo capazes de reduzir nitrato em nitrito (NO_2^-) e em gases nitrogenados (NO , N_2O , N_2); e (3) por imobilização biológica, com a diminuição da disponibilidade de N na solução do solo, principalmente no SPD. Registram-se, ainda, as perdas por lixiviação, em especial do N-nitrato.

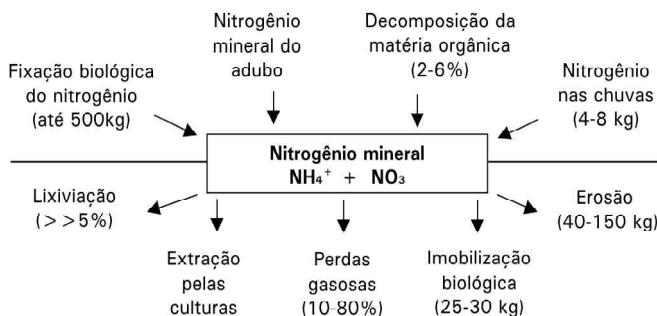


Fig. 1. Adições e perdas de N mineral do solo.

Fonte: Yamada & Abdalla (2000).

Em geral, tem-se que a principal perda de N é por lixiviação e, para evitá-la, recomenda-se a aplicação em cobertura após a emergência das plântulas. No entanto, segundo revisão feita por Reichardt et al. (1982), citados por Yamada & Abdalla (2000), esta modalidade de perda é muito pequena. Observando, na Tabela 1, que, em média, o N lixiviado do fertilizante é da ordem de $3,4 \text{ kg ha}^{-1}$, com pluviosidade e período de tempo de 757 mm e 127,8 dias, respectivamente, conclui-se que as perdas de N em condições tropicais é da ordem de 5% do N aplicado para 1.000 mm de chuva.

Quando o fertilizante foi aplicado na superfície do solo, Lara Cabezas & Yamada (1999) encontraram perdas de N por volatilização da uréia acima de 30% e 70%, em plantio convencional e SPD, respectivamente (Figuras 2 e 3). A incorporação de qualquer uma das fontes testadas, independente do sistema de manejo do solo, reduziu drasticamente a volatilização do N, sendo mais expressiva no SPD.

Tabela 1. Perdas típicas de nitrogênio por lixiviação, em condições tropicais.

Solo ¹	Cultura	Período (dias)	Dose N (kg ha^{-1})	N lixiviado (kg ha^{-1})	N lixiviado ² (kg ha^{-1})	Chuvas (mm)
Alfisol	Feijão	120	120	6,7	-	661
Alfisol	Feijão	365	100	15,0	1,4	1.382
Oxisol	Milho	130	80	9,2	0,4	717
Alfisol	Milho	150	100	32,4	11,0	620
Alfisol	Feijão	86	42	-	0,8	403
Média	-	127,8	88,4	15,8	3,4	757

Fonte: ¹ Reichardt et al. (1982), citados por Yamada & Abdalla (2000).

² N lixiviado do fertilizante.

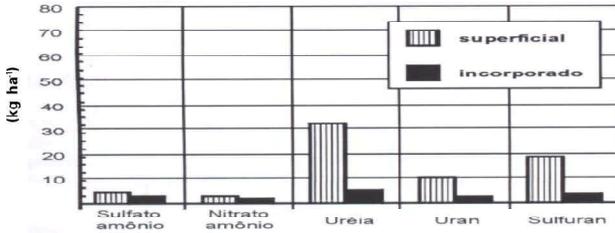


Fig. 2. Perdas acumuladas de cinco fontes nitrogenadas aplicadas em cobertura, em plantio convencional. **Fonte:** Lara Cabezas & Yamada (1999).

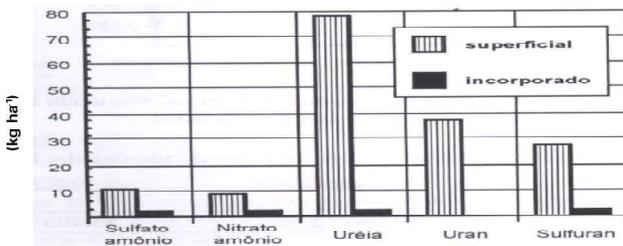


Fig. 3. Perdas acumuladas de cinco fontes nitrogenadas aplicadas em cobertura, no Sistema Plantio Direto. **Fonte:** Lara Cabezas & Yamada (1999).

As perdas por volatilização podem ser reduzidas pela:

- incorporação dos fertilizantes em profundidade, especialmente a uréia, sabendo que, para a maioria dos solos, deve ser entre 5 cm e 10 cm (Hargrove, 1988);
- mistura de uréia com cloreto de potássio na forma líquida. Rappaport & Axley (1984) observaram que, com a aplicação de solução com partes iguais de uréia e KCl, houve uma redução nas perdas de N por volatilização de 42% (sem KCl) para 5% na cultura do milho; e
- mistura de uréia e sulfato de amônio, na proporção de 60% de N-uréia e 40% de N-sulfato de amônio (Lara Cabezas et al., 1989).

Manejo do nitrogênio

É desejável que os fertilizantes nitrogenados, principalmente no SPD, sejam incorporados ao solo, evitando-se a prática corriqueira de distribuição a lanço na superfície. Nesse caso, a maior exigência de mecanização para esta operação de incorporação do N é compensada pelo aumento da produtividade, como mostra a Tabela 2.

Tabela 2. Rendimento de grãos, massa de grão por espiga de milho híbrido C-901, em função do tempo de aplicação, tipo de adubo e método de incorporação ao solo, segundo o Sindicato e Organização das Cooperativas do Estado do Paraná (OCEPAR), 1994.

<i>Tratamento</i>	<i>Rendimento de grãos (kg ha⁻¹)</i>	<i>Massa de grãos/ espiga¹ (g)</i>	<i>Tempo de aplicação (min ha⁻¹)</i>
Uréia a lanço	5.270	131,8	7:07
Sulfato amônio a lanço	5.640	140,9	7:42
Sulfato amônio incorporado	7.030	175,8	21:28

Fonte: Oliveira (1995).

Devido ao efeito estimulador do N no desenvolvimento radicular, Garwood & Williams (1967) advertem sobre o risco potencial de haver alta disponibilidade de N apenas na superfície do solo, pois há aí uma alta concentração de raízes às expensas de penetração no subsolo. Esses autores concluem que a aplicação incorporada dos fertilizantes, particularmente de nitrogênio, melhora o desenvolvimento das plantas mesmo sob estresse hídrico, pois elas podem utilizar-se da ampla reserva de água das camadas profundas do solo.

É fundamental, portanto, saber a época e as doses de aplicação dos fertilizantes nitrogenados e como incorporá-los com maquinário apropriado, para aumentar a eficiência de seu uso. O manejo adequado da adubação nitrogenada é um dos mais difíceis, e a única alternativa para se fazer a recomendação dessa adubação é pela determinação da curva de resposta das culturas em relação a várias doses desse nutriente (Santos & Silva, 2002).

Cerca de 50% do N total absorvido pelo feijoeiro é exportado pelos grãos (Santos & Silva, 2002), o restante permanece no solo na forma de resíduos culturais. A maior parte do N do solo encontra-se sob formas orgânicas, que devem ser mineralizadas para liberá-lo e torná-lo aproveitável pelas plantas. A mineralização é um processo biológico influenciado por vários fatores, tais como a forma orgânica em que o N se encontra, as características químicas do solo e as condições ambientais do solo. A parte de N do solo na forma inorgânica está sujeita a perdas por erosão.

Assim, sob o ponto de vista de nutrição das plantas, a dinâmica do N no solo implica considerar a origem do N às plantas, as características regionais do solo e do clima e dos sistemas de produção.

No solo, a principal fonte de N é a matéria orgânica, por isso, esclarece Ceretta (2000), a dinâmica do N no solo está intimamente associada à dinâmica da

matéria orgânica. Ainda segundo o autor, se, por um lado, a imobilização microbiana do N pode comprometer a adequada disponibilidade de N às plantas em momentos pontuais, por outro lado não representa fenômeno de perda de N e sim a sua conservação.

Concomitantemente ao avanço da adoção do SPD, que hoje está presente em mais de 20 milhões de hectares no Brasil (Carvalho, 2005), só nos Cerrados mais de cinco milhões de hectares, tem ocorrido um incremento gradual na matéria orgânica do solo. Não obstante essa constatação, vale destacar que, quando se aplica o fertilizante nitrogenado mineral seguindo a recomendação convencional, ou seja, em cobertura, pode-se provocar um retardamento na disponibilização desse nutriente para as plantas. Isto ocorre porque, numa primeira instância, o nitrogênio aplicado ao solo pode ser parcial ou totalmente seqüestrado/absorvido pelos microrganismos do solo para, após algumas semanas, ser novamente liberado para a solução do solo. Esse fato pode estar comprometendo a nutrição das plantas em tempo hábil, o que leva a sugerir a aplicação antecipada do nitrogênio, pelo menos de uma parte da dose recomendada para a cultura. Para Ceretta (2000), por exemplo, a produtividade do milho na Região Sul do Brasil, em muitos casos, pode estar sendo limitada pela aplicação insuficiente de nitrogênio por ocasião da semeadura.

Antecipação da adubação nitrogenada

O adubo nitrogenado tem alto custo energético para sua obtenção; mesmo assim, verifica-se que são inúmeros os equívocos cometidos na aplicação desse fertilizante, especialmente em relação a doses, épocas e método de aplicação, notadamente em solos mais ricos em matéria orgânica, como no caso do SPD ou nas várzeas tropicais.

Trabalhos recentes de pesquisa atestam que, para determinadas condições, a aplicação de doses maiores ou total de nitrogênio por ocasião da semeadura, ou em operação distinta da semeadura, tem propiciado as mais altas produtividades. Contudo, em razão do velho paradigma, esse elemento essencial continua, na maioria dos casos, a ser fornecido de forma parcelada, em cobertura, para as culturas.

Para a cultura do milho, segundo relatos de Yamada & Abdalla (2000), o nitrogênio é muito importante a partir da primeira semana após a emergência das plantas. Nessa fase, o sistema radicular, ainda em desenvolvimento, já mostra considerável quantidade de pêlos absorventes e ramificações diferenciadas, e a

adição de N estimula ainda mais sua proliferação, com conseqüente desenvolvimento da parte aérea. Também nesse estágio tem início o processo de diferenciação floral, o qual dá origem aos primórdios da panícula e da espiga e define o potencial de produção. Para não limitar esse evento fisiológico, é preciso que haja disponibilidade de, pelo menos, 30 kg ha⁻¹ de N. Segundo relato desses mesmos autores, o Departamento Técnico da Pioneer Sementes Ltda divulgou que os melhores resultados na produção de grãos de milho, em Londrina, PR, foram obtidos com a aplicação de 40 e 80 de N kg ha⁻¹, na base e em cobertura, respectivamente (Figura 4).

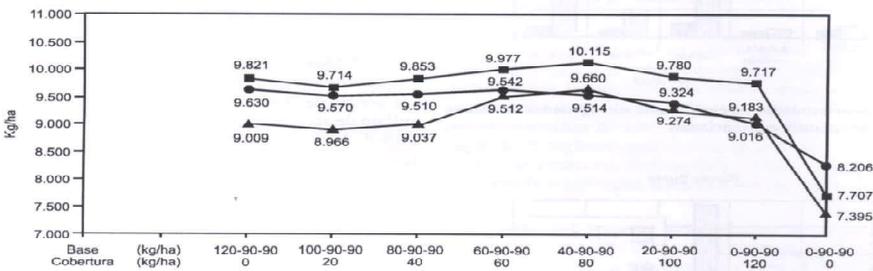


Fig. 4. Eficiência do nitrogênio na adubação de base, simultaneamente à semeadura, e em cobertura na cultura do milho.

Fonte: Yamada & Abdalla (2000).

Sá (1999), hipoteticamente, assegura que a disponibilidade de N-nitrato no solo para a cultura do milho em sucessão à aveia, no SPD, é drasticamente reduzida em razão do aumento da atividade biológica do solo (Figura 5). A aplicação do nitrogênio em cobertura, no estágio de pendramento da planta (estádio V-6), resulta em aumento da disponibilização do N, mas não coincide com a época de maior demanda por parte da cultura (Figura 6). Com a aplicação antecipada, o N fica mais disponível justamente na fase em que é mais requerido pela cultura (Figura 7).

Yamada (2002) adverte que quanto mais rico for o solo em nutrientes e sem barreiras físicas, é de se esperar um sistema radicular maior e mais profundo, fundamental para pronta absorção de nutrientes e alta produtividade das culturas. O suprimento de nutrientes minerais afeta fortemente o crescimento, a morfologia e a distribuição do sistema radicular no substrato ou no perfil do solo. Esse efeito é bastante claro com o N. Nas plantas cultivadas em solo, o efeito do N no aumento da área da superfície radicular é, em geral, mais distinto com o N amoniacal do que com o nítrico (Marschner, 1995).

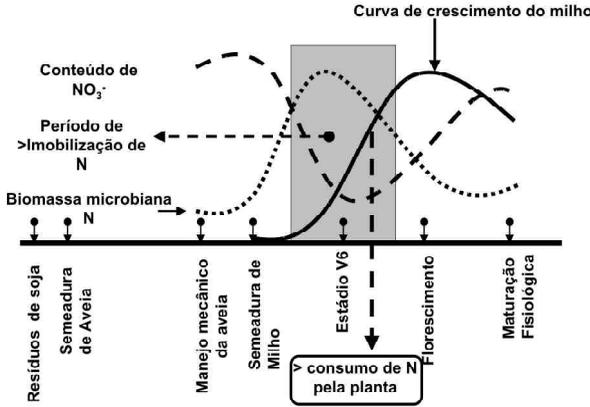


Fig. 5. Alterações do nitrogênio do solo em rotação de culturas.

Fonte: Sá (1999).

Fig. 6. Alterações do nitrogênio do solo em rotação de culturas, em função de sua aplicação em cobertura.

Fonte: Sá (1999).

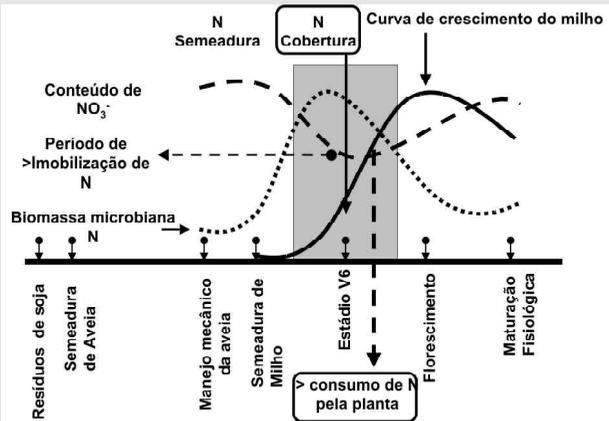
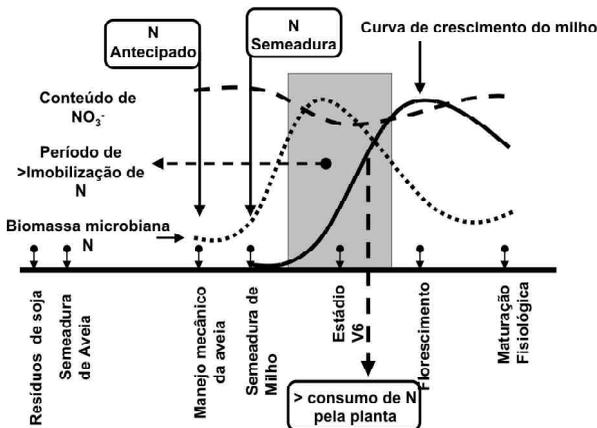


Fig. 7. Alterações do nitrogênio do solo em rotação de culturas, em função de sua antecipação em relação à semeadura do milho.

Fonte: Sá (1999).



Barber (1995) relata que o período de máximo influxo de nutrientes pelas raízes do milho ocorre nos primeiros 20 dias do ciclo da planta.

Na Tabela 3, observa-se que a taxa de absorção de N, aos 30 dias, é sete vezes menor que aos 20 dias, e, aos 50 dias, 20 vezes menor.

Tabela 3. Taxa de absorção de nutrientes pelo milho, em função da idade da planta.

Idade da planta (dia)	N	P	K
	mmol m ⁻¹ raiz dia ⁻¹		
20	226,9	11,3	52,9
30	32,4	0,90	12,4
40	18,5	0,86	8,00
50	11,2	0,66	4,75
60	5,7	0,37	1,63
70	1,2	0,17	0,15
80	0,5	0,08	0,06
90	2,0	0,10	0,37
100	4,2	0,23	0,16

Fonte: Barber (1995).

Basso et al. (1998), ao estudarem o manejo do N

no milho cultivado em sucessão a plantas de cobertura do solo no inverno, no SPD, para avaliar o aumento da disponibilidade de N nos estádios iniciais de desenvolvimento do milho, observaram que o melhor rendimento foi quando se aplicou 60-30-30 kg ha⁻¹ de N, em pré-plantio, plantio e cobertura, respectivamente, totalizando 90% do N total recomendado aplicado até a plantio (Tabela 4).

Tabela 4. Rendimento de grãos de milho, em sucessão a plantas de cobertura do solo no inverno e sob diferentes manejos de nitrogênio.

Manejo do N ¹ (kg ha ⁻¹)			Rendimento do milho (kg ha ⁻¹) com plantas de cobertura do solo no inverno ²			
PSE	SEM	COB	Aveia Preta (AP)	AP+ ervilhaca	Nabo forrageiro	Média
00	00	00	5.616	6.639	6.017	6.091b
00	30	90	6.804	7.122	6.984	6.970b
30	30	60	6.867	6.786	6.767	6.807b
60	30	30	7.756	7.450	7.229	7.478a
90	30	00	7.230	7.567	6.853	7.216ab
Média			6.855A	7.113A	6.770A	-

¹ PSE = pré-plantio; SEM = plantio e COB = cobertura.

² As letras maiúsculas na linha comparam sistema de cultura no inverno para cobertura do solo, e as minúsculas na coluna comparam tratamentos.

CV% = 6,7.

Fonte: Basso et al. (1998).

Yamada (1997) também recomenda a aplicação do nitrogênio por ocasião da plantio do milho safrinha, pois a deficiência hídrica, comum nesse período,

pode ter seu efeito reduzido quando o N é aplicado antecipadamente. Para esse autor, na safrinha, o milho adubado com 80 kg ha^{-1} de N, na forma de uréia, aplicado simultaneamente à semeadura, produz 47% a mais que a testemunha. De acordo com Pimentel (1999), a quantidade de N a ser aplicada no milho safrinha deve ser 100 a 150% maior que aquela usada na safra principal, e essa também deve ser aplicada, por ocasião da semeadura, ou cinco a dez dias após a emergência. Ainda, Yamada (2002) salienta que a aplicação de nitrogênio no milho, em pré-plantio incorporado, aumenta a resistência das plantas ao veranico.

Garcia (2002) mostrou que a alta produtividade do milho, obtida na região pampeana da Argentina, bastante fértil e rica em matéria orgânica, estava correlacionada à alta quantidade de nitrogênio disponível no solo, na forma de N-nitrato, medida até 60 cm de profundidade, por ocasião da semeadura do milho. Esclarece, ainda, que, para se obter rendimento superior a 12 t ha^{-1} , o nitrogênio disponível no solo, por ocasião da semeadura, deveria ser de, pelo menos, 170 kg ha^{-1} (Figura 8).

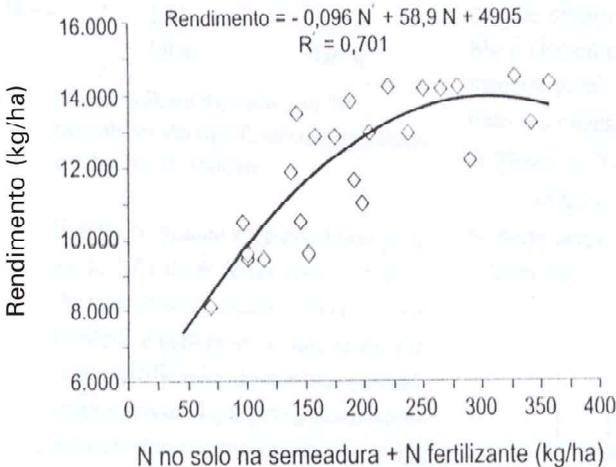


Fig. 8. Rendimento do milho, em função do nitrogênio disponível para a semente (N-nitrato no solo a 0-60 cm, acrescido do N aplicado como fertilizante), em ensaios conduzidos em campo, em 2001/02, em Córdoba e Santa Fé, na Argentina.

Fonte: Garcia (2002).

Para o arroz de terras altas, Stone & Silva (1998) verificaram que a melhor dose de nitrogênio foi de 40 kg ha^{-1} , alertando que, em regiões sujeitas à deficiência hídrica, deve-se proceder ao parcelamento do nitrogênio, sendo 1/3 na

semeadura e 2/3 em cobertura. Não foi verificada diferença entre a aplicação parcelada de 40 e 80 kg de N ha⁻¹ e a aplicação na semeadura (Tabela 5). Ainda, a cobertura nitrogenada só deve ser feita se a lavoura apresentar condições adequadas de desenvolvimento e houver água suficiente no solo para suprir as plantas por, no mínimo, dez dias após o início da floração.

Tabela 5. Número de panículas e produtividade do arroz, em função de doses e parcelamento de nitrogênio. Média de dois anos das cultivares Rio Paranaíba e Maravilha.

<i>Dose e método de N²</i> <i>(kg ha⁻¹)</i>	<i>Panicula¹ m⁻²</i> <i>(N)</i>	<i>Produtividade</i> <i>(kg ha⁻¹)</i>
0	149 b	2.429 b
40 SP	164 a	2.802 a
40 CP1	170 a	2.875 a
40 CP2	161 a	2.613 ab
80 SP	169 a	2.808 a
80 CP1	162 a	2.772 a
80 CP2	161 a	2.758 a
DMS (5%)	10,2	2.88,5

¹ Valores seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, no nível de 5% de probabilidade.

² SP = sem parcelamento; CP1 = 1/3 na semeadura e 2/3 na diferenciação do primórdio floral; CP2 = 1/3 na semeadura e 2/3 na floração.

Fonte: Stone & Silva (1998).

Silva et al. (2002) obtiveram a maior produtividade do feijoeiro cultivado sob palhada picada de milho com 60 kg de N ha⁻¹, aplicados na semeadura e em cobertura, apesar de não diferir estatisticamente de outros tratamentos (Tabela 6). Considerando a palhada inteira, a maior produtividade foi obtida com a aplicação de metade da dose de N na semeadura e metade em cobertura. Isto difere do cultivo convencional, em que geralmente são recomendadas, para o feijoeiro, doses de N que variam de 10 a 30 kg ha⁻¹, na semeadura, e o restante, em cobertura (Embrapa, 1993). A adubação usual da região do Planalto Central é de 350 kg da fórmula 5-30-16 por hectare (17,5 kg de N ha⁻¹), na semeadura, mais 102,5 kg de N ha⁻¹, na forma de sulfato de amônio ou uréia, em cobertura. Ainda segundo esses autores, o atraso no fornecimento de N à planta refletiu-se em baixa produtividade, devido provavelmente à imobilização biológica do N do solo. A produtividade obtida com o tratamento T7, que recebeu parte da adubação nitrogenada 20 dias antes da semeadura do feijão, não diferiu significativamente das obtidas com os tratamentos que apresentaram as maiores produtividades. Isto significa que esse procedimento, aparentemente, foi eficiente na melhoria da disponibilidade do N para as plantas, pois antecipou a imobilização biológica do nitrogênio e sua

disponibilização para quando as plantas o necessitasse. Esses mesmos autores concluíram que, sob SPD após milho, independentemente de a palhada ter sido mantida inteira ou picada, a dose de nitrogênio mais adequada para o feijoeiro é de 60 kg ha⁻¹, aplicada por ocasião da semeadura e em cobertura.

Tabela 6. Produtividade da cultivar de feijão Aporé e seus componentes de rendimento, em função do manejo de nitrogênio sobre a palhada de milho¹.

Doses e épocas de aplicação de N ²	Nº plantas m ⁻²	Nº vagens planta ⁻¹		Nº grãos vagem ⁻¹		Massa de 100 grãos (g)	Produtivid. (kg ha ⁻¹)
		1999	2000	1999	2000		
T1 (0-0-120)	20,8a	9,4bB	13,5a	3,1aB	4,8aA	27,4a	1.658c
T2 (0-17,5-102,5)	19,4a	11,3ab	14,3a	3,6aB	4,7aA	28,0a	2.043abc
T3 (0-40-80)	19,6a	13,5ab	14,8a	2,8aB	4,8aA	28,1a	1.927bc
T4 (0-60-60)	19,5a	13,2ab	13,6a	3,6aB	4,5aA	28,4a	2.162ab
T5 (0-80-40)	18,7ab	13,8ab	13,4a	3,2aB	4,5aA	28,4a	2.035abc
T6 (0-120-0)	15,7b	14,6a	11,6a	3,1aB	5,3aA	28,7a	1.844bc
T7 (40-40-40)	19,5a	12,9ab	11,8a	3,6aB	4,9aA	28,5a	2.105ab
T8 (0-17,5-102,5)	20,0a	12,5ab	13,9a	3,8aA	3,9aA	29,2a	2.181ab
T9 (0-60-60)	19,1a	15,5a	10,2a	3,4aB	3,7aA	28,3a	2.364a
Média	19,1	12,9A	13,0A	3,3B	4,6A	28,3	2.035
T	**	ns	ns	ns	**		
Efeito ³	A	**	ns	**	ns	**	
T x A	ns	**	*	ns	ns		
CV (%)	10,04	22,11	24,55	22,00	15,38	5,71	11,44

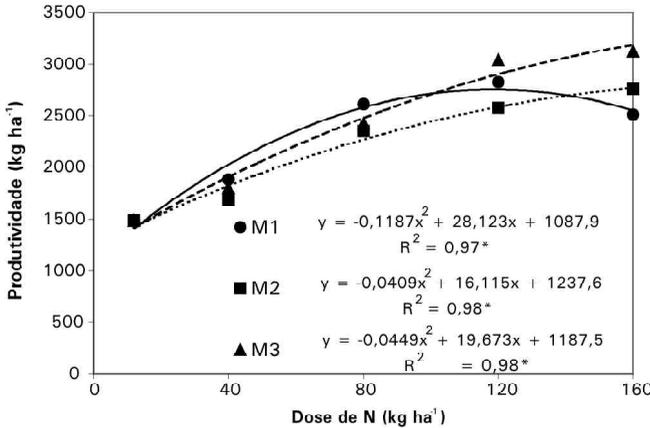
¹ Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, no nível de 5% de probabilidade.

² Os tratamentos correspondem às quantidades de N aplicadas 20 dias antes da semeadura, na semeadura e em cobertura, respectivamente, sendo a palhada do milho picada nos dois últimos tratamentos.

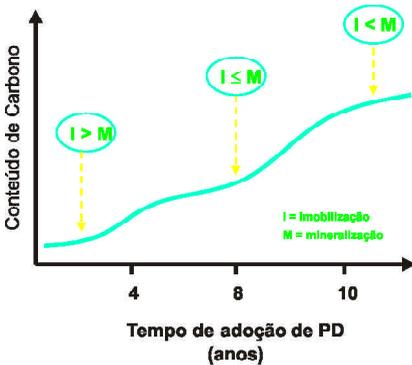
³ ns = não significativo; * = significativo no nível de 5% de probabilidade pelo teste F; e ** = significativo no nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Fonte: Silva et al. (2002).

Para se obterem altas produtividades do arroz de terras altas, em áreas sob pastagem degradada no SPD, Guimarães & Stone (2003) asseguram que a forma mais eficiente de aplicar nitrogênio é com a incorporação de aproximadamente 120 kg ha⁻¹ por ocasião da operação de semeadura. Na Figura 9 são expostos os dados de produtividade do arroz em função de doses e métodos de aplicação de N.



Hipoteticamente, Sá (1999) demonstra que, nos primeiros oito anos de adoção do SPD, a imobilização do nitrogênio é maior que a sua mineralização. A partir deste período, a mineralização passa a ser importante (Figura 10).



Efeito salino dos adubos nitrogenados

À medida que a fertilidade do solo vai melhorando, mediante sucessivas adubações, mais atenção deve ser dada ao equilíbrio nutricional e ao

posicionamento correto dos fertilizantes, sob pena de esses fatores interferirem negativamente até mesmo no rendimento das culturas anuais, seja pela ineficiência de seu uso pelas plantas, seja por possíveis injúrias que possam ocorrer às raízes.

Por outro lado, das partes da planta, as raízes são as menos conhecidas, as menos estudadas e as menos entendidas, pelo fato de não poderem ser vistas e, ainda, pelas dificuldades encontradas para o seu estudo. As raízes têm as importantes missões de absorver e translocar água e nutrientes, sintetizar carboidratos e suportar a planta. De acordo com Miller (1986), essas funções são afetadas por estresses aos quais as raízes podem estar sujeitas, tais como: falta ou excesso de água; deficiência de O_2 ; temperaturas adversas; impedimento físico; presença de elementos tóxicos; ataque de insetos e doenças; e deficiência ou desequilíbrio de nutrientes. Para complementar, Guimarães & Castro (1982) declararam que o desenvolvimento radicular, no que se refere à profundidade e à massa, é também afetado pelo posicionamento do fertilizante no perfil do solo. Na agricultura dependente exclusivamente das chuvas, em particular nas regiões sujeitas a curtos períodos de estresse hídrico, é desejável o desenvolvimento profundo das raízes.

Os fertilizantes minerais, por apresentarem, na sua maioria, efeitos osmóticos e salinos, podem comprometer a germinação e o desenvolvimento das plântulas e raízes, principalmente num ambiente com disponibilidade hídrica deficiente. Knott (1957) foi quem alertou, pela primeira vez, sobre a salinização provocada pelos fertilizantes minerais, principalmente os potássicos e nitrogenados (Tabela 7).

No início da década de 60, Vieira & Gomes (1961) demonstraram que alguns fertilizantes podem

Tabela 7. Efeito salino dos principais fertilizantes e corretivos utilizados para a produção das culturas anuais.

<i>Fertilizante</i>	<i>Índice salino</i>
Nitrato de sódio	100,0
Amônia anidra	47,1
Nitrato de amônio	104,7
Fosfato monoamônico	34,2
Calcário calcítico	4,7
Nitrato de cálcio	52,5
Fosfato diamônico	29,9
Calcário dolomítico	0,8
Cloreto de potássio	116,3
Nitrato de potássio	73,6
Sulfato de potássio	46,1
Superfosfato simples	7,8
Superfosfato triplo	10,1
Uréia	75,4
Sulfato de amônio	69,0

Fonte: Knott (1957).

causar injúrias à germinação de sementes do feijoeiro comum (Tabela 8), enfatizando que o contato direto de sementes com 300 kg ha⁻¹ de superfosfato simples e 140 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio reduziu o estande de plantas em 44% e 58%, respectivamente, e na aplicação da mistura de ambos, a redução foi de 74%.

Tabela 8. Estandes médios, em porcentagem, em ensaio de adubação, em Muriaé, MG, atribuindo-se valor 100 para o tratamento sem adubo.

Dose de superfosfato simples (kg ha ⁻¹)	Dose de cloreto de potássio (kg ha ⁻¹)		
	0	70	140
0	100	65	42
300	56	43	35
600	41	33	26

Fonte: Vieira & Gomes (1961).

Kluthcouski et al. (1982), ao pesquisarem o efeito da mistura N-P-K, verificaram que a alteração na profundidade de adubação para cerca de 6 a 8 cm abaixo das sementes resultou em ganhos significativos no rendimento do feijoeiro comum, em relação à profundidade usual de aplicação do adubo, a qual, na prática, tem sido próxima das sementes.

Para o feijoeiro cultivado no SPD, Kluthcouski (1998) obteve rendimentos significativamente superiores com a adubação a uma maior profundidade (Tabela 9). Neste contexto, aumentos no rendimento de grãos, devidos à incorporação mais profunda do fertilizante, também foram registrados para as culturas do feijão (Thung et al., 1982; Chaib et al., 1984) e do milho (Barber, 1985; Alonço & Ferreira, 1992).

Tabela 9. Efeitos do sistema de plantio e da profundidade de adubação sobre o rendimento da cultivar de feijoeiro Pérola, na Fazenda Três Irmãos, em Santa Helena de Goiás, GO.

Profundidade de adubação (cm)	Sistema de plantio	
	Sistema Plantio Direto	Convencional com aiveca
	Rendimento (kg ha ⁻¹)	
Sem adubo	2.499 a	2.899 a
5	2.629 a	2.520 b
10	2.846 a	3.087 a
Média	2.658	2.835
DMS	376,0	
CV (%)	11,26	
Manejo x profund. Adubação	Ns	

¹ Adubação de 350 kg ha⁻¹ da fórmula 2-20-20, em um Latossolo Roxo de alta fertilidade, cultivado no Sistema Plantio Direto por oito anos, e irrigado por pivô central.

² Condutividade elétrica (CE) de 1,46 dS m⁻¹ e 0,23 dS m⁻¹, medida nos 5 cm em volta das sementes, uma semana após a emergência das plântulas, nos tratamentos adubo a 5 cm no SPD, e sem adubo na aivecagem, respectivamente.

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem, no nível de 0,05 de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Fonte: Kluthcouski (1998).

Silva et al. (2002) verificaram que a aplicação da totalidade do N (80 kg ha^{-1} ou 120 kg ha^{-1}) na mesma linha de semeadura não resultou em altas produtividades de feijão devido à diminuição do número de plantas. Supõe-se que a alta concentração do sal nitrogenado tenha prejudicado a germinação do feijoeiro, visto que Sá (1999) também observou fitotoxicidade em plântulas de milho com a aplicação de doses elevadas de N na semeadura. Já Fernandes et al. (1999), estudando a cultura do milho sob SPD, na região dos Cerrados, demonstraram que o uso de N, no sulco de semeadura, em doses superiores a 40 kg ha^{-1} , prejudica o estande da cultura e, conseqüentemente, diminui a produção de grãos.

Esses resultados sugerem que o nitrogênio deve ser incorporado ao solo antes da semeadura, com equipamento específico para o SPD.

Resultados práticos obtidos com o manejo antecipado do nitrogênio

Feijoeiro cultivado nas várzeas tropicais com subirrigação

A grande maioria das recomendações de adubação nitrogenada para o feijoeiro, por exemplo, refere-se ao cultivo sem irrigação ou irrigado por aspersão em terras altas, sob maiores altitude e latitude, em relação às várzeas tropicais do Estado do Tocantins. Dentre os vários resultados com o efeito positivo da fertilização nitrogenada, destaca-se a resposta do feijoeiro a doses acima de $100 \text{ kg de N ha}^{-1}$, especialmente em sistemas de cultivo de menor risco, como aqueles em que se utiliza a irrigação.

O manejo do N na cultura do feijoeiro nestas várzeas, mais especificamente nos municípios de Lagoa da Confusão e Formoso do Araguaia, em solos classificados como Inceptissolos, tem sido objeto de investigação de vários pesquisadores. Santos et al. (2002), por exemplo, verificaram, em áreas de várzeas no sistema de subirrigação, em Formoso do Araguaia, TO, que os efeitos das doses 0, 40; 80; 120 e $160 \text{ kg de N ha}^{-1}$, em cobertura, seguindo as recomendações convencionais, aos 25 DAE dos feijoeiros, foram lineares, em dois anos, sobre o rendimento do feijão, sendo a produtividade máxima estimada de 2.753 kg ha^{-1} com $175 \text{ kg de N ha}^{-1}$. A adubação na semeadura constituiu-se de $400 \text{ kg do formulado 8-28-16 ha}^{-1}$, o que equivaleu a $32 \text{ kg de N ha}^{-1}$ na

base, e o restante do nitrogênio, em cobertura (Figuras 11 e 12). Em um terceiro experimento, avaliaram-se essas mesmas doses de N incorporadas ao solo aos 20 DAE na cultivar Pérola. A dose de 108 kg ha⁻¹ de N incorporada ao solo proporcionou um rendimento de 2.478 kg ha⁻¹, 90% da produtividade máxima (Figura 13).

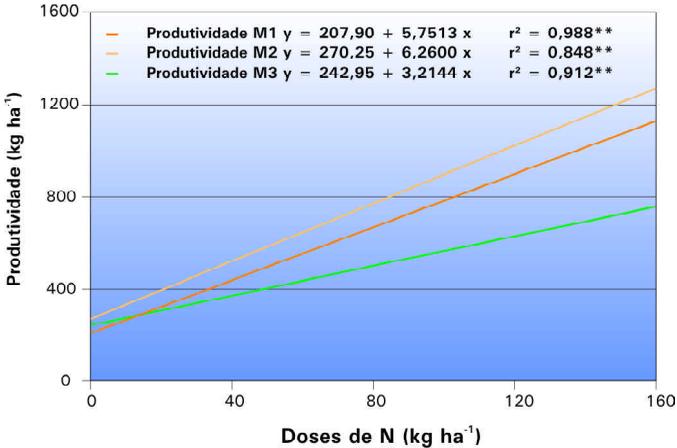


Fig. 11. Efeitos de doses e de métodos de aplicação de nitrogênio sobre a produtividade da cultivar de feijoeiro Rudá, em várzea, em 1998, em que: M₁ = todo N no plantio; M₂ = ½ no plantio + ½ incorporado ao solo aos 25 DAE; M₃ = ½ no plantio + ½ a lanço aos 25 DAE.

Fonte: Santos et al. (2002).

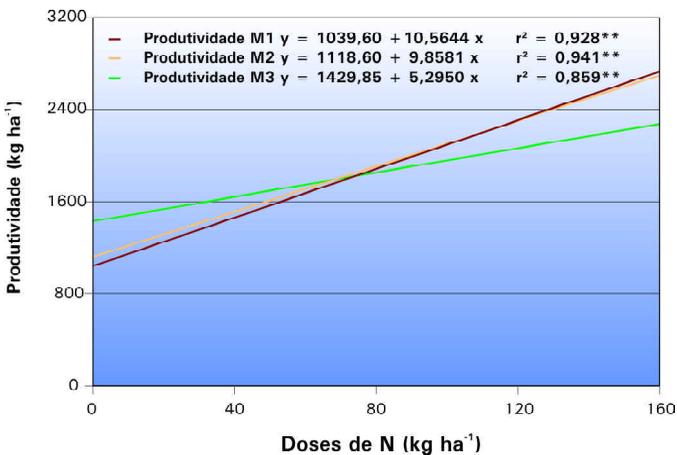


Fig. 12. Efeitos de doses e de métodos de aplicação de nitrogênio sobre a produtividade da cultivar de feijoeiro Rudá, em várzea, em 1999, em que: M₁ = todo N no plantio; M₂ = ½ no plantio + ½ incorporado ao solo aos 25 DAE; M₃ = ½ no plantio + ½ a lanço aos 25 DAE.

Fonte: Santos et al. (2002).

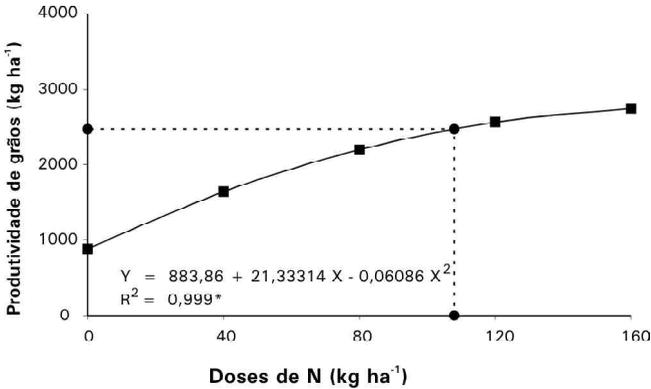


Fig. 13. Produtividade de grãos da cultivar Pérola de feijoeiro em resposta às doses de nitrogênio incorporadas aos 20 DAE, na Cobrape.

Fonte: Santos et al. (2003)

Pode-se inferir que a magnitude em que a imobilização do N mineral afeta a disponibilidade de N para a cultura subsequente depende da relação C/N; portanto, da composição e quantidade de resíduos produzidos pela cultura anterior. Com isto, a elevada exigência de nitrogênio pelo feijoeiro possivelmente se deve ao grande volume de resíduos deixados na superfície do solo pela cultura do arroz irrigado que propicia maior imobilização, pois parte do N é consumida pela população microbiana do solo no processo de decomposição da palhada do arroz. Apesar de não se ter determinado a quantidade de palhada de arroz deixada sobre o solo, pode-se admitir que foi elevada, considerando as altas produtividades obtidas deste cereal nas áreas de várzea.

As várzeas tropicais do município de Lagoa da Confusão constituem um caso bem singular. Possuem solos férteis, com alto teor de matéria orgânica no solo; apresentam produtividade máxima de feijão em torno de 2 t ha⁻¹, resposta linear do feijoeiro até, aproximadamente, 160 kg de N ha⁻¹ e ausência de resposta a macro e micronutrientes. Com tais características, o que se deve fazer?

Em solos com altos teores de matéria orgânica, como os de várzeas do Tocantins, a aplicação do N, exclusivamente em cobertura, pode resultar em maior retardamento na disponibilização deste nutriente para as plantas, bem como dos demais nutrientes que se encontram no complexo orgânico do solo. Isso ocorre porque o N aplicado é, parcial ou totalmente, seqüestrado/absorvido pelos microrganismos do solo para, após algumas semanas, ser novamente liberado para a solução do solo. Esse fato pode comprometer a nutrição das plantas em tempo hábil. Em muitos casos, assume-se, então, que a produtividade das culturas pode estar sendo limitada pela aplicação insuficiente de N por ocasião da semeadura.

A partir de 2002, foram realizados vários trabalhos com N no município de Lagoa da Confusão, TO, cujos solos apresentam as características químicas expostas na Tabela 10.

Tabela 10. Características químicas dos solos de várzeas do município de Lagoa da Confusão, TO, em 2002.

Prof. (cm)	pH água	Ca _____	Mg mmol _c dm ⁻³	Al _____	H+Al _____	P _____	K _____	Cu mg dm ⁻³	Zn _____	Fe _____	Mn _____	M.O g dm ⁻³
0-10	5,8	43,2	11,2	1	90	32,5	145	1,7	4,2	82	16	54
10-20	5,9	42,0	10,7	1	91	30,6	78	1,6	3,5	85	17	50

Em um dos trabalhos conduzidos naquele município, estudou-se a inoculação, duas fontes de N - uréia Petrobras e sulfato de amônio - e três épocas de aplicação do fertilizante nitrogenado - na semeadura, 10 dias após a emergência (DAE) e 20 DAE -, considerando a dose de 90 kg de N ha⁻¹, a qual, na semeadura, foi aplicada de uma só vez, misturada à adubação básica e incorporada mecanicamente na profundidade de 6-8 cm. A uréia Petrobras, aplicada toda na semeadura, apesar de o efeito salino ter diminuído substancialmente o estande, ou aos 10 DAE, propiciou produtividades maiores que a testemunha sem N, e foi mais eficiente que quando aplicada aos 20 DAE. Quando aplicada aos 10 DAE, a uréia Petrobras também foi mais eficiente que o sulfato de amônio. Neste caso, pode-se presumir que, com a aplicação mais antecipada do N, ocorre seu seqüestro pela matéria orgânica, contudo, alguns dias após a decomposição dos resíduos (palhadas da cultura do arroz e plantas daninhas), o N foi novamente disponibilizado para o feijoeiro (Tabela 11). Mesmo utilizando a fonte sulfato de amônio, que pode não ser recomendável para a região devido à reação ácida no solo, o N aplicado antecipadamente, nesse caso, na semeadura, e não mais em cobertura, proporcionou os melhores resultados, em relação às aplicações feitas aos 10 DAE ou 20 DAE.

Já na safra de inverno de 2003, foram conduzidos experimentos para avaliar o efeito da antecipação do N em relação à semeadura do feijoeiro. Foram estudadas doses de N, sob a forma de uréia, distribuídas a lanço, dois dias antes da semeadura, e incorporadas com grade niveladora, combinadas com a incorporação ou não de nitrogênio em cobertura. Em razão de a gleba nunca ter tido a acidez corrigida (Tabela 12) e ter ficado em pousio por vários anos, e, ainda, pelo método de incorporação com grade, os rendimentos de grãos obtidos

foram relativamente baixos. Assume-se que, mesmo em pousio por vários anos, não ocorreu a acumulação suficiente de N no solo (geralmente, via matéria orgânica). É também provável que tenha ocorrido deficiências de outros nutrientes essenciais, neste caso, fósforo, cálcio, magnésio e potássio. Contudo, observa-se, na Figura 14, o efeito crescente das doses de N, até 225 kg ha⁻¹, no rendimento de grãos da cultivar de feijão Valente. As maiores doses de N modificaram a arquitetura dessa cultivar, propiciando um crescimento exuberante em detrimento da produção de grão, elevando a produção de massa vegetativa e acamando os feijoeiros, devido provavelmente ao desequilíbrio nutricional. O grande volume de massa verde proveniente das plantas daninhas, incorporada superficialmente imediatamente antes de semeadura do feijão, pode ter sido responsável pela grande imobilização de N que o tornou limitante para o feijoeiro. A resposta apreciável à adubação com N em cobertura, aplicada aos 10 DAE dos feijoeiros, até a dose de 225 kg de N ha⁻¹, incorporada antes da semeadura do feijão, mostra esta carência de N na área.

Tabela 11. Manejo de nitrogênio na cultura do feijão, cv. Valente, em Lagoa da Confusão, TO, em 2002*.

Fonte e época de aplicação de nitrogênio ¹	População final (mil pl. ha ⁻¹)	Vagem (n° planta ⁻¹)	Semente (n° vagem ⁻¹)	Massa de 100 sem (g)	Produção (kg ha ⁻¹)
Testemunha, sem N	250	6,1 a	4,7 a	21,3 b	1.672 cd
Uréia Petrobras, no plantio	151	17,3 a	4,7 a	20,4 b	2.165 ab
Sulfato de amônio, no plantio	265	8,7 a	4,3 a	22,1 ab	1.987 abc
Uréia Petrobras, 10 DAE	223	26,5 a	3,7 a	22,4 ab	2.433 a
Sulfato de amônio, 10 DAE	170	10,4 a	3,7 a	20,6 b	1.510 d
Uréia Petrobras, 20 DAE	137	8,9 a	3,5 a	26,0 a	1.687 cd
Sulfato de amônio, 20 DAE	176	9,3 a	4,6 a	23,2 ab	1.573 cd
Inoculação	220	8,1 a	4,9 a	21,5 ab	1.752 bcd
CV%	-	81,9	23,4	8,9	10,8
DMS	-	23,2	2,4	4,7	475,4

* Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem no nível de 0,01 de probabilidade, pelo teste de Tukey.

¹ Nitrogênio aplicado na dose de 90 kg ha⁻¹.

Tabela 12. Características químicas dos solos de várzeas do município de Lagoa da Confusão, TO, em 2003.

Prof. (cm)	pH água	Ca	Mg	Al	H+Al	P	K	Cu	Zn	Fe	Mn	M.O
		mmol _c dm ⁻³						mg dm ⁻³				g dm ⁻³
0-20	4,5	14,4	4,7	12	99	3,9	48	0,7	1,2	26	4	27

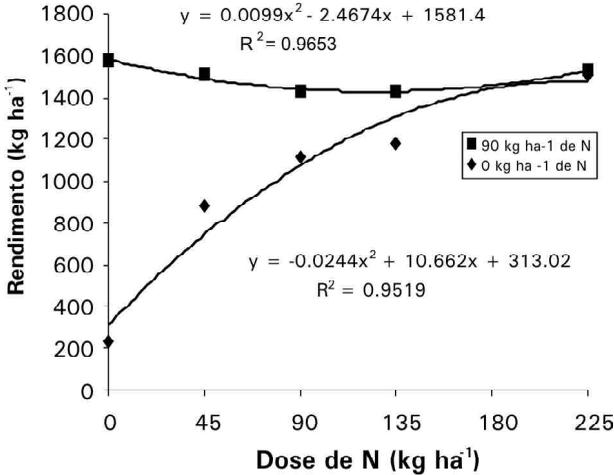


Fig. 14. Rendimento da cultivar de feijoeiro comum, cv. Valente, em várzea tropical com subirrigação, em função de doses de nitrogênio, aplicadas a lanço antes da semeadura, na presença ou não de nitrogênio em cobertura, 0 e 90 kg ha⁻¹, incorporada aos 10 DAE, em Lagoa da Confusão, TO, 2003.

Paralelamente àquele mesmo período, avaliou-se o efeito da antecipação do N em área adequadamente corrigida (Tabela 13), anteriormente ocupada com arroz, por vários anos, e feijão de inverno, por duas safras consecutivas, na entressafra. Neste caso, o N, sob a forma de uréia, foi incorporado ao solo com equipamento apropriado, em linhas, na profundidade aproximada de 8 cm. Não houve efeito da cobertura nitrogenada aos 10 DAE, em relação ao tratamento que recebeu apenas 12 kg de N ha⁻¹ na adubação de base (Tabela 14). Em contrapartida, a aplicação antecipada do N, imediatamente antes da semeadura, promoveu aumento significativo no rendimento da cultivar de feijão Carioca Precoce.

Tabela 13. Características químicas dos solos de várzeas do município de Lagoa da Confusão, TO, em 2003.

Prof. (cm)	pH água	Ca	Mg	Al	H+Al	P	K	Cu	Zn	Fe	Mn	M.O
		mmol	mmol	dm ⁻³		mg	mg	dm ⁻³				g
0-20	5,3	36,0	10,0	5	138	41,9	145	1,8	6,4	8	10	40

Tabela 14. Efeito da época da adubação nitrogenada sobre o rendimento da cultivar de feijão Carioca Precoce, em várzea tropical com subirrigação, na Lagoa da Confusão, TO, em 2003.

Tratamento ¹	Rendimento (kg ha ⁻¹)
Sem nitrogênio antecipado	1.857b
Com nitrogênio antecipado ²	2.996a
Nitrogênio em cobertura aos 10 DAE ³	1.696b

¹ Todas as parcelas foram adubadas com 300 kg ha⁻¹ de O4-24-12.

² Aplicação de 90 kg ha⁻¹ de N, na forma de uréia, imediatamente antes da semeadura.

³ Aplicação de 90 kg ha⁻¹ de N aos 10 DAE do feijão.

Nas mesmas condições de solo, comparou-se o efeito da aplicação antecipada de N combinada com diferentes fontes de fertilizante, observando-se respostas similares (Tabela 15). Independentemente do fertilizante aplicado, a antecipação do N resultou em um aumento médio de 66% no rendimento de grãos da cultivar de feijão Carioca Precoce. O efeito da antecipação do N no tratamento em que não foi aplicado nenhum macro ou micronutriente demonstra a importância do nitrogênio no cultivo do feijoeiro, nas condições de várzeas, o que comprova que esse é o nutriente mais limitante na fase inicial de desenvolvimento da cultura.

Tabela 15. Efeito de fontes de fertilizantes e da antecipação ou não da aplicação do nitrogênio sobre o rendimento do feijão, cv. Carioca Precoce, em várzea tropical com subirrigação, em Lagoa da Confusão, TO, em 2003.

Fertilizante ¹	Rendimento (kg ha ⁻¹)		Média
	Sem N antecipado	Com N antecipado ²	
Sem adubo	954	2.321	1.638c
04-24-12	1.857	2.996	2.427a
Escória ³	1.505	2.872	2.189b
N3Yoorin S2 ⁴	2.311	2.830	2.571a
Média	1.657	2.755	-
DMS = 171,5			
CV = 11,4%			

¹ Aplicação de 400 kg ha⁻¹.

² Aplicação de 90 kg de N ha⁻¹, na forma de uréia, imediatamente antes da semeadura.

³ Resíduo de siderurgia contendo, principalmente, silício, cálcio e magnésio.

⁴ Fertilizante contendo micronutrientes.

Posteriormente, com a cultivar de feijoeiro comum Carioca, também em um Inceptisolo parcialmente corrigido (Tabela 16), foram estudadas doses antecipadas de N (0, 45, 90 e 135 kg ha⁻¹), combinadas com três épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura (0, 10 e 25 DAE), à razão de 45 kg de N ha⁻¹, sob a forma de uréia. As doses de N foram incorporadas ao solo, no sentido transversal ao alinhamento da semeadura, com adubadora apropriada, a 8 cm de profundidade, com kites de adubação espaçados de 54 cm, imediatamente antes da semeadura. Assim, para se evitar o efeito salino da uréia, a incorporação de N e a semeadura do feijão foram feitas em operações distintas.

Tabela 16. Características químicas dos solos do município de Lagoa da Confusão, TO, em 2004.

Prof. (cm)	pH água	Ca	Mg	Al	H+Al	P	K	Cu	Zn	Fe	Mn	M.O
		mmol _c dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	g dm ⁻³					
0-10	5,8	43,2	11,2	1	90	32,5	145	1,7	4,2	82	16	54
10-20	5,9	42,0	10,7	1	91	30,6	78	1,6	3,5	85	17	50

A dose de 90 kg de N ha⁻¹ foi a mais eficiente, proporcionando os maiores rendimentos ao feijoeiro. A incorporação do nitrogênio imediatamente antes da semeadura, sem o uso da complementação em cobertura, elevou o teto da produtividade para níveis superiores a 3 t ha⁻¹ (Figura15).

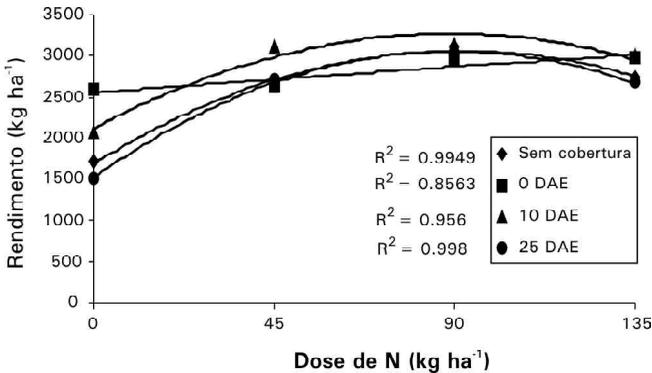


Fig. 15. Efeitos de doses de nitrogênio, incorporado imediatamente antes da semeadura, e de épocas de cobertura de nitrogênio sobre o rendimento da cultivar de feijão Carioca, em Lagoa da Confusão, TO, em 2004.

Na Figura 16 estão expostos os dados sobre o comportamento médio das cultivares e linhagens (ETA corresponde a uma mistura de linhagens de feijão preto precoce) testadas, em relação às doses de N incorporadas imediatamente antes da semeadura. A dose de 90 kg de N ha⁻¹, em pré-semeadura, foi também a mais eficiente para todas as cultivares e linhagem avaliadas, destacando-se a cultivar Carioca.

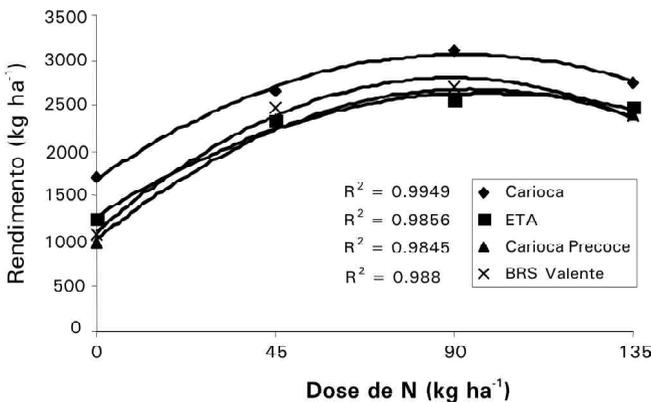


Fig.16. Efeitos de doses de nitrogênio, aplicadas imediatamente antes da semeadura, sobre a produtividade de cultivares e linhagens de feijão, em várzea tropical, na Lagoa da Confusão, TO, em 2004.

Em um outro trabalho, também realizado em Lagoa da Confusão, TO, foi avaliado o comportamento da cultivar de feijão Carioca em relação a diferentes doses de P_2O_5 (0, 30 e 80 $kg\ ha^{-1}$), provenientes, respectivamente, de 0, 150 e 400 $kg\ ha^{-1}$ da formulação 0-20-10, combinadas com doses de nitrogênio (0, 45, 90 e 135 $kg\ ha^{-1}$), proveniente da uréia Petrobras, aplicadas imediatamente antes da semeadura. As produtividades não diferiram entre si quando foram utilizados 30 kg ou 80 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 (Tabela 17), ou seja, as mesmas produtividades obtidas com 150 kg ou 400 kg do formulado ha^{-1} . Nesse caso, também as produtividades médias dos feijoeiros não diferiram entre si, nas doses de 45 e 90 kg de $N\ ha^{-1}$, em pré-semeadura incorporada. Houve interação entre N e P_2O_5 ; portanto, do ponto de vista econômico, a combinação das doses de 45 kg de $N\ ha^{-1}$ e 30 kg de $P_2O_5\ ha^{-1}$ deve ser a melhor alternativa para as condições de fertilidade do solo na referida gleba. Os resultados obtidos até então sugerem que os produtores poderão fazer substancial economia na adubação, sem perdas na produtividade, utilizando-se do manejo adequado do nitrogênio e da

fertilidade residual dos solos de várzeas, após sucessivos cultivos de arroz. Em sua maioria, os solos de várzea do Vale do Araguaia, cultivados por alguns anos com arroz, são de boa fertilidade e ricos em matéria orgânica e não respondem a adubações mais pesadas ou a doses maiores de fósforo.

Tabela 17. Efeitos de doses de fósforo e de nitrogênio, aplicados antes da semeadura, sobre a produtividade da cultivar de feijão Carioca, em Lagoa da Confusão, TO, em 2004.

Dose de N ($kg\ ha^{-1}$)	Dose de P_2O_5 ($kg\ ha^{-1}$)			Média
	0	30	80	
	Produtividade ($kg\ ha^{-1}$)			
0	2.105	1.870	1.707	1.894 c
45	2.630	3.048	2.660	2.779 a
90	2.563	2.804	3.116	2.828 a
135	2.280	2.562	2.742	2.528 b
Média	2.394 b	2.571 a	2.556 a	-
CV %	15,5			
DMS	124,3			

Ressalta-se que, devido à exuberância de crescimento dos feijoeiros naquele ambiente, é sempre problemática a entrada de máquinas na lavoura, resultando em sérios danos às plantas, a partir, aproximadamente, de 10 DAE.

Com a possibilidade de se fazer a adubação nitrogenada por ocasião da semeadura, abriu-se a perspectiva de redução do espaçamento entre fileiras de plantas, o que resultaria em diminuição do número de tratos culturais na lavoura

de feijoeiro, bem como do uso de herbicidas pós-emergentes. Assim, procurou-se avaliar também o efeito da antecipação do nitrogênio, combinado com a redução do espaçamento entre linhas, mantendo-se a mesma densidade de semeadura nas linhas e adubação por planta.

Os resultados obtidos, apresentados na Figura 17, atestam que, nas condições de várzea com subirrigação, é possível produzir feijão utilizando-se espaçamentos menores.

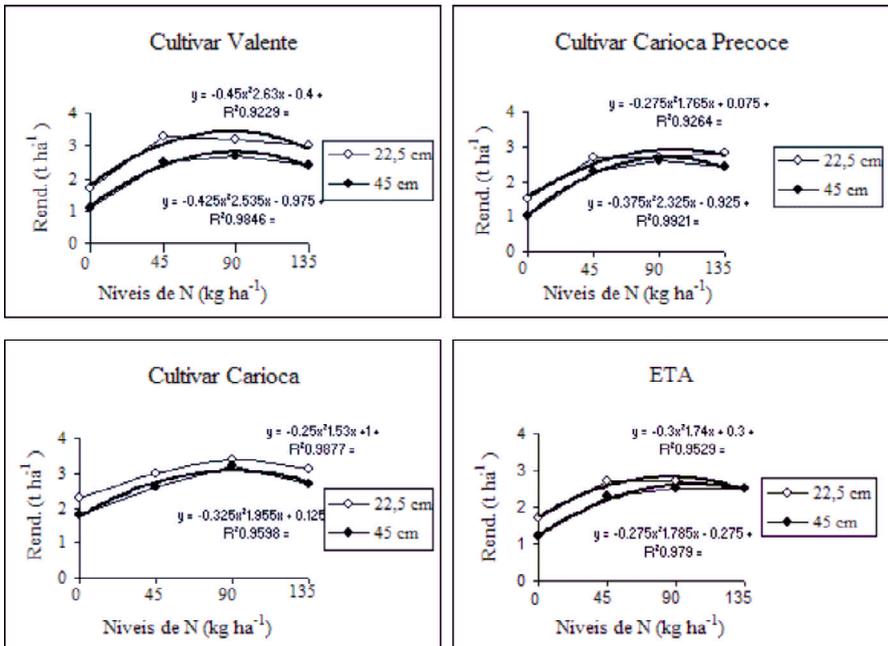


Fig.17. Efeito do espaçamento e da antecipação do nitrogênio sobre o rendimento de cultivares de feijão, em várzea tropical com subirrigação, em Lagoa da Confusão, TO, em 2004.

Feijoeiro cultivado em terras altas sob irrigação por aspersão

Em Santa Helena de Goiás, GO, em um Latossolo Roxo de alta fertilidade (Tabela 18), mantido sob SPD por mais de duas décadas, foram conduzidos vários experimentos sobre o manejo do nitrogênio no SPD, tendo como cobertura morta a palhada de braquiária (*Brachiaria brizantha*).

Tabela 18. Características químicas dos solos do município de Santa Helena de Goiás, GO, em 2004.

Prof. (cm)	pH água	Ca	Mg	Al	H+Al	P	K	Cu	Zn	Fe	Mn	M.O
		mmol _c dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	g dm ⁻³					
0-20	5,1	32	10,2	1,5	60	43	70	2,8	2,1	12	7,2	33

Os dados apresentados na Tabela 19 evidenciam que, em áreas sob longo período em SPD, o aporte de nitrogênio do solo é bastante representativo, podendo obter-se produtividades de quase 3 t de feijão ha⁻¹ apenas com a aplicação de 13 kg de N mineral ha⁻¹, proveniente dos 150 kg ha⁻¹ de fosfato monoamônico, aplicado simultaneamente à semeadura. Contudo, a aplicação antecipada do N resultou em aumento significativo da produção de feijão até a dose de 90 kg de N ha⁻¹, sendo mais expressivo até 45 kg. Verificou-se também que, na ausência de N antecipado, a aplicação da mesma dosagem, em cobertura imediatamente após a emergência das plantas, ou seja, 0 DAE, resultou em ganho de rendimento similar, comparado à antecipação de sua aplicação. Isto demonstra que o feijoeiro, no período inicial de desenvolvimento, necessita de uma dose maior de N que aquela que é rotineiramente aplicada. Entretanto, para a obtenção de produtividades superiores a 4,2 t ha⁻¹, nas condições de terras altas, faz-se necessário complementar o nitrogênio em cobertura, podendo este ser aplicado, preferencialmente, nos primeiros 10 DAE.

Tabela 19. Efeitos de métodos e épocas de aplicação de nitrogênio sobre o rendimento da cultivar de feijão Pérola, em Santa Helena de Goiás, GO.

Tratamento ¹	Rendimento (kg ha ⁻¹)					Rendimento médio (kg ha ⁻¹)
	Nitrogênio antecipado ²					
	0	45	45 + 60 ³	90	135	
Sem cobert.	2.894	3.995	4.075	3.952	3.861	3.755c
0 DAE	4.001	4.189	4.220	4.473	4.132	4.203b
10 DAE	3.315	4.162	5.077	5.455	4.924	4.527a
20 DAE	3.540	3.705	3.821	4.232	4.193	3.898c
30 DAE ¹	3.515	4.123	4.093	4.499	4.268	4.100b
Média ⁴	3.453d	4.035c	4.257b	4.462a	4.275ab	-
CV(%)	7,9					
DMS	204,9					

¹ 45 kg de N ha⁻¹, na forma de uréia.² Nitrogênio aplicado um dia antes da semeadura, em linhas, na profundidade de 6 cm, tendo a uréia Petrobras como fonte.³ Refere-se a 60 kg de K₂O ha⁻¹, além da adubação nitrogenada.⁴ Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem no nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

A prática de adubação em cobertura, além de onerar o custo de produção, pode provocar danos à cultura devido ao trânsito do maquinário agrícola. Pelos resultados apresentados na Tabela 20, pode-se observar redução no estande inicial da cultura em todos os tratamentos que receberam N incorporado em cobertura. A aplicação do N a lanço foi feita manualmente. Verifica-se também que o incremento do N resulta em aumento no número de vagens por planta e, conseqüentemente, em aumento do rendimento. Também na condição de solo com alta fertilidade, podem-se obter produtividades acima de 4 t ha⁻¹, com complemento de N em cobertura, entre 10 e 20 DAE do feijoeiro.

Tabela 20. Efeito de métodos e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura sobre o rendimento da cultivar de feijão Pérola, em Santa Helena de Goiás, GO¹.

<i>Tratamento</i> ²	<i>Estande</i> <i>(plantas 10 m²)</i>	<i>Vagem</i> <i>planta⁻¹</i>	<i>Rendimento</i> <i>(kg ha⁻¹)</i>
Sem cobertura	179,7b	16,3c	3.755c
0 DAE	151,5c	17,1c	4.203b
10 DAE	150,1c	18,4bc	4.527a
20 DAE	143,3c	19,1ab	3.898c
20 DAE ³	192,8a	18,0bc	4.495a
30 DAE	150,1c	21,2a	4.100b
DMS	10,2	2,3	199,1
CV (%)	10,0	20,0	21,4

¹ Todos os valores representam média das aplicações de todos os níveis de antecipação de nitrogênio. Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem no nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

² Dose de 45 kg de N ha⁻¹, na forma de uréia.

³ Nitrogênio aplicado manualmente a lanço.

Resultados com a mesma tendência foram também obtidos em solo de boa fertilidade e teor de matéria orgânica de 2,9%, em Cristalina, GO, onde, sem cobertura nitrogenada e sob palhada de braquiária, a aplicação antecipada de 90 kg de N ha⁻¹ proporcionou maior produtividade, não diferindo significativamente, entretanto, da dose de 30 kg de N ha⁻¹ (Tabela 21). Isso evidencia que a demanda de N-mineral pelo feijoeiro é reduzida em áreas mantidas sob SPD, por médio ou longo tempo, e em palhada de braquiária.

Tabela 21. Produtividade média do feijoeiro, cv. Pérola, em função do manejo da adubação nitrogenada, em palhada de braquiária, no Sistema Plantio Direto. Cristalina, GO, 2005.

Época da cobertura (45 kg de N ha ⁻¹) ¹	N antecipado (kg ha ⁻¹) ²				Média ²
	0	30	60	90	
Sem Cobertura	2.953 C b	3.519 AB a	3.317 BC ab	3.758 A a	3.387 A
Cob. 10 DAE	3.483 A a	3.507 A a	3.232 A b	3.513 A a	3.434 A
Cob. 15 DAE	3.167 A ab	3.425 A a	3.416 A ab	3.468 A a	3.369 A
Cob. 30 DAE	3.000 C b	3.257 BC a	3.653 A a	3.586 AB a	3.374 A
Média ²	3.151 b	3.427 a	3.404 a	3.581 a	
C. V. (%)	7,6				

¹ Adubação de base: 250 kg da fórmula 5-37-00 ha⁻¹ e 60 kg de K₂O ha⁻¹, na forma de KCl aplicado a lanço.

² Produtividades médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical, em cada coluna, e maiúscula na horizontal, em cada linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. ² Médias das produtividades médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na horizontal e maiúsculas na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Na safra de inverno de 2005, em condições de solo semelhantes àquelas detalhadas na Tabela 19, em área cujo precedente cultural foi o milho forrageiro, verificou-se uma redução média acentuada no rendimento do feijoeiro (Tabela 22), devido, muito provavelmente, à ausência de palhada e do efeito positivo da pastagem como cultura antecessora. Entretanto, houve efeito significativo da antecipação e da cobertura nitrogenada.

Tabela 22. Efeito da aplicação antecipada e em cobertura de nitrogênio sobre a produtividade do feijoeiro, cv. Pérola, após silagem de milho, no Sistema Plantio Direto. Santa Helena de Goiás, GO. 2005.

Cobertura ¹	Dose de nitrogênio (kg ha ⁻¹)					Média
	0	30	60	90	120	
Com	2.291aC	2.580aBC	2.356bC	3.239aA	3.174aA	2.728a
Sem	1.888bD	2.302bC	2.507aBC	2.735bB	2.523bBC	2.391b
Média	2.090C	2.441B	2.431B	2.987A	2.849A	-
CV (%)	11					

¹ Cobertura com 45 kg ha⁻¹ de N, aos 10 DAE

Médias seguidas por letras minúsculas não diferem entre as linhas e, seguidas por maiúsculas, quanto ao nível de N. Teste DMS a 5% de significância.

Em condições de média fertilidade, baixo teor de matéria orgânica e, principalmente, em solo com elevado teor de areia (Tabela 23), no manejo convencional do solo, a antecipação do nitrogênio também propiciou aumentos significativos no rendimento de várias cultivares de feijão até a dose de 90 kg ha⁻¹ (Tabela 24), indicando que as perdas de nitrogênio podem não ter sido expressivas nas condições químicas, físicas e de manejo desse solo.

Tabela 23. Características químicas e texturais do solo de Brejinho de Nazaré, TO. 2005.

Prof. (cm)	pH água	Ca	Mg	Al	H+Al	P	K	Cu	Zn	Fe	Mn	SB	Areia	Silte	Argila	M.O.
		mol _c dm ⁻³				mgm dm ⁻³					%					
0-20	5,9	1,8	0,7	0	1,6	9,6	22	0,2	1,3	79	4,1	61	69	11	20	0,7

Tabela 24. Efeito da aplicação antecipada de nitrogênio sobre a produtividade de doze cultivares de feijão. Brejinho de Nazaré, TO. 2005.

Cultivar	Nível de Nitrogênio (kg ha ⁻¹) ¹					Média ²
	0	30	60	90	120	
Requite	1.091	1.101	1.564	2.763	2.593	1.822de
Pérola	783	1.205	2.021	2.393	2.196	1.719ef
Pontal	1.400	1.471	2.277	2.442	2.804	2.079bc
Princesa	1.204	1.432	2.245	2.449	2.663	1.999bc
Carioca	1.608	1.617	2.260	2.759	2.531	2.155 ab
C. Pitoco	1.676	1.710	2.377	2.752	3.081	2.319 a
Jalo	1.021	1.339	1.590	2.045	2.230	1.645f
Radiante	1.107	1.459	1.973	2.538	2.604	1.936cd
Valente	934	1.353	1.933	2.663	2.724	1.922cd
D. Negro	1.221	1.635	2.284	2.612	2.861	2.123 b
Grafite	1.296	1.376	2.040	2.972	2.689	2.075bc
Rudá	1.586	1.962	2.499	2.878	2.599	2.305a
Média	1.244D	1.472C	2.089B	2.605A	2.631A	
CV(%)	14					

¹Nitrogênio na forma de uréia, aplicada imediatamente antes do plantio. Adubação de base com 200 kg ha⁻¹ de 04-18-08 + micronutrientes

²Médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre si quanto ao nível de N, e minúsculas quanto às cultivares, ao nível 5% pelo teste de Duncan.

Solos sob cultivo contínuo, principalmente no SPD, tendem, ao longo do tempo, a acumular nutrientes no perfil explorado pelas raízes (Tabela 18), tornando menos frequente a resposta à adubação com outros macro e micronutrientes. Note-se, na Tabela 25, que, nas condições do estudo, a aplicação de fósforo não resultou em aumento do rendimento do feijoeiro comum.

Tabela 25. Efeito de doses de nitrogênio antecipado e de níveis de fósforo sobre o rendimento da cultivar de feijão Pérola, em Santa Helena de Goiás, GO.

N antecipado ¹ (kg ha ⁻¹)	Rendimento médio (kg ha ⁻¹)		Rendimento médio (kg ha ⁻¹) ²
	P ₂ O ₅		
	0	75	
0	2.894	3.288	3.091b
45	3.995	3.778	3.886a
45 + 60 ³	4.075	3.893	3.964a
90	3.952	3.964	3.958a
135	3.861	3.976	3.918a
Média	3.755	3.780	-
DMS	277,3		
CV(%)	6,7		

¹ N aplicado um dia antes da semeadura, em linhas, na profundidade de 6 cm, tendo a uréia Petrobras como fonte.

² Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem no nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

³Além do N, foi adicionado 60 kg ha⁻¹ de K₂O.

Em um outro estudo, com o objetivo de avaliar os efeitos da ausência absoluta de nitrogênio mineral, caso do superfosfato simples, fez-se a comparação da antecipação do N e de duas fontes de fósforo. A resposta do feijoeiro ao incremento do N antecipado foi similar à dos demais ensaios, principalmente quando se aplicou superfosfato simples (Tabela 26). Na presença de fosfato monoamônico (MAP), houve efeito mais pronunciado da antecipação de N, quando associado a 60 kg de K_2O ha^{-1} . O melhor efeito do superfosfato simples, no que se refere à curva de resposta, pode estar relacionado ao suprimento de enxofre.

Tabela 26. Efeitos de duas fontes de fertilizante e da aplicação antecipada de nitrogênio sobre o rendimento da cultivar de feijão Pérola, em Santa Helena de Goiás, GO.

N antecipado ¹ (kg ha^{-1})	Rendimento do feijão (kg ha^{-1})		
	MAP	Superfosfato Simples	Média ²
0	2.894	3.436	3.165c
45	3.995	3.530	3.763b
45 + 60 ³	4.075	3.825	3.950b
90	3.952	4.483	4.218a
135	3.861	3.826	3.843b
DMS		229,2	
CV (%)		5,9	

¹ Nitrogênio aplicado um dia antes da semeadura, em linhas, na profundidade de 6 cm, tendo a uréia Petrobras como fonte.

² Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem no nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

³ Além do N, foi adicionado 60 kg ha^{-1} de K_2O .

Para avaliar o efeito da omissão de herbicidas pós-emergentes no feijoeiro, conduziu-se um outro experimento em Santa Helena de Goiás, GO. Apesar de a palhada, em nível de campo, ter suprimido as plantas daninhas, houve um pequeno ganho na produção de grãos devido à aplicação de herbicidas (Tabela 27). Neste caso, pode-se assumir que os herbicidas podem ter tido uma ação reguladora de crescimento, já que, nas condições deste trabalho, com solo de alta fertilidade, as plantas têm crescimento vegetativo exuberante. Qualquer redução na massa foliar pode resultar em melhor produção de grãos. Quanto à antecipação do N, houve resposta significativa até a dose de 90 kg de N ha^{-1} . Todos os componentes do rendimento foram afetados pela suposta carência de N no estágio inicial de desenvolvimento do feijoeiro.

Solos sob cultivos contínuos, na intensidade de duas a três colheitas por ano agrícola, sob irrigação por aspersão, possuem, via de regra, alta infestação de plantas daninhas e fungos patogênicos com origem no solo. Pode-se presumir, com base na literatura (Costa & Rava, 2003), que a palhada de braquiária, como cultivo antecessor e como palhada de cobertura, ajuda no controle destes estresses bióticos nocivos ao feijoeiro.

Tabela 27. Efeito da antecipação do nitrogênio e de herbicida pós-emergente sobre o rendimento e componentes do feijoeiro, cv. Pérola, em Santa Helena de Goiás, GO.

N ¹ (kg ha ⁻¹)	Herbicida														
	Cm						Sem						Médias		
	Estande (n°10m ⁻²)	Vagem planta ⁻¹	Girões vagem ⁻¹	Massa 100 (g)	Rend. (kg ha ⁻¹)	Estande (10m ²)	Vagem planta ⁻¹	Girões Vagem ⁻¹	Massa 100 (g)	Rend. (kg ha ⁻¹)	Estande (n°10m ⁻²)	Vagem planta ⁻¹	Girões vagem ⁻¹	Massa 100 (g)	Rend. (kg ha ⁻¹)
0	213	13,5	4,2	23,0	3.302	184	14,0	4,0	22,6	2.894	198a	13,8b	4,2b	22,1b	3.093d
45	203	14,6	5,3	23,8	3.672	197	16,9	4,8	25,3	3.995	200a	15,7ab	5,1a	24,5ab	3.834b
40 + 60 ³	206	15,8	4,8	25,5	3.959	180	17,7	5,3	25,6	4.075	193a	16,7ab	5,7a	25,5a	4.017ab
90	209	16,1	5,3	27,3	4.280	175	16,2	4,2	25,0	3.952	192ab	16,2ab	4,8ab	26,1e	4.116e
135	199	19,2	4,7	24,6	4.063	162	16,5	4,6	24,3	3.861	181b	17,9a	-	24,4ab	3.962ab
Média	206	15,9	4,9	24,8	3.855	180	16,3	4,6	24,5	3.755	-	-	-	-	-
CV (%)											6,1	18,8	18,3	7,8	6,1
DMS											12,2	3,1	0,89	2,0	242,4

¹ Nitrogênio aplicado um dia antes da semeadura, em linhas, na profundidade de 6 cm, tendo a uréia Petrobras como fonte.

² Flex e fuzilade.

³ Além do N, foi adicionado 60 kg ha⁻¹ de K₂O.

No que diz respeito ao tratamento de sementes, observou-se que, apesar da redução no estande médio de plantas, em razão do tratamento, a produtividade foi superior quando as sementes não receberam nenhum tratamento (Tabela 28). Este fato pode ser explicado pelo efeito da braquiária como depuradora do solo ou como supressora, física ou alelopática, do desenvolvimento de fungos com origem no solo.

O sistema de sulcagem com botinha para a incorporação de fertilizantes tem sido indicado e preferencial no SPD, graças a sua capacidade de descompactar a camada superficial do solo e de incorporar o adubo de forma mais profunda e homogênea. A braquiária, por sua vez, tem-se destacado pela capacidade de produção de maior volume de raízes até maiores profundidades, estruturação e elevação da matéria orgânica do solo. Quando se comparou o efeito do sulcador com botinha, em área sob SPD e com cobertura morta de braquiária, com o do sulcador tipo disco de corte liso, não se observou diferença (Tabela 29). O efeito da antecipação do N também proporcionou efeito significativo na produção de grãos de feijão.

Tabela 28. Efeito da antecipação do nitrogênio e do tratamento de sementes sobre o rendimento e componentes do feijoeiro, cv. Pérola, em Santa Helena de Goiás-GO.

N ¹ (kg ha ⁻¹)	Tratamento de sementes ²						Média		
	Com			Sem			Estande (n° 10m ²)	Vagem planta ⁻¹	Rend. (kg ha ⁻¹)
	Estande (n° 10m ²)	Vagem planta ⁻¹	Rend. (kg ha ⁻¹)	Estande (n° 10m ²)	Vagem planta ⁻¹	Rend. (kg ha ⁻¹)			
0	193	15,9	2.674	202	16,8	3.617	198 ^a	16,4a	3.145d
45	199	18,1	3.225	185	17,6	3.794	192ab	17,8a	3.509c
45 + 60	212	16,5	3.659	198	18,0	4.037	205 ^a	17,3a	3.848b
90	199	19,1	4.110	181	18,7	4.523	190ab	18,9a	4.316a
135	190	17,7	3.725	171	19,6	4.419	181b	18,7a	4.072ab
Média	198	17,5	3.478	188	18,1	4.078	-	-	-
CV (%)							8,4	14,2	8,5
DMS							16,9	2,6	333,5

¹ Nitrogênio aplicado um dia antes da semeadura, em linhas, na profundidade de 6 cm, tendo a uréia Petrobras como fonte.

² Vitavax + thiram.

³ Além do N, foi adicionado 60 kg ha⁻¹ de K₂O.

Tabela 29. Efeito da antecipação do nitrogênio e de mecanismos sulcadores sobre o rendimento e componentes do feijoeiro, cv. Pérola, em Santa Helena de Goiás-GO.

Doses de N ¹ (kg ha ⁻¹)	Sulcadores						Média		
	Disco de corte liso + botinhas			Disco de corte liso + duplo desencontrado			Rend. (10m ²)	Estande planta ⁻¹	Vagem (kg ha ⁻¹)
	Estande (n° 10m ²)	Vagem planta ⁻¹	Rend. (kg ha ⁻¹)	Estande (10m ²)	Vagem planta ⁻¹	Rend. (kg ha ⁻¹)			
0	207	14,3	3.173	193	15,9	2.674	200a	15,1b	2.923e
45	210	16,1	3.280	199	18,1	3.225	204a	17,1b	3.252d
45 + 60 ²	164	17,6	3.242	212	16,5	3.659	188a	17,1b	3.451c
90	198	21,1	3.596	199	19,1	4.109	199a	20,1a	3.853a
135	199	22,1	3.826	190	17,5	3.725	195a	19,9a	3.776b
Média	196	18,3	3.423	198	17,5	3.479			
CV (%)							10,0	13,5	9,2
DMS							20,4	2,5	10,4

¹ Nitrogênio aplicado um dia antes da semeadura, em linhas, na profundidade de 6 cm, tendo a uréia Petrobras como fonte.

² Além do N, foi adicionado 60 kg ha⁻¹ de K₂O.

Em trabalho conduzido em Unaí, MG, também se obteve resposta à antecipação do N, porém em menor intensidade. A aplicação em cobertura foi significativa apenas quando o N foi aplicado imediatamente após a emergência do feijoeiro (Tabela 30). Neste estudo, o uso do clorofilômetro indicou não ser necessária a aplicação de N, evidenciando que, nas áreas sob longo período no SPD, a mineralização do N é maior que a imobilização.

Tabela 30. Efeito da antecipação do nitrogênio e de sua aplicação em cobertura sobre o rendimento do feijoeiro, cv. Pérola¹, sob palhada de braquiária, em Unai, MG, em 2005.

Época / kg de N ha ⁻¹ , em cobertura ²	Nitrogênio antecipado (kg ha ⁻¹) ³					Média
	0	22,5	45	90	135	
Sem cobertura	1.974	1.958	2.191	2.048	2.217	2.077
0 DAE / 45	2.132	2.501	2.343	2.303	2.333	2.322
0 DAE / 90	2.056	2.226	2.209	2.188	2.299	2.196
15 DAE / 45	2.031	2.172	2.206	2.093	2.222	2.145
15 DAE / 90	1.586	2.043	2.363	2.357	2.302	2.130
30 DAE / 45	1.869	2.058	2.099	2.022	2.327	2.075
30 DAE / 90	1.580	2.406	2.258	2.476	2.528	2.250
Clorofilômetro ⁴	2.354	2.170	2.018	2.308	2.235	2.217
Média	1.948	2.192	2.211	2.224	2.308	2.217
DMS tratamento	91,35					
DMS nitrogênio	72,22					
CV%	6,69					

¹ Alta incidência de ácaro e mancha angular.

² Tendo a uréia Petrobras como fonte.

³ Médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem quanto ao nitrogênio, na horizontal, e quanto ao tratamento, na vertical. A mesma letra minúscula não difere entre si pelo teste de Duncan, no nível de 5% de probabilidade.

⁴ Não acusou deficiência de nitrogênio; portanto, não se aplicou cobertura nitrogenada.

Arroz de terras altas

Tanto nas várzeas como em terras altas, os efeitos da antecipação na aplicação do N parecem proporcionar resultados positivos também para outras culturas. Com a cultura do arroz de terras altas, por exemplo, em trabalho desenvolvido em Santo Antônio de Goiás, GO, quando foram avaliados quatro manejos do solo combinados com quatro épocas de aplicação de nitrogênio, em solo sob pastagem degradada de baixa fertilidade (Tabela 31), foi evidenciado que a aplicação antecipada do N é mais eficiente que o método tradicional, em cobertura, sobre o rendimento de grãos deste cereal (Tabela 32)

Tabela 31. Características químicas dos solos de Santo Antônio de Goiás, GO, 2004.

Prof. (cm)	pH água	Ca	Mg	Al	H+Al	P	K	Cu	Zn	Fe	Mn	M.O
		mmol _c dm ⁻³					mg dm ⁻³					g dm ⁻³
0-10	5,7	27,9	6,4	1	58	0,8	69	1,7	0,6	88	34	16
10-20	5,7	26,1	6,2	1	50	0,6	44	1,6	0,6	79	29	16
20-40	6,2	24,3	9,4	0	44	0,3	26	1,5	0,4	60	23	10

Tabela 32. Efeito do manejo do solo e da aplicação antecipada do nitrogênio sobre o rendimento da cultivar de arroz de terras altas Primavera, em área de pastagem degradada.

Manejo do solo	Rendimento (kg ha ⁻¹) ¹				
	SNS	SNS+CO	CNS	CNS+CO	Média
GA ²	1.246Ba	1.633Bab	1.783Bbc	2.492Aa	1.789b
SPD	1.240Aa	1.366Ab	1.661Ac	1.664Ab	1.482c
SPD+ESC	1.545Ba	2.192Aa	2.282Ab	2.582Aa	2.394a
GA+Al	1.552Ca	2.120Ba	2.953Aa	2.952Aa	2.550a
Média	1.396d	1.828c	2.170b	2.421a	
DMS Manejo	472				
DMS N	437				
CV (%)	16				

¹ SNS = sem nitrogênio antes da semeadura; CNS= com nitrogênio antes da semeadura (45 kg de N ha⁻¹); CO = cobertura com 45 kg de N ha⁻¹.

²GA= grade aradora; SPD= Sistema Plantio Direto; ESC= escarificado; Al= arado de aiveca.

Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na horizontal, e minúscula, na vertical, exceto para as médias, não diferem entre si pelo teste de Tukey, no nível de 5% de probabilidade.

Resultados semelhantes foram, também, obtidos quando se avaliaram 12 cultivares e linhagens de arroz de terras altas, sob SPD, em área de pastagem degradada (Tabela 33).

No Médio Norte do Mato Grosso, onde as chuvas geralmente somam mais de 2.500 mm ao ano e predominam solos com alto teor de matéria orgânica, podem ser obtidos altos rendimentos de arroz de terras altas, principalmente após o desmatamento ou na recuperação de pastagens degradadas. Nota-se, na Tabela 34 que, mesmo sob condições adversas para o N, no que se refere a excesso de chuvas e textura arenosa do solo, houve efeito significativo da sua aplicação antecipada na produtividade do arroz, cujos melhores rendimentos, acima de 4,6 t ha⁻¹, foram obtidos com a aplicação antecipada de 45 kg ou 90 kg de N ha⁻¹ no manejo do solo com grade aradora.

Tabela 33. Desempenho de diferentes cultivares/linhagens de arroz de terras altas, no SPD, em área de pastagem degradada, em função de diferentes épocas de aplicação do nitrogênio.

Cultivar	Rendimento (kg ha ⁻¹)			
	Época de aplicação do N ¹			
	NAS	NAS + C	SN	SN + C
BRS Curinga	1.451a	1.325a	540a	1.171b
BRS Talento 2	1.419a	1.416a	308a	405a
BRA 01658	1.953b	1.842b	813b	111b
BRS Colosso	1.592a	2.024b	786b	1.068b
BRA 01506	2.739c	2.571c	1.079b	1.224b
BRA 01578	2.021b	2.062b	719b	667a
BRA 01537	2.430c	2.145c	1.232a	1.434a
Guarani	2.469c	1.580a	550a	955b
BRS Soberana	1.645a	1.941b	514a	807a
Caiapó	1.629a	1.879b	238a	857b
Aimoré	1.822b	2.285c	791b	1.002b
Primavera	1.967a	1.056a	589a	558a
Média				

¹ NAS = nitrogênio antes da semeadura; SN = sem nitrogênio antes da semeadura; e C = cobertura. Em cada operação utilizaram-se 100 kg de uréia Petrobras ha⁻¹.

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott Knott, no nível de 5% de probabilidade.

Tabela 34. Efeito da antecipação do nitrogênio e de sua aplicação em cobertura sobre o rendimento da cultivar de arroz de terras altas BRS Curinga, após pastagem, na Fazenda Santana, em Sinop, MT, em 2005.

Tratamento ¹	Rendimento do arroz (kg ha ⁻¹)			Rendimento médio (kg ha ⁻¹)
	N antecipado (kg ha ⁻¹)			
	0	45	90	
Cobertura 0 DAE ¹	4.670a ²	4.772a	4.945b	4.796B
Cobertura 15 DAE	4.429ab	5.122a	5.439a	4.997A
Cobertura 30 DAE	4.248b	4.711a	4.633b	4.531C
Sem cobertura	3.761c	4.869a	4.901b	4.510C
Média	4.277B	4.869A	4.980A	
DMS N	153			
DMS manejo	177			
CV(%)	5.5			

¹ Cobertura com 45 kg ha⁻¹ de N, tendo a uréia Petrobras como fonte.

² Médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem quanto as médias. Mesmas letras minúsculas não diferem entre si quanto aos níveis de N antecipado. Teste de Duncan, no nível de 5% de probabilidade.

Na Tabela 35 observa-se que, além do efeito expressivo da antecipação da adubação com N, não houve efeito dos preparos profundos do solo, aiveca e escarificação, feitos normalmente nas regiões de média pluviosidade e fundamentais para se obter maior produção deste cereal.

Tabela 35. Efeito da antecipação do nitrogênio e do manejo do solo sobre o rendimento da cultivar de arroz de terras altas BRS Curinga, após pastagem, na Fazenda Santana, em Sinop, MT, em 2005.

Tratamento ¹	Rendimento do arroz (kg ha ⁻¹)			Média (kg ha ⁻¹)
	N antecipado (kg ha ⁻¹)			
	0	45	90	
Grade/SPD ²	4.429ab	5.122a	5.439a	4.997A
Escarificação ³	4.755a	4.479b	4.662b	4.632B
Aeromix ⁴	4.279b	4.728b	4.629b	4.550B
Aiveca ⁵	3.561bc ⁶	4.681b	4.621b	4.288C
Média	4.256B	4.753A	4.838A	
DMS N	65			
DMS manejo	230			
CV (%)	6.9			

¹ Cultivar/manejo do solo: todos com cobertura de 45 kg de uréia Petrobras ha⁻¹ aos 15 DAE.

² Grade aradora três meses antes da semeadura.

³ Escarificação profunda com Matabroto.

⁴ Escarificação superficial com Aeromix.

⁵ Aração com arado de aiveca seguida de nivelamento.

⁶ Médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem quanto ao nitrogênio, na horizontal, e quanto ao tratamento, na vertical. Mesmas letras minúsculas não diferem entre si quanto ao nível de n antecipado. Teste de Duncan, no nível de 5% de probabilidade.

Em região de média pluviosidade, como em Santa Helena de Goiás, GO, verificou-se também efeito positivo da antecipação do N. Neste caso, contudo, há registro de deficiência hídrica acentuada a partir da emissão das panículas, o que, sem dúvida, reduziu o efeito desta prática. No experimento com a cultivar Aimoré, o efeito mais expressivo da antecipação foi para a dose de 45 kg de N ha⁻¹ (Tabela 36). Já no caso da cultivar Primavera foram registrados, em geral, rendimentos crescentes até a dose de 90 kg de N ha⁻¹ (Tabela 37). Nas duas cultivares houve efeito significativo da escarificação profunda do solo, provavelmente em razão da deficiência hídrica.

Tabela 36. Efeito de doses de N antecipado e de manejos do solo no rendimento da cultivar de arroz de terras altas Aimoré, na Fazenda Santa Fé, em Santa Helena de Goiás, GO, em 2005.

N antecipado ¹ (kg ha ⁻¹)	Rendimento (kg ha ⁻¹)			Média (kg ha ⁻¹)
	Manejo do solo ²			
	SPD	Aeromix ³	Matabroto ⁴	
0	1.399b ⁵	2.340a	2.847a	2.195B
45	2.727a	2.201a	3.096a	2.674A
90	1.612b	1.383b	3.000a	1.998B
135	2.856a	2.489a	2.518a	2.621A
Média	2.148B	2.103B	2.865A	2.372
CV	16.9%			

¹ Tendo a uréia Petrobras como fonte.

² Semeadura: 17/11/2004. Colheita: 1/3/2005. Chuvas no período: 778,2 mm, com veranico entre 4 e 26/2/2005, cujas chuvas somaram 4,8 mm neste período.

³ Escarificação superficial com facas.

⁴ Escarificação profunda com hastes distanciadas em 1,2 m.

⁵ Médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem quanto ao manejo, na horizontal, e quanto ao nitrogênio antecipado na vertical. Letras minúsculas não diferem quanto ao nível de N antecipado. Teste de Duncan, no nível de 5% de probabilidade.

Tabela 37. Efeito de doses de N antecipado e de manejos do solo no rendimento da cultivar de arroz de terras altas Primavera, na Fazenda Santa Fé, em Santa Helena de Goiás, GO, em 2005.

N antecipado ¹ (kg ha ⁻¹)	Rendimento (kg ha ⁻¹)			Média (kg ha ⁻¹)
	Manejo do solo ²			
	SPD	Aeromix ³	Matabroto ⁴	
0	1.168b ⁵	1.365b	2.062a	1.532B
45	1.813b	1.478b	2.174a	1.821AB
90	1.872ab	1.562b	2.343a	1.925A
135	1.965a	1.757a	1.982a	1.901A
Média	1.704B	1.540B	2.140A	1.795
CV (%)	18.1			

¹ Tendo a uréia Petrobras como fonte, incorporada a cerca de 7 cm de profundidade.

² Semeadura: 17/11/2004. Colheita: 1/3/2005. Chuvas no período: 778,2 mm, com veranico entre 4 e 26/2/2005, cujas chuvas somaram 4,8 mm neste período.

³ Escarificação superficial com facas.

⁴ Escarificação profunda com hastes distanciadas em 1,2 m.

⁵ Médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem quanto ao manejo, na horizontal, e quanto ao nitrogênio antecipado, na vertical. Mesmas letras minúsculas não diferem quanto ao N antecipado. Teste de Duncan, no nível de 5% de probabilidade.

Nas condições de várzeas tropicais, normalmente ricas em matéria orgânica, periodicamente renovada a partir da cultura de arroz no verão, pode-se esperar alta deficiência de N. Assim, neste ambiente, mais especificamente nas várzeas de Lagoa da Confusão, TO, o efeito das doses de N antecipado foi ainda mais pronunciado na altura das plantas, no número de panículas e, conseqüentemente, no rendimento de grãos (Figura 18).

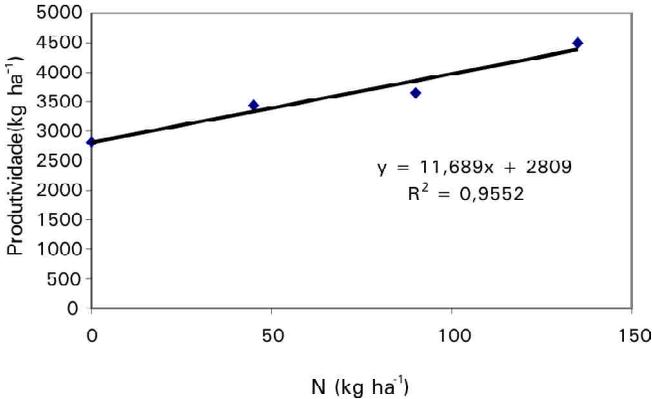


Fig 18. Rendimento da cultivar de arroz de terras altas Aimoré, em função de doses de N, nas várzeas tropicais da Lagoa da Confusão, TO, em 2004.

A análise de benefício/custo de dois ensaios conduzidos no Mato Grosso mostrou que a prática de antecipação do N na cultura do arroz de terras altas resulta em ganhos econômicos expressivos (Tabela 38). Dependendo da cultivar utilizada, para cada kg de N aplicado à cultura, o retorno varia de 17% até 193%.

Tabela 38. Análise econômica da prática de antecipação do nitrogênio em duas cultivares de arroz de terras altas: Primavera, após pastagem, na Fazenda Santana; e BRS Curinga, após soja, na Fazenda Alto da Glória, em Sinop, MT, 2005*.

N antecipado (R\$)	Produtividade (sc ha ⁻¹)	Diferença (R\$)	Receita (kg ha ⁻¹)	Custo ² (sc ha ⁻¹) ¹	Ganho (R\$)	Taxa de retorno (%)
cv. Primavera						
0	70,8	-	-	-	-	-
45	78,6	7,8	171,60	110,00	61,60	56
90	82,6	11,8	259,00	220,00	39,00	17
cv. BRS Curinga						
0	71,8	-	-	-	-	-
45	91,5	19,7	433,00	110,00	323,00	193
90	90,3	18,5	407,00	220,00	187,00	85

* Dados não publicados, coletados por Tarcísio Cobucci e Flávio Wruck, pesquisadores da Embrapa Arroz e Feijão.

¹ Inclui 45 kg de N ha⁻¹, em cobertura.

² Tendo a uréia Petrobras como fonte, incorporada a 8 cm de profundidade.

Milho

Espelhando-se no caso do arroz, é de se esperar que outras gramíneas produzam melhor com maior oferta de N nos primeiro estádios de desenvolvimento, principalmente no SPD. Assim, foram estudados os efeitos da antecipação de N,

nas condições de várzeas tropicais, na cultura do milho, com subirrigação. Vale lembrar que essas várzeas estão localizadas em região de baixas latitude e altitude, fatores esses, geralmente, limitantes à obtenção de altas produtividades. Não obstante esse fato, houve efeito significativo da aplicação antecipada do N e de seu parcelamento incorporado ao solo, em cobertura (Tabela 39); contudo, quando não se fez a aplicação antecipada de N, a cobertura teve efeito irrisório no aumento da produtividade de grãos.

Tabela 39. Rendimento do milho, em função da aplicação antecipada do nitrogênio e de épocas de aplicação do nitrogênio em cobertura, em Lagoa da Confusão, TO, em 2004.

Doses de N ¹ (kg ha ⁻¹)	Épocas de aplicação de N em cobertura ²				Rendimento médio (kg ha ⁻¹)
	Rendimento do milho (kg ha ⁻¹)				
	Sem cobertura	0 DAE	10 DAE	25 DAE	
0	1.455	2.676	2.703	3.072	2.476c
45	2.834	3.928	4.174	5.283	4.055b
90	3.845	4.830	5.779	5.763	5.054a
135	3.713	5.680	4.931	5.900	5.056a
Média	2.962c	4.278b	4.397b	5.010a	-
CV (%)		17,6			
DMS		525,3			

¹ Tendo a uréia Petrobras como fonte.

² Aplicando-se 45 kg de N ha⁻¹ em cobertura.

Em áreas de terras há muitos anos sob SPD, como é o caso de Santa Helena de Goiás, GO, não são esperados efeitos expressivos da adubação nitrogenada, pois, ao longo dos anos no SPD, a imobilização do N passa a ser menor, dando lugar à mineralização deste nutriente. Neste contexto, observa-se que, independentemente do manejo do solo, a prática exclusiva da antecipação da adubação nitrogenada não altera a produtividade do milho em área com mais de 20 anos sob SPD (Tabelas 40 e 41). Também não foram verificadas grandes variações na aplicação do nitrogênio em cobertura, isoladamente ou como complemento da quantidade antecipada.

Já para a produção de silagem, nas mesmas condições de solo e tempo de cultivo em SPD, a antecipação do nitrogênio resultou no acréscimo expressivo na acumulação de biomassa até a dose de 90 kg de N ha⁻¹ (Tabela 42). Nesse caso, verificou-se também o efeito benéfico da escarificação profunda do solo.

Tabela 40. Efeito do manejo de solo e do nitrogênio sobre a produtividade da cultivar de milho DKB 466, na Fazenda Santa Fé, em Santa Helena de Goiás, GO, 2005.

Aplicação de nitrogênio ¹	Produtividade do milho (kg ha ⁻¹)			Média (kg ha ⁻¹)
	Manejo do solo			
	SPD	Aeromix ²	Matabroto ³	
ON ⁴ + ON ⁴	9.232Ba	9.828bA	8.332aA	9.131
45N + ON	9.565bA ⁵	10.611bA	9.837bA	10.005
90N + ON	9.196bA	10.031bA	9.876bA	9.701
135N + ON	9.571bA	10.012bA	10.327bA	9.970
ON + 45N/ODAE	7.484aA	8.823aB	9.665bB	8.658
45N + 45N/ODAE	9.601bA	8.389aB	7.736aB	8.576
90N + 45N/ODAE	9.315bA	9.683bA	9.248bA	9.415
135N + 45N/ODAE	9.780bA	9.995bA	9.464bA	9.746
ON + 45N/10DAE	8.075aA	9.436bA	8.612aA	8.708
45N + 45N/10DAE	9.797bA	9.761bA	8.778aA	9.445
90N + 45N/10DAE	10.910bA	10.648bA	10.133bA	10.564
135N + 45N/10DAE	8.571aA	8.718aA	10.345bB	9.211
ON + 45N/20DAE	9.154bA	8.419aA	8.298aB	8.624
45N + 45N/20DAE	8.253aA	9.460bA	8.265aA	8.660
90N + 45N/20DAE	9.502bA	9.232aA	11.350bB	10.028
135N + 45N/20DAE	10.127bB	8.321aA	9.564bB	9.338
Média	9.258	9.460	9.365	

¹ Tendo a uréia Petrobras como fonte, incorporada a 8 cm de profundidade.

² Escarificação superficial com facas.

³ Escarificação profunda com hastes distanciadas em 1,2 m.

⁴ N antecipado e em cobertura.

⁵ Médias seguidas de letras diferentes, minúscula na coluna e maiúscula na linha, são diferentes pelo teste de média Scott & Knott, a 5% de probabilidade.

Tabela 41. Efeito do manejo do nitrogênio sobre a produtividade da cultivar de milho DKB 466, na Fazenda Santa Fé, em Santa Helena de Goiás, GO, 2005.

N antecipado (kg ha ⁻¹) ⁻¹	Produtividade do milho (kg ha ⁻¹)				Média
	Rendimento do milho				
	Sem cobertura	0 DAE	10 DAE	20 DAE	
0	9.131bc ³	8.657c	8.708c	8.624c	8.780C
45	10.005ab	8.576c	9.445bc	8.659c	9.171BC
90	9.701ab	9.416bc	10.564a	10.028ab	9.927A
135	9.970ab	9.747ab	9.211bc	9.338bc	9.567AB
Média	9.701A	9.099B	9.482AB	9.162B	
CV (%)	10.8				

¹ Tendo a uréia Petrobras como fonte, incorporada a cerca de 8 cm de profundidade.

² 45 kg de N ha⁻¹ em cobertura.

³ Médias seguidas de letras diferentes, minúsculas nas colunas e maiúsculas para as médias, são diferentes pelo teste de média Duncan, a 5% de probabilidade.

Tabela 42. Efeito da aplicação antecipada do nitrogênio sobre o rendimento forrageiro da cultivar de milho DKB 466, na Fazenda Santa Fé, em Santa Helena de Goiás, GO, em 2005.

<i>N</i> antecipado (kg ha ⁻¹) ¹	<i>Produtividade do milho (kg ha⁻¹)</i>			<i>Média</i> (kg ha ⁻¹) ⁻⁴
	<i>Manejo do solo</i>			
	<i>SPD</i>	<i>SPD + Aeromix</i> ²	<i>SPD + Mataboto</i> ³	
0	36.406	37.552	38.229	37.396b
45	36.302	43.125	41.771	40.399b
90	39.792	47.083	59.688	48.854a
135	38.229	45.313	47.083	43.542ab
Média	37.682	43.268	46.693	42.548
DMS	6.859			
CV (%)	19.24			

¹ Tendo a uréia Petrobras como fonte.

² Escarificação superficial com facas

³ Escarificação profunda com hastes distanciadas em 1,2 m.

⁴ Médias seguidas de letras iguais não diferem quanto ao nível de nitrogênio pelo teste de DMS (Diferença mínima significativa), a 5% de significância.

Também em Santa Helena de Goiás, GO, comparou-se o efeito de vários manejos nas culturas do milho e sorgo forrageiros, com ênfase na antecipação da adubação nitrogenada e pareamento de fileiras. Na Tabela 43 pode-se observar que o milho respondeu significativamente à antecipação do nitrogênio e ao arranjo espacial das plantas, pelo pareamento de fileiras, enquanto no caso do sorgo ficou evidenciada a superioridade do SPD, da maior densidade de semeadura, da cobertura nitrogenada e do pareamento das fileiras.

Sorgo

Em estudos desenvolvidos na Embrapa Arroz e Feijão com a cultura do sorgo granífero, foram avaliados quatro métodos de manejo do solo, combinados com e sem a aplicação antecipada de nitrogênio, em solo sob pastagem degradada, de baixa fertilidade (Tabela 31). Também para esta espécie, a prática da aplicação antecipada do N foi eficiente no aumento do rendimento de grãos, quaisquer que fossem os métodos de manejo do solo (Tabela 44).

Tabela 43. Efeitos dos manejos do solo, do nitrogênio, da densidade de semeadura e do espaçamento do milho, cv. Pioneer 30F90, e do sorgo, cv. AG 1F305, com irrigação por aspersão, sobre os seus rendimentos forrageiros, em Santa Helena de Goiás, GO, em 2005.

Manejo	Variável	Milho (kg ha ⁻¹) ¹	Sorgo (kg ha ⁻¹) ¹
Manejo do solo	Sistema Plantio Direto	51.924ns	46.899a
	Escarificação com Matabroto	52.783ns	42.646b
N antecipado	Sem N	49.404b	44.946ns
	60 kg de N ha ⁻¹ (uréia Petrobras)	55.303a	44.600ns
N cobertura ³	Sem	51.455ns	41.699b
	45 kg de N ha ⁻¹ (uréia Petrobras)	52.285ns	45.381a
Densidade	8 (14) ² plantas m ⁻¹	53.252ns	47.846a
	4 (7) plantas m ⁻¹	51.455ns	41.699b
Espaçamento	80 cm entre linhas	45.127b	42.554b
	Fileiras pareadas de 30 x 50 cm	59.580a	46.992a
CV (%)	-	10,8	9,4

¹Aducação com 150 kg ha⁻¹ de MAP. Semeadura em 12/2/2005 e colheita em 11/5/2005. As médias foram comparadas dentro de cada manejo. Os valores médios de cada manejo refletem a média dos demais tratamentos.

² Entre parênteses, a densidade do sorgo.

³ Cobertura com nitrogênio apenas na menor densidade de semeadura. Para milho e sorgo: CV (%) = 10,3 e 10,7, respectivamente.

Tabela 44. Rendimento do sorgo, em função de diferentes manejos do solo e da aplicação antecipada do nitrogênio, em Santo Antônio de Goiás, GO.

Preparo do solo	Rendimento do sorgo (kg ha ⁻¹)		
	Com N ¹	Sem N	Média
Grade aradora (GA)	3.506	3.275	3.390
GA + aiveca	4.096	2.755	3.425
Sistema Plantio Direto (SPD)	4.087	3.075	3.581
SPD + escarificação	4.163	2.689	3.516
Média	3.963	2.948	-

¹ Aplicando-se 45 kg de N ha⁻¹, na forma de uréia, imediatamente antes da semeadura.

Soja

Nos estádios iniciais de desenvolvimento, a cultura da soja pode apresentar deficiência de N, devido à insuficiência de nodulação. Isto pode ocorrer: (1) em áreas sob pastagens degradadas, pela inexistência de *Bradyrhizobium* residual no solo; (2) em cultivo de primeiro ano em solos arenosos, principalmente se aliado ao tratamento de sementes com fungicidas; e (3) nas várzeas tropicais, devido ao ciclo

de inundação da área e ao alto teor de matéria orgânica, resultando na imobilização quase total do nitrogênio pelo complexo orgânico do solo. Com o objetivo de estudar esse problema, foi conduzido um experimento em área sob pastagem degradada, cujos resultados evidenciam que, nessas condições, pode ser necessário aplicar pequenas doses de nitrogênio para promover um melhor desenvolvimento inicial das plantas. Na Tabela 45 pode-se observar que, apesar do ataque intenso de ferrugem asiática na fase de enchimento de grãos, mesmo em se tratando de solo em fase inicial de correção, tanto o SPD quanto a antecipação de 45 kg de N ha⁻¹ foram eficientes no aumento de rendimento de grãos.

Tabela 45. Rendimento da soja, em função de diferentes manejos do solo e da aplicação antecipada do nitrogênio, em área de pastagem degradada, em Santo Antônio de Goiás, GO, em 2004¹.

Preparo do solo	Rendimento da soja (kg ha ⁻¹)	
	Sem N antecipado ²	Com N antecipado
Grade aradora (GA)	771	832
GA + aiveca	936	1050
Sistema Plantio Direto (SPD)	1103	1233
SPD + escarificação	1053	1338
Média	941	1113

¹ Ocorrência de ataque severo de ferrugem asiática durante o período de enchimento de grãos.

² Aplicando-se 45 kg de N ha⁻¹, na forma de uréia, imediatamente antes da semeadura.

Na condição de solo com alto teor de matéria orgânica, em torno 5,0%, como no caso das várzeas tropicais, entretanto, observou-se efeito significativo, tanto da antecipação do N como de sua aplicação em cobertura, apesar de as sementes terem sido inoculadas com quatro vezes a dose recomendada de inoculante turfoso (Tabela 46). Cabe mencionar, contudo, que este incremento pode não ser economicamente viável. Isto indica que, no manejo convencional do

Tabela 46. Rendimento da soja, em função da aplicação antecipada do nitrogênio e de diferentes épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura, em várzea tropical, no município de Lagoa da Confusão, TO, em 2004.

N (kg ha ⁻¹) ¹	Rendimento da soja (kg ha ⁻¹)			Rendimento médio (kg ha ⁻¹)
	Sem cobertura	10 DAE	25 DAE	
0	2.778	4.084	3.879	3.580b
45	2.663	4.381	4.133	3.726b
90	3.559	4.531	4.236	4.109a
135	3.929	4.349	4.298	4.192a
Média	3.232c	4.336a	4.136b	-
CV (%)	14,5			
DMS	178,4			

¹ Uréia Petrobras aplicada imediatamente antes da semeadura da soja.

² Aplicando-se 45 kg de N ha⁻¹ em cobertura.

solo, aliado à grande disponibilidade de resíduos culturais e matéria orgânica do solo, a imobilização do nitrogênio pela biologia do solo é acentuada, ao ponto de este nutriente ser deficiente até mesmo para a soja nos estádios iniciais de desenvolvimento. Por outro lado, em Santa Helena de Goiás, GO, em solo cultivado no SPD por mais de 20 anos, também rico em matéria orgânica, acima de 3,5%, o comportamento da soja foi diferenciado. A antecipação do N resultou em decréscimo da produtividade em razão do crescimento exuberante da leguminosa e conseqüente acamamento precoce das plantas (Tabela 47). Neste caso, porém, a escarificação profunda do solo resultou em aumento significativo do rendimento da soja.

Tabela 47. Efeito do manejo do nitrogênio e do solo sobre o rendimento da cultivar de soja Suprema, na Fazenda Santa Fé, em Santa Helena de Goiás, GO, em 2005.

N antecipado ¹ (kg ha ⁻¹)	Rendimento da soja (kg ha ⁻¹)			Média (kg ha ⁻¹)
	Manejo do solo			
	SPD	Aeromix ²	Matabroto	
0	3.978bc ⁴	4.003bc	4.710a	4.230A
45	4.412ab	4.120bc	3.818bc	4.117A
90	3.561c	4.088bc	3.685c	3.778B
135	3.584c	3.895bc	3.575c	3.685B
Média	3.884	4.026	3.947	
DMS N	319.5			
DMS manejo	264			
CV (%)	9.22			

¹ Tendo a uréia Petrobras como fonte.

² Escarificação superficial com facas.

³ Escarificação profunda com hastes distanciadas em 1,2 m.

⁴ Médias seguidas de letras diferentes, minúscula na coluna e maiúscula na linha, são diferentes pelo teste de média Scott & Knott, a 5% de probabilidade.

Considerações importantes

Na início da década de 70, a expansão da fronteira agrícola chegou até os Cerrados do Centro-Oeste, e as culturas do arroz, milho e feijoeiro comum foram pioneiras neste novo ecossistema. Com isso, intensificou-se o uso de tecnologias melhores, principalmente dos fertilizantes minerais. Neste contexto, a utilização de fertilizantes, em razão da generalizada baixa fertilidade natural dos solos, vem aumentando gradualmente, mas ainda não atingiu a demanda real, principalmente porque a maioria das áreas de cultivo são dependentes exclusivamente de chuva. Assim, as adubações em níveis ideais tornam a atividade agrícola um risco econômico para os agricultores, devido aos constantes períodos de deficiência hídrica que sofrem as culturas durante seus ciclos.

A toxidez de alumínio, antes tida como séria limitação aos cultivos, foi relativamente corrigida pela aplicação de calcário, contudo as doses até então utilizadas ainda não elevaram o valor de pH até o nível favorável para se obter maior eficiência na absorção de nutrientes.

Também no início do desbravamento dos Cerrados, conduziram-se estudos sobre doses de adubação nitrogenada para o feijão buscando elevar sua produtividade para mais de $1,5 \text{ t ha}^{-1}$. A maioria dos resultados obtidos com adubação nitrogenada relata que, na operação de semeadura, não se pode aplicar nitrogênio em grande quantidade, de uma só vez. Primeiro, porque, na deficiência de outros nutrientes, o excesso de N pode causar desequilíbrios fisiológicos capazes de majorar excessivamente o crescimento vegetativo, em detrimento do reprodutivo; e segundo, porque altas doses causam injúrias às plantas - queimadura nas raízes e, posteriormente, nas plântulas -, com conseqüente redução no estande, devido à alta concentração salina no solo provocada pelos componentes químicos oriundos do adubo nitrogenado. Vale lembrar que o potássio originário do cloreto de potássio é ainda mais salino que os fertilizantes que contêm nitrogênio. Não é o caso, por exemplo, do fósforo, cálcio e magnésio, dentre outros nutrientes, que necessitam de um tempo maior para serem disponibilizados, por isso suas aplicações devem ser feitas antes ou simultaneamente à semeadura.

A metodologia de aplicação do N em cobertura é recomendada desde o início dos anos 70, em decorrência da expansão do feijoeiro, bem como das demais culturas anuais de grãos, nos Cerrados recém-desbravados, cujos solos, em geral, tinham baixo teor de matéria orgânica, eram pobres na maioria dos macro e micro elementos essenciais e apresentavam alta toxidez por alumínio.

Os resultados obtidos naquele período mostraram que a melhor época para aplicação de N em cobertura é entre 15 e 30 dias após a emergência das plantas. Há que se considerar, contudo, que o potencial de rendimento das cultivares era, até então, muitas vezes, inferior a 2 t ha^{-1} , acrescido das limitações de solo - baixo teor de matéria orgânica e baixo pH. Não obstante a prática de parcelamento do N ter se generalizado, é preciso lembrar que a nossa agricultura evoluiu bastante no que se refere ao potencial de produtividade do solo.

A partir da década de 90, novas cultivares, com alto potencial de rendimento, foram liberadas aos produtores. Hoje consegue-se produzir até mais de 4, 5, 6 e

12 t ha⁻¹ de grãos de feijão, soja, arroz e milho, respectivamente. Soma-se a isto, a grande expansão da irrigação, a acumulação de nutrientes no perfil do solo após muitos anos de aplicações de adubos minerais, o aumento da saturação por base, com conseqüente redução da toxidez, e, finalmente, o advento do SPD, que possibilita um maior acúmulo de matéria orgânica, em forma de palha ou resíduo das plantas, na superfície e no perfil do solo.

Neste novo cenário, em região tropical, a palha ou o resíduo orgânico na superfície do solo são imediatamente atacados pelos microrganismos, os quais necessitam de nitrogênio como fonte de energia para o seu crescimento e atividade. A atividade microbiana do solo imobiliza temporariamente o nitrogênio aplicado/disponível, que será posteriormente liberado pelo processo de mineralização da matéria orgânica, após a morte dos microrganismos. Este fato pode se tornar um gargalo no suprimento de N nos atuais sistemas de produção.

Na verdade, enquanto seguirmos o velho paradigma referente à aplicação parcelada de N, os três fatores supracitados – a tradição da prática de aplicação do nitrogênio em cobertura, o maior requerimento de N pelas novas e eficientes cultivares; e o maior teor de matéria orgânica/palha no perfil e na superfície do solo - podem trazer como conseqüência uma endêmica deficiência de N nas lavouras. A planta do feijoeiro *per se*, assim como a maioria das demais culturas anuais de grãos, é exigente no tocante à absorção de nutrientes, requerendo alto suprimento de nutrientes, via solo, no início da fase de crescimento e muito mais, na fase de floração. O início da floração indica o término da fase vegetativa da planta; assim, até o florescimento, a maior parte de todos os nutrientes deve ter sido assimilada, porque, na fase reprodutiva, a taxa de absorção mineral diminui devido à redução do crescimento radicular. Daí por diante, a translocação de nutrientes ocorre dentro da planta, da parte vegetativa, caule, folhas e ramas, para parte reprodutiva, as vagens.

Há que se considerar ainda que o ciclo vegetativo do feijoeiro e de algumas outras espécies graníferas oscila entre 75 e 110 dias, variando em função da latitude e altitude, e, neste período, a planta deve ser abastecida de nutrientes para que a transformação em grãos seja eficiente e atinja rendimentos de até 4 t ha⁻¹ de grãos com alto valor nutricional, especialmente com alto teor de proteína. Para tanto, a planta deve absorver mais de 70% de suas necessidades nutricionais na fase vegetativa, transformando-se em uma planta vigorosa, alta e forte para,

futuramente, formar o grão. Isto implica que a planta deve estar bem formada antes de atingir a fase reprodutiva. Nesse caso, o suprimento de N, quando aplicado tardiamente, pelo método tradicional, em cobertura, não coincide com a época de maior demanda pela planta, considerando-se as necessidades de cada fase do ciclo de crescimento. A aplicação total da dose recomendada durante a operação de semeadura, ou um pouco antes desta, é possível porque há matéria orgânica na superfície do solo suficiente para amenizar o efeito das altas concentrações de sais minerais na solução do solo. Pelo contrário, na soja, cujo ciclo vegetativo é, geralmente, de mais de 120 dias, a aplicação tardia de adubo pode ser compensada pelo longo período da fase vegetativa.

No sistema de várzeas tropicais, a aplicação em grande quantidade de N não deve redundar em danos às plantas, ou à perda deste nutriente, devido aos altos teores de matéria orgânica no solo e à palhada da cultura precedente, o arroz. Neste caso, qualquer excedente de N pode ajudar na decomposição do acúmulo demasiado de palhada. Habitualmente, o excesso de palha do arroz, que atrapalha a produção da cultura subsequente, é queimado, mas esta prática, com a nova lei ambiental, está proibida.

Sabe-se hoje que, de uma maneira geral, a aplicação antecipada do N pode proporcionar redução no espaçamento ou pareamento de fileiras; minimizar os danos mecânicos; baratear o custo da operação; diminuir a quantidade de fertilizantes e de herbicidas pós-emergentes. Contudo, tem-se observado, na literatura, que esta prática pode não ser tão eficiente em solos excessivamente arenosos, mal drenados ou com limitação de fertilidade química. Especificamente para o sistema de terras altas, é preciso desenvolver mais estudos para avaliar o efeito, a longo prazo, da aplicação antecipada do N, os benefícios dessa prática na população e na atividade microbiana do solo, bem como os efeitos na melhora física do solo.

Perguntas, na visão da Fitotecnia, sobre a prática da adubação nitrogenada em cobertura, para as quais, possivelmente, ainda não se tem resposta

As principais linhas de pesquisa que devem ser mais exploradas dizem respeito a:

- doses e épocas de aplicação em função do precedente cultural/palhada de cobertura;
- doses e épocas de aplicação em função do tempo em que a área esteve sob SPD e do teor de matéria orgânica no solo; e
- interação do N com microrganismos e matéria orgânica do solo.

Não obstante tais questionamentos, entende-se que outras dúvidas ainda não foram suficientemente esclarecidas, tais como:

- Quais as formas químicas em que o N é absorvido pelas diferentes culturas anuais graníferas, durante os diferentes estádios de desenvolvimento da planta?
- Quais as doses, fontes e métodos de aplicação de nitrogênio recomendados para a soja no estádio R3-R4?
- Qual a possibilidade de antecipação, quais fontes utilizar e como incorporar o nitrogênio, em cobertura, para as diferentes espécies?
- Qual a interação entre sistema de manejo, rotação/precedente cultural, teor de matéria orgânica do solo e a resposta das culturas à adubação nitrogenada em cobertura?
- Na hipótese de que planta sadia é sinônimo de planta resistente, qual o efeito da antecipação da adubação nitrogenada sobre a incidência da brusone na cultura do arroz de terras altas e de várzeas?
- Quais os reais prejuízos causados pelos fungicidas e outros produtos químicos adicionados às sementes de soja sobre a fixação biológica de N?
- Considerando-se a hipótese de que a soja, no(s) primeiro(s) ano(s) de cultivo em um determinado solo, é ineficiente na fixação biológica do N, qual(is) a(s) forma(s) de compensação para suprir a demanda necessária?
- Baseando-se na hipótese de que a principal restrição na fixação biológica do N pelo feijoeiro é a debilidade de seu sistema radicular, qual(is) é(são) a(s) possibilidade(s) de cruzamento(s) para melhorá-lo?
- Baseando-se na prática empírica da adubação nitrogenada para a fonte de cobertura, no caso do milheto, qual é a viabilidade desta técnica?
- Baseando-se nos índices salinos das diferentes fontes de N, quais são os seus efeitos e correlações com KCl na germinação e no sistema radicular das plantas?
- Na hipótese de que parte do N aplicado ao solo, numa primeira etapa, é seqüestrado pelos microrganismos e incorporado ao complexo orgânico do solo, qual o período desse seqüestro e após quanto tempo e em que quantidade o N é devolvido à solução do solo e, por conseguinte, às plantas?

- Considerando-se a mobilidade do nitrogênio no solo, qual o período de permanência do N na zona radicular das plantas, em função da fonte, método e época do ano, em cultivo irrigado ou não, e da textura do solo?
- Como é a partição do seqüestro do N (perdas, palhada e planta), quando aplicado por diferentes métodos, fontes e sistema de manejo do solo?
- Considerando-se a baixa produção da enzima nitrato redutase pelas plântulas de arroz, qual(is) a(s) forma(s) de incrementá-la?
- Quais as perdas de N e, conseqüentemente, a contaminação do lençol freático, considerando-se diferentes doses, fontes e formas de aplicação, nos ecossistemas terras altas e várzeas?
- Qual é a viabilidade de uso do clorofilômetro na predição da necessidade de cobertura nitrogenada para as diferentes espécies vegetais?
- Quais são as vantagens relacionadas ao aproveitamento do N nos cultivos consorciados entre leguminosas e gramíneas e outras famílias?
- Qual é a demanda de nitrogênio pelas culturas anuais no SPD e associado a diferentes precedentes culturais?

Conclusões

Com os resultados práticos obtidos nos vários ensaios conduzidos em terras altas e nas várzeas, pode-se concluir que:

- há falta de N na fase inicial de desenvolvimento para as principais culturas anuais de grãos;
- nas condições de várzea tropical, com subirrigação, a aplicação única de todo o nitrogênio, antes da semeadura do feijão, é mais eficiente que a prática do parcelamento, em cobertura;
- nas várzeas tropicais, doses entre 60 kg e 90 kg de N ha⁻¹ são suficientes para a obtenção do teto máximo de produtividade das principais cultivares de feijão;
- em terras altas, no caso do feijão, é importante aumentar a dose de N na semeadura ou antes dela e, para se obterem produtividades acima de 4 t ha⁻¹, é necessário fazer a complementação de N, em cobertura, entre 10 e 20 dias após a emergência das plantas;
- a antecipação do N também é importante para o arroz de terras altas, podendo ser uma das principais práticas para a sua inclusão no SPD;
- há desperdício de N em algumas situações, por exemplo, SPD x alto teor de matéria orgânica no solo x precedente cultural; e
- a predição da aplicação de nitrogênio no SPD decresce de importância.

Na exploração lavoureira do Brasil, novos sistemas agrícolas foram criados, onde o meio produtivo e o ambiente estão sendo gradativamente melhorados e adequadamente manejados. Se, por um lado, a matéria orgânica e a biologia do solo estão sendo privilegiados, por outro o mesmo não ocorre com o N e suas fontes e as condições climáticas regionais, as quais não sofreram qualquer alteração. Assim, a instabilidade do N *in situ* continua a existir.

Assim, é imperativo quebrar paradigmas entre os pesquisadores na formulação de novos projetos de pesquisa sobre o N, enquanto os produtores devem, primeiro, testar em pequenas áreas os resultados já disponibilizados pela pesquisa, para depois utilizá-los em grande escala.

Agradecimentos

Foram várias as empresas, as fazendas de referência e as pessoas que tornaram possível a realização deste trabalho, propiciando importantes avanços tecnológicos e o necessário estreitamento com os diferentes segmentos da cadeia produtiva das principais culturas anuais, destacando-se: Agri-tillage do Brasil-Baldan; Indústrias Reunidas Colombo Ltda; Ikeda; Convênio Embrapa-Petrobras; Grupo Cardoso; Fazenda Barreira da Cruz, em Lagoa da Confusão, TO; Fazenda Santa Fé, em Santa Helena de Goiás, GO; Fazenda Santana, em Sinop, MT; Fazenda Guaribas, em Unai, MG.

Com a mesma ênfase, deve ser registrado o apoio e a dedicação imprescindíveis dos empregados da Embrapa Arroz e Feijão, os quais, muito longe de sua base física, operacionalizaram os trabalhos de pesquisa e desenvolvimento.

Às indústrias de máquinas e implementos agrícolas que, além de viabilizaram os recursos financeiros e materiais necessários, se dispuseram a fazer deslocamentos constantes para a implantação das Unidades Demonstrativas e participar dos dias de campo.

Aos produtores rurais que franquearam suas propriedades agrícolas, proporcionando o apoio logístico necessário.

A todos o nosso reconhecimento e profunda gratidão!

Referências Bibliográficas

ALONÇO, A. dos S.; FERREIRA, O. O. Incorporação profunda de fertilizantes e calcário: sua influência na produção de milho (*Zea mays* L.) sob stress hídrico e sobre algumas propriedades físicas e químicas de um solo cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 20., 1991, Londrina. **Anais...** Londrina: SBEA, 1992. p. 1206-1225.

BARBER, S. A. Fertilizer rate and placement effects on nutrient uptake by soybeans. In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 3., 1984, Ames. **Proceedings...** Boulder: Westview, 1985. p. 1007-1115.

BARBER, S. A. **Soil nutrient bioavailability**: a mechanistic approach. 2nd. ed. New York: J. Wiley, 1995. 414 p.

BASSO, C. J; CERETTA, C. A.; MARCOLAN, A. L.; DURIGON, R. Manejo do nitrogênio no milho cultivado em sucessão a plantas de cobertura no inverno, no sistema plantio direto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23., 1998, Caxambu. **Resumos...** Lavras: UFLA: SBCS, 1998. p. 145.

CARVALHO, G. Riqueza preservada. **Panorama Rural**, São Paulo, v. 5, n. 73, p. 30-33, fev. 2005.

CERETTA, C. A. Dinâmica do nitrogênio em sistemas de produção na região Sul do Brasil. In: WORKSHOP NITROGÊNIO NA SUSTENTABILIDADE DE SISTEMAS INTENSIVOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA, 2000, Dourados. **Anais...** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2000. p. 32-50. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 28; Embrapa Agrobiologia. Documentos, 128).

CHAIB, S. L.; BULISANI, E. A.; CASTRO, L. H. S. M. Crescimento e produção do feijoeiro em resposta à profundidade da aplicação do adubo fosfatado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 19, n. 7, p. 817-822, jul. 1984.

COSTA, J. L. da S.; RAVA, C. A. Influência da braquiária no manejo de doenças do feijoeiro com origem no solo. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 523-533.

EMBRAPA. **Recomendações técnicas para o cultivo do feijão**: zonas 61 e 83. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 1993. 93 p.

FERNANDES, L. A.; NASCENTE, C. M.; SILVA, M. L. N.; FURTINI NETO, A. E.; VASCONCELOS, C. A. Sistemas de preparo do solo e adubação nitrogenada na produtividade do milho em latossolo vermelho escuro fase cerrado. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 51, p. 15-16, maio/jun. 1999.

GARCIA, F. O. Manejo de la fertilidad de suelos y fertilización de cultivos para altos rendimientos en la región pampeana argentina. In: CONFERENCIA FERTILIZANTES CONO SUR, 4., 2002, Porto Alegre. **Resumos...** Porto Alegre: British Sulphur, 2002. 11 p.

GARWOOD, E. A.; WILLIAMS, T. E. Growth, water use and nutrient uptake from the subsoil by grass swards. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 69, n. 1, p. 125-130, 1967.

GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F. Adubação nitrogenada do arroz de terras altas no Sistema Plantio Direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 210-214, maio/ago. 2003.

GUIMARÃES, C. M.; CASTRO, T. de A. P. Sistema radicular do feijoeiro condicionado aos efeitos da profundidade de aplicação e tipo de adubo fosfatado. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1., 1982, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1982. p. 138-141. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 1).

HARGROVE, W. L. Soil, environmental, and management factors influencing ammonia volatilization under field conditions. In: BOCK, B. R.; KISSEL, D. E. (Ed.). **Ammonia volatilization from urea fertilizers**. Alabama: NFDC-TVA, 1988. p. 17-36.

KLUTHCOUSKI, J. **Efeito de manejo em alguns atributos de um latossolo roxo sob cerrado e nas características produtivas de milho, soja, arroz e feijão, após oito anos de Sistema Plantio Direto.** 1998. 179 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; TEIXEIRA, M. G. Profundidade de incorporação de adubos para o feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1., 1982, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA–CNPAP, 1982. p. 142-143. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 1).

KNOTT, J. E. **Handbook for vegetable growers.** London: J. Wiley, 1957. 238 p.

LARA CABEZAS, W. A. R.; YAMADA, T. Uréia aplicada na superfície do solo: um péssimo negócio! **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 86, p. 9-10, jun. 1999.

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., 1989, Recife. **Resumos...** Campinas: SBCS, 1989. p. 165.

LOPES, A. S.; WIETHÖLTER, S.; GUILHERME, L. R. G.; SILVA, C. A. **Sistema plantio direto: bases para o manejo da fertilidade do solo.** São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos, 2004. 110 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** 2nd ed. London: Academic Press, 1995. 889 p.

MILLER, D. E. Root systems in relation to stress tolerance. **HortScience**, Alexandria, v. 21, n. 4, p. 963-970, Aug. 1986.

OLIVEIRA, E. F. **Eficiência do modo de aplicação do sulfato de amônio e uréia nas culturas de milho e algodão.** Cascavel, PR: Organização das Cooperativas do Estado do Paraná, 1995. 48 p. (OCEPAR. Resultados de Pesquisa, 1/95).

PIMENTEL, M. S. Milho safrinha: grãos que valem ouro. **Panorama Rural**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 18-24, mar. 1999.

RAPPAPORT, B. D.; AXLEY, J. H. Potassium chloride for improved urea fertilizer efficiency. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 48, n. 2, p. 399-401, Mar./Apr. 1984.

SÁ, J. C. de M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. (Ed.). **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Viçosa, MG: SBRS: UFLA, 1999. p. 291-309.

SANTOS, A. B. dos; SILVA, O. F. da. Manejo do nitrogênio. In: AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F. (Ed.). **Produção do feijoeiro comum em várzeas tropicais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p. 207-230.

SANTOS, A. B. dos; FAGERIA, N. K.; SILVA, O. F. da; AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; MELO, M. L. B. de. Manejo de nitrogênio para o feijoeiro em várzeas tropicais. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7., 2002, Viçosa, MG. **Resumos expandidos...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. p. 665-667.

SILVA, G. de M. e; STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. Manejo da adubação nitrogenada no feijoeiro irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 32, n. 1, p. 1-5, jan./jun. 2002.

STONE, L. F.; SILVA, J. G. Resposta do arroz de sequeiro à profundidade de aração, adubação nitrogenada e condições hídricas do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 33, n. 6, p. 891-897, jun. 1998.

THUNG, M.; ORTEGA, J.; RODRIGUEZ, R. Respuesta y aprovechamiento del fósforo aplicado a dos profundidades y su efecto en el rendimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1., 1982, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1982. p. 205. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 1).

VIEIRA, C.; GOMES, F. R. Ensaio de adubação química do feijoeiro. **Ceres**, Viçosa, MG, v. 11, n. 65, p. 253-264, 1961.

YAMADA, T. Há déficit de mais de 1 milhão de toneladas de nitrogênio na agricultura brasileira. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 98, p. 20, jun. 2002.

YAMADA, T. Nitrogênio e o potássio na adubação da cultura do milho. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 78, p. 14, jun. 1997.

YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. e. Como melhorar a eficiência da adubação nitrogenada do milho? **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 91, p. 1-5, set. 2000.

