

NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO DO MILHO FORRAGEIRO

Antônio M. Coelho¹

Gonçalo E. de França²

Antônio F. C. Bahia Filho³

A cultura de milho para silagem requer cuidados especiais no manejo do solo, para evitar desbalanço nutricional e empobrecimento rápido do mesmo, tendo como conseqüência a queda de produtividade, pois a parte vegetativa também é removida junto com os grãos. A colheita de grãos remove grandes quantidades de nitrogênio, fósforo e outros nutrientes, como enxofre, zinco e molibdênio. Além desses, a colheita do milho para silagem remove grande quantidade de potássio, cálcio e magnésio e menores quantidades de outros elementos (ferro, manganês, boro e cobre). Assim, problemas de fertilidade do solo se manifestam mais cedo na produção de silagem que na produção de grãos, principalmente se a primeira for obtida de uma mesma área por vários anos consecutivos.

As considerações anteriores enfatizam a importância de se ter um acompanhamento mais freqüente da fertilidade do solo, através da análise química, e de se estabelecer um programa de rotação de culturas quando se cultiva o milho para silagem.

EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS

As necessidades nutricionais de qualquer planta são determinadas pela quantidade total de nutrientes que essa extrai durante o seu ciclo. Essa extração total dependerá, portanto, do rendimento obtido e da concentração de nutrientes nos grãos e palhada. Assim, tanto na produção de grãos como de silagem, será necessário colocar à disposição da planta a quantidade total de nutrientes que ela extrai, que devem ser fornecidos pelo solo e através de adubações. Dados médios de experimentos conduzidos por Fribourg et al. (1976),

¹Eng.-Agr., M.Sc., EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS), Caixa Postal 151, CEP 35700 Sete Lagoas, MG

²Eng.-Agr., Ph.D., EMBRAPA/CNPMS.

³Eng. Agr., Dr., EMBRAPA/CNPMS.

com doses moderadas a altas de fertilizantes, dão uma idéia da extração de nutrientes pela cultura do milho colhido para silagem, em função da produção de massa seca (Tabela 7). Observa-se que a extração de N, P, K, Ca e Mg aumenta linearmente com o aumento na produção de matéria seca e que a maior exigência do milho refere-se ao nitrogênio e potássio, seguindo-se o cálcio, magnésio e fósforo.

Dentre esses nutrientes, a importância do nitrogênio e do potássio sobressai quando o sistema de produção agrícola passa de extrativo, com baixas produções por unidade de área, para uma agricultura intensiva e tecnificada, com o uso de irrigação. Em condições de baixa produtividade, em que as exigências nutricionais são menores (Tabela 7), mesmo uma modesta contribuição do nitrogênio e potássio supridos pelo solo pode ser suficiente para eliminar o efeito da adubação com esses nutrientes.

TABELA 7. Extração média de nutrientes pela cultura do milho colhido para silagem, em diferentes níveis de produtividade¹.

No. de experimentos	Produção de matéria seca (t/ha)		Extração média de nutrientes (kg/ha)				
	Classes	Média	N	P	K	Ca	Mg
5	6,0 - 8,9	7,52	111	14,8	78	19	25
5	9,0 - 10,9	9,62	160	19,1	107	26	26
4	11,0 - 12,9	11,81	173	23,4	140	37	31
8	13,0 - 14,9	13,89	182	27,3	151	37	37
6	15,0 - 15,9	15,57	202	32,4	167	46	45
3	16,0 - 18,9	17,17	246	41,2	173	53	45
3	21,0 - 28,9	24,43	361	51,4	224	73	62
Média			192	28,0	144	39	37

¹Fonte: Adaptado de Fribourg et al. (1976).

CALAGEM

A ocorrência de alumínio em níveis tóxicos para a maioria das culturas é expressiva nos solos brasileiros. Segundo Silva (1976), o alumínio tóxico, medido pelo seu simples teor no solo ou pelo seu valor relativo, como a saturação com Al, ocorre, provavelmente, em mais de 50% da área do País. Da mesma maneira, a toxicidade de manganês, com frequência associada à de Al, pode também ocorrer nos solos ácidos.

Para que haja aumento de produtividade da cultura de milho, é necessária a correção da acidez nociva do solo através da calagem, para elevar o pH

do solo a um valor onde as toxicidades de Al e Mn sejam eliminadas, fazer o suprimento de Ca e Mg como nutrientes e, indiretamente, promover o melhor aproveitamento dos fertilizantes pela cultura e a melhoria da atividade microbiana e das condições físicas do solo.

MÉTODOS DE RECOMENDAÇÃO

Não existe um método específico de recomendação de calagem para a cultura do milho. Em Minas Gerais, é sugerida a aplicação do calcário na quantidade indicada pelo critério do Al e Ca + MG trocáveis ou pelo critério da saturação de bases (Comissão 1989).

Alumínio e Cálcio + Magnésio Trocáveis

A necessidade de calagem (NC), para se corrigir a camada de 0-20cm, é calculada com base na seguinte fórmula:

$$NC = Y \times Al + [X - (Ca + MG)] = t \text{ calcário/ha (PRNT} = 100\%).$$

O valor de Y é variável em função da textura do solo.

Y = valor 1 - para solos arenosos (< 15% de argila)
valor 2 - para solos de textura média (15 a 35% de argila)
valor 3 - para solos argilosos (> 35% de argila)

O valor de X para a cultura do milho é 2,0.

Saturação de Bases

Neste método, a necessidade de calagem (NC) é calculada com a finalidade de elevar a porcentagem de saturação de base (V%) da capacidade de troca de cátions a pH 7,0 a um valor desejado, de acordo com a cultura. A seguinte fórmula é usada:

$$NC = \frac{T(V_2 - V_1)}{100} \times \frac{100}{PRNT}$$

Sendo:

NC = Necessidade de calcário (t/ha), para uma camada de incorporação de 0-20cm;

T = Capacidade de troca de cátions, obtida a pH 7,0;

V₂ = Porcentagem de saturação de bases desejada. Para a cultura do milho, busca-se elevá-la a 50-60 %.

V₁ = Porcentagem de saturação de bases do solo.

Em relação aos solos orgânicos, devido ao elevado teor de matéria orgânica, são necessárias maiores quantidades de calcário para neutralizar a acidez do solo. Entretanto, existem trabalhos como o de Quaggio et al. (1985), mostrando que as recomendações de calagem para esses solos podem ser menores que aquelas preconizadas para solos minerais. Isso é atribuído ao fato de a matéria orgânica, pela sua capacidade de complexação, poder amenizar os efeitos tóxicos do alumínio, manganês e ferro. Quaggio et al. (1985) sugerem ainda que os níveis de saturação de bases para a cultura do milho, em solos orgânicos, podem ser da ordem de 40 a 50%.

ESCOLHA DO CALCÁRIO

Na tomada de decisão sob os aspectos técnicos e econômicos, em relação à escolha do(s) corretivo(s) a ser(em) usado(s) na calagem, devem-se considerar: a) análise química do calcário; b) o Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT); c) o preço por tonelada efetiva.

Para se obter o preço por tonelada efetiva, que nada mais é do que o preço do corretivo levando-se em conta o Poder de Neutralização (PN), que avalia a característica química do produto, e a Reatividade (RE), que pondera a característica física do produto, os quais determinam o Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT), e o preço posto na propriedade, basta fazer o seguinte cálculo:

$$\text{Preço por tonelada efetiva} = \frac{\text{Preço na propriedade} \times 100}{\text{PRNT}}$$

APLICAÇÃO DO CALCÁRIO

De modo geral, as recomendações de calagem indicam que a incorporação seja feita na profundidade de 20 cm apenas. É mais aconselhável, entretanto, incorporar o calcário numa profundidade maior, corrigindo-se a acidez numa camada de 30 cm, pelo menos, favorecendo às raízes a exploração de um maior volume de solo, aproveitando melhor a água e os nutrientes.

Para que a calagem produza os resultados esperados, é necessário que o corretivo seja bem misturado com a terra, ficando em contato com todas as partículas do solo. Para conseguir isso, metade da dose do calcário deve ser aplicada antes da aração e metade após a mesma. Desse modo, se consegue uma distribuição mais uniforme e mais profunda do corretivo.

Quando a dose de calcário a ser usada é relativamente grande, em geral maior que 5 t/ha, teme-se que prejudique a cultura, se aplicada de uma única vez. De fato isso poderá acontecer, se o calcário for mal aplicado, sem a antecedência devida e sem incorporá-lo. O critério que determina o parcelamento das doses pesadas em dois anos ou mais é apenas o valor do produto, transporte e distribuição, para não onerar demasiadamente o custo de produção.

ADUBAÇÃO

A cultura do milho para silagem exporta maior quantidade de nutrientes do que o milho cultivado apenas para produção de grãos. Com a colheita da parte aérea, os nutrientes nela contidos são removidos, não havendo reciclagem dos mesmos. O nitrogênio e o potássio são os dois nutrientes exportados em maior quantidade (Tabela 7) e podem tornar-se limitantes após poucos cultivos, se não for adotado um sistema de manejo de solo adequado. Um programa de adubação visando a manutenção de altas produtividades requer um monitoramento periódico do índice de fertilidade de solo, através da análise química, para se evitar o empobrecimento e/ou o desbalanço de nutrientes no solo.

ADUBAÇÃO DE CORREÇÃO

Em solos muito pobres em fósforo e/ou potássio, a combinação de aplicações de fertilizantes a lanço e no sulco de plantio é uma estratégia que possibilita a obtenção e manutenção de tetos elevados de produtividade. A aplicação de fertilizantes a lanço visando elevar o índice de fertilidade do solo, denominada adubação corretiva, deve ser feita antes do plantio, seguida de adubações de manutenção, aplicadas no sulco, após cada cultura. A Tabela 8 fornece uma

indicação da adubação corretiva com fósforo e potássio, a qual deve ser ajustada de acordo com a análise química do solo, para cada situação.

TABELA 8. Adubação de correção de fósforo e potássio (kg/ha). EMBRAPA/CNPMS. Sete Lagoas, MG, 1991.

Classe textural	Teor de argila (%)	Teores de fósforo no solo (ppm)	P ₂ O ₅	K ₂ O
Argilosa	36 a 60	0 - 5	200	100
Média	15 a 35	0 - 10	160	60
Arenosa	< 15	0 - 20	100	60

¹Extrator de Mehlich

²Fazer correção quando o potássio no solo for inferior a 45 ppm.

Na adubação fosfatada corretiva de culturas anuais, podem-se usar termofosfatos ou as fontes solúveis em água (superfosfatos), que são aplicados a lanço e, em seguida, incorporados com grade na profundidade de 10 a 15 cm. Além da correção com fósforo, os solos com teores de potássio trocável inferior a 45 ppm devem também receber uma potassagem, com uma fonte solúvel de potássio. As doses recomendadas (Tabela 8), nesse caso, devem ser para atingir 2 a 5% da CTC a pH 7,0 saturado por potássio (Lopes & Guimarães 1989).

Como o milho é uma planta muito sensível à deficiência de zinco, recomenda-se a adubação de correção com sulfato ou óxido de zinco na dose de 3 kg de Zn/ha.

ADUBAÇÃO DE PLANTIO

A adubação de plantio deve ser baseada na análise química do solo, no histórico de uso da área e na produtividade esperada. Considerando a maior exportação de nutrientes quando se cultiva o milho para produção de silagem, a adubação potássica é de grande importância, porque, juntamente com o nitrogênio, é um nutriente exportado em grande quantidade. Como cerca de 80% do potássio da planta retorna ao solo através da palhada, a resposta a esse nutriente geralmente é pequena quando o milho é cultivado para grãos. Com a colheita de toda a planta, no caso da silagem, o solo se esgota rapidamente em potássio, se não houver uma reposição adequada desse nutriente através

de adubações.

Para atender a maior demanda em nutrientes do milho cultivado para silagem, a adubação de plantio deve ser diferente daquela normalmente usada em milho cultivado para produção de grãos. Sendo assim, a recomendação de N, P₂O₅ e K₂O deve ser acrescida, visando atender essa maior extração e manter o nível de fertilidade do solo nos cultivos subseqüentes. Recomendações de adubação de plantio para milho cultivado para silagem são apresentadas na Tabela 9.

TABELA 9. Recomendações de adubação de plantio com N, P₂O₅ e K₂O, em kg/ha, para milho cultivado para silagem. EMBRAPA/CNPMS. Sete Lagoas, MG, 1991.

Teor de P ¹ no solo (ppm)	N no plantio	P ₂ O ₅	Teor de K no solo (ppm) ²		
			Baixo 0 - 45	Médio 46 - 50	Alto > 80
Solos Textura Argilosa (>35% argila)					
Baixo(0- 5)	10	100	80	60	40
Médio(6-10)	10	80	80	60	40
Alto (>10)	10	60	80	60	40
Solos Textura Média (15 a 35% argila)					
Baixo(0- 10)	20	100	80	60	40
Médio(11-20)	20	80	80	60	40
Alto (>20)	20	60	80	60	40
Solos Textura Arenosa (<15% argila)					
Baixo(0- 20)	30	100	80	60	40
Médio(21-30)	30	80	80	60	40
Alto(>30)	30	60	80	60	40

¹ e ²Classes de fertilidade para teores de fósforo e potássio no solo (método Mehlich), de acordo com a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1989).

Em solos de textura arenosa, deve-se parcelar o potássio em duas aplicações: metade da dose no sulco, por ocasião do plantio, juntamente com o nitrogênio e com o fósforo, e o restante junto com a primeira adubação nitrogenada em cobertura. Nesses solos, é recomendável o uso de formulações de adubo contendo os micronutrientes Zn, Fe, Mn, Cu, B e Mo.

Em solos cultivados com milho, a ocorrência de deficiência de Zn é bastante freqüente. Essa cultura é muito sensível à deficiência de Zn; por isso, recomenda-se a aplicação de 1 a 2 kg de Zn/ha, para prevenir possíveis deficiência e redução no rendimento. Caso apareçam sintomas de deficiência, fazer duas aplicações, via foliar, de solução de sulfato de zinco a 0,5%, neutralizada com Ca(OH)₂ (cal extinta) a 0,25%.

ADUBAÇÃO NITROGENADA

Por remover grandes quantidades de nitrogênio, a cultura do milho requer adubação nitrogenada em cobertura para complementar a quantidade suprida pelo solo, quando se desejam produtividades elevadas. Ottman & Welch (1989) verificaram que, para uma produção de 23 t/ha de matéria seca, a extração de nitrogênio foi de 240 Kg/ha, o que corresponde a 530 kg de uréia (45% N) ou 1.200 Kg de sulfato de amônio (20%N).

Resultados de experimentos conduzidos no Brasil, sob diversas condições de solo, clima e sistemas de cultivo, mostram resposta generalizada do milho à adubação nitrogenada (Relatório 1976; Grove et al. 1980; Rajj et al. 1981; Coelho 1987). Meira et al. (1978), em experimentos conduzidos no Estado de Minas Gerais, verificaram respostas positivas ao nitrogênio, na produção de silagem de milho, com aplicação de até 135 Kg N/ha (Tabela 10). Entretanto, o maior incremento foi verificado com a dose de 45 Kg N/ha, cuja produção foi, em média, 28,7% superior à testemunha. Nesses experimentos (Tabela 10), respostas às doses maiores de nitrogênio podem ter sido limitadas por outros fatores, visto que a produção máxima de massa seca foi de 12t/ha.

AValiação DA NECESSIDADE DE ADUBAÇÃO NITROGENADA

As principais formas de nitrogênio disponíveis para as plantas são amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-), as quais representam menos de 2% do nitrogênio total do solo. Considerando que quase todo o nitrogênio do solo se faz presente na forma orgânica, é importante considerar também o nitrogênio que seria mineralizado durante o ciclo da cultura. Análise apenas do nitrogênio inorgânico ou apenas o teor de matéria orgânica tem sido de pouca validade na avaliação da necessidade de se aplicar adubo nitrogenado. Uma das dificuldades na recomendação da adubação nitrogenada em cobertura é a falta de um método de análise que se adapte à rotina de laboratório e possibilite determinar um índice de fertilidade para esse nutriente.

As recomendações atuais para a adubação nitrogenada em cobertura são realizadas com base em curvas de resposta, histórico da área e produtividade esperada. Para o Estado de Minas Gerais, a recomendação da adubação nitrogenada em cobertura para a cultura do milho de sequeiro, de modo geral, varia de 40 a 70 N/ha (Comissão 1989). Em agricultura irrigada, onde prevalece o uso de alta tecnologia, essa recomendação seria insuficiente. Nessas condi-

ções, doses de nitrogênio variando de 100 a 200 Kg/ha podem ser necessárias para a obtenção de elevadas produtividades, conforme discutido anteriormente (Tabela 7).

TABELA 10. Efeito de níveis de nitrogênio (kg/ha⁻¹) sobre a produção de matéria seca total (t/ha⁻¹) de milho para silagem.

Níveis de nitrogênio (kg/ha ⁻¹)	Local/Ano			Média
	Prudente de Morais		Felixlândia	
	1975	1976 Mat. seca total/t.ha ⁻¹	1976	
0	6,46 c ¹	7,06 b	7,87 b	7,13
45	8,93 b	12,28 a	8,86 a	10,00
90	9,82 ab	12,43 a	9,36 a	10,54
135	10,49 a	11,69 a	9,08 a	10,42

¹ As médias assinaladas com as mesmas letras, dentro de cada coluna, não diferenciam significativamente pelo teste de Tuckey ao nível de 5% de probabilidade.

A produtividade esperada pode ser estimada com certa margem de segurança quando se conhece a tecnologia usada pelo produtor. Nessa avaliação, deve-se levar em conta o manejo de solo e água, cultivares adaptadas e práticas culturais utilizadas.

Dados de pesquisas realizadas no Brasil, por Grove et al. (1980) e Coelho et al. (1990), indicam que a concentração de N na parte aérea (grão + palhada) do milho, para produções máximas, é de 1,18% e 1,06%, respectivamente. Para o cálculo da quantidade de N a ser aplicada, recomenda-se o valor de 1% N na planta como adequado. Assim, para a produtividade de 16t de massa seca/ha, a planta retira do solo em torno de 160 kg de N. Outro parâmetro necessário é a quantidade de N que o solo é capaz de fornecer à cultura. Em termos médios, os solos tropicais fornecem cerca de 60 a 80 kg de N/ha (Grove 1979 e Coelho 1987), quantidade suficiente para produzir de 6 a 8t de massa seca/ha. Deve-se ressaltar que solos cultivados com leguminosas e solos de áreas recém-desbravadas são mais ricos em N, exigindo menor adubação nitrogenada.

Um terceiro parâmetro a estimar é a eficiência de aproveitamento dos fertilizantes nitrogenados pelas plantas, isto é, a quantidade de N na planta proveniente dos fertilizantes. Dados de pesquisa realizada com ^{15}N (Coelho 1987) indicam que, em média, 50 a 60% do N aplicado como uréia foi aproveitado pelas plantas.

O conhecimento desses parâmetros, associado a informações sobre o histórico da área, cultivares e práticas culturais usadas, possibilita estimar a adubação nitrogenada em cobertura a ser aplicada. Assim, para uma produtividade esperada de 16t/ha de massa seca, num solo com capacidade de suprir 60 kg de N/ha e uma eficiência de aproveitamento do fertilizante de 60%, seria necessária uma adubação da ordem de 160 kg de N/ha, que corresponde a 800 kg de sulfato de amônio ou 350 kg de uréia/ha.

PARCELAMENTO E ÉPOCA DE APLICAÇÃO

A curva que descreve a absorção de nitrogênio pelo milho coincide com a curva de acumulação de matéria seca. É uma curva do tipo sigmoideal, com uma fase inicial de pouca absorção, seguida de uma segunda fase com absorção crescendo linearmente e, finalmente, uma fase de reduzida absorção. O ponto crucial diante desse padrão é fornecer nitrogênio em maior quantidade no início da fase de absorção linear, o que ocorre quando as plantas apresentam-se com 7 a 8 folhas. Assim, para a cultura de milho, recomenda-se aplicar uma pequena quantidade de nitrogênio no plantio (10-30 Kg/ha) e a maior parte em cobertura, no período de maior necessidade da cultura. Essa prática tem como objetivo diminuir o tempo que o nitrogênio permanece no solo antes de ser absorvido pela planta, reduzindo as perdas, principalmente por lixiviação de nitrogênio na forma de nitrato (NO_3^-).

Outro aspecto a ser considerado é com relação ao número de parcelamentos da dose de nitrogênio a ser aplicada em cobertura, a qual dependerá da quantidade de nitrogênio, textura do solo, intensidade e distribuição da precipitação. Experimentos realizados no Brasil mostraram que em solos de textura média e argilosa e com doses de nitrogênio variando de 60 a 120 Kg/ha, a aplicação parcelada em duas ou três vezes não resultou em maiores produtividades, em relação a uma única aplicação na fase inicial, de maior exigência da cultura, 35 a 40 dias após o plantio (Novais et al. 1974; Neptune 1977 e Grove et al. 1980).

Em geral, deve-se usar maior número de parcelamentos sob as seguintes condições: a) altas doses de nitrogênio (120 a 200 Kg/ha); b) solos de textura arenosa; c) áreas sujeitas a chuvas de alta intensidade. Uma única aplicação

em cobertura deve ser feita sob as seguintes condições: a) doses de nitrogênio baixas ou médias (60 a 100 Kg/ha); b) solos de textura média e/ou argilosa; c) plantio intensivo, sem o uso de irrigação, em que a distribuição do fertilizante é feita mecanicamente. Um esquema do parcelamento do nitrogênio para a cultura do milho, em função da textura do solo, é apresentado na Tabela 11.

TABELA 11. Sugestões para aplicações parceladas de nitrogênio na cultura do milho. EMBRAPA/CNPMS, Sete Lagoas, MG. 1991.

Solo/ Classe textural	Doses de nitrogênio (kg/ha)	Número de folhas totalmente emergidas (%)			
		4 - 6	7 - 8	8 - 10	10 - 12
Argiloso (36 a 60% argila)	60 a 100 ¹		100%		
	> 100	50%		50%	
Média (15 a 35% argila)	60 a 100 ²		100%		
	> 100	50%		50%	
Arenosa (< 15% argila)	60 a 100	50%		50%	
	> 100	40%		40%	20%

¹ e ² Se as plantas apresentarem sintomas de deficiência, poderá ser feita uma aplicação suplementar de nitrogênio em período anterior ao indicado.

MODO DE APLICAÇÃO

O modo de aplicação dos fertilizantes nitrogenados tem recebido considerável atenção, com particular importância para a uréia e outros produtos contendo este fertilizante, como, por exemplo a URAN, que é uma solução de uréia e nitrato de amônio em meio aquoso.

Devido à rápida hidrólise da uréia para carbonato de amônio e o subsequente potencial de perdas de nitrogênio por volatilização de amônia (NH₃), tem-se recomendado, no manejo desse fertilizante, a incorporação ao solo a uma profundidade de aproximadamente 5 a 10 cm. Quando não for possível fazer a incorporação, as perdas por volatilização de NH₃ podem ser minimizadas misturando-se o fertilizante com a camada superficial do solo, através da operação de cultivo. Por outro lado, as perdas de nitrogênio por volatilização de NH₃ podem ser reduzidas pela ocorrência de chuvas após a aplicação da uréia na superfície do solo.

Muitas vezes, sob condições de agricultura intensiva, e em sistema de plantio direto, as aplicações de fertilizantes nitrogenados em cobertura não podem ser feitas com a incorporação do produto. Nesse caso, o uso de irrigação controlada permite uma rápida solubilização do fertilizante aplicado, movimentação dos nutrientes na solução do solo até uma certa profundidade e redução das perdas por volatilização de NH_3 , conforme sugerem os dados da Figura 2, que mostra o efeito da seqüência fertilização/irrigação nas perdas de N-uréia, atribuídas à volatilização de NH_3 (Katyal et al. 1987).

No caso da URAN, a aplicação localizada lateralmente nas fileiras de milho (10 a 15 cm), incorporada ou na superfície, tem-se mostrado mais eficiente do que quando pulverizada na superfície do solo, à semelhança da aplicação de herbicidas (Touchton & Hargrove 1982).

FERTILIZANTES NITROGENADOS

Os fertilizantes nitrogenados sólidos são usados de quatro formas: amoniacal (sulfato de amônio), nítrica (nitrato de sódio), nítrica-amoniacal (nitrato de amônio, nitrocálcio) e amídica (uréia). Mais recentemente, também tem

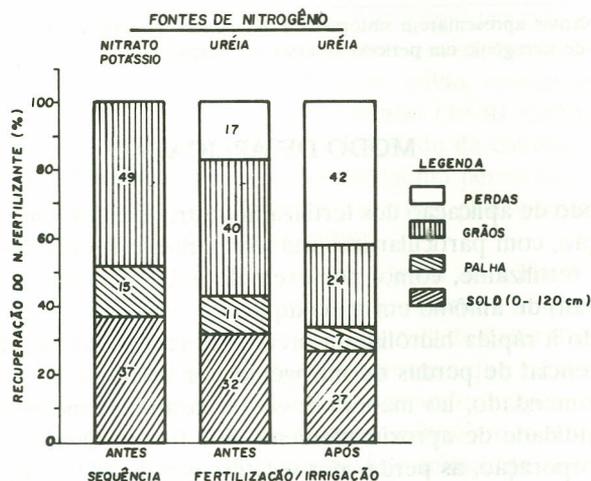


FIGURA 2. Recuperação do N-fertilizante no sistema solo-planta, em função da seqüência de aplicação do nitrogênio (60 kg/ha) em relação à irrigação. Fonte: Adaptado de Katyal et al. (1987)

sido comercializada no Brasil a URAN.

Diversos estudos foram conduzidos no Brasil com a cultura do milho, visando a comparação das principais fontes de nitrogênio (Campos Tedesco 1979; Grove et al. 1980; Coelho & Silva 1986 e Coelho 1987). Esses trabalhos revelaram que, de modo geral, todas as fontes solúveis de nitrogênio, quando adequadamente manejadas, têm apresentado comportamento similar. No entanto, em alguns casos, a uréia, especialmente quando aplicada na superfície do solo, tem-se mostrado inferior, embora nem sempre as diferenças observadas alcancem magnitude significativa (Coelho & Silva 1986 e Coelho 1987).

Por outro lado, as diferenças observadas ocasionalmente entre as fontes solúveis de nitrogênio podem estar relacionadas à presença de outros elementos nos fertilizantes, como é o caso do enxofre no sulfato de amônio, ou ao efeito que alguns fertilizantes nitrogenados exercem sobre a reação do solo. O efeito acidificante do sulfato de amônio, uréia e outros, compostos que contêm ou produzem amônia, pode ser importante em solos manejados no sistema de plantio direto e adubados anualmente com altas doses de nitrogênio, mas deve ser menos acentuado em solos revolvidos anualmente através de arações e gradagens. Em ambos os casos, a aplicação de calcário corrige a acidez causada pelos fertilizantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAMPOS, A.X.; TEDESCO, J.M. Eficiência da uréia e do sulfato de amônio na cultura do milho (*Zea mays* L.) *Agronomia Subriograndense*, Porto Alegre, v.15, n.1, p.119-125, 1979.
- COELHO, A.M. Balanço de nitrogênio (^{15}N) na cultura do milho (*Zea mays* L.) em um Latossolo Vermelho-Escuro fase cerrado. Lavras, MG: ESAL, 1987. 142p. Tese Mestrado.
- COELHO, A.M.; SILVA, B.G. da. Fontes de nitrogênio na consorciação milho verde e feijão. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 15., Maceió, Al, 1984. *Anais*. Brasília: EMBRAPA/DDT/EPEAL, 1986. p. 323-330.

- COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E.; BAHIA FILHO, A.F.C.; GUEDES, G.A. A. Efeito de doses e métodos de aplicação de fertilizantes nitrogenados na cultura do milho sob irrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 18, Vitória ES, 1990. **Resumo**. Vitória: EMCAPA, 1990. p.105.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (Lavras, MG). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 4ª aproximação, Lavras: 1989. 159p.
- RELATÓRIO TÉCNICO ANUAL CERRADOS. Planaltina, DF.; EMBRAPA-CPAC, v.1, 1976. 150 p.
- FRIBOURG, H.A.; BRYAN, W.E.; LESSMAN, E.M.; MANNING, D.M. Nutrient uptake by corn and grain sorghum silage as affected by soil type, planting date, and moisture regime. **Agronomy Journal**, Madison, v.68, p.260-263, 1976.
- GROVE, L.T. **Nitrogen fertility in oxisols and ultisols of the humid tropics**. New York, Cornell University, 1979. 27p. (Cornell International Agricultural Bulletin, 36).
- GROVE, L.T.; RITCHEY, K.D.; NADERMAN JR., G.C. Nitrogen fertilization of maize on oxisol of the cerrado of Brazil. **Agronomy Journal**, Madison v.27, n.2, p.261-265, 1980.
- KATYAL, J.C.; SINGH, B.; VLEK, P.L.G.; BURESCH, R.J. Efficient nitrogen use as affected by urea application and irrigation sequence. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.51, p.366-370, 1987.
- LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G. **Uso Eficiente de Fertilizantes: aspectos agronômicos**. São Paulo, ANDA, 1990. 60p. (Boletim Técnico, 4).
- MEIRA, J.L.; PIZARRO, E.A.; CRUZ, J.C.; RODRIGUES, N.M. Efeito de diferentes níveis de nitrogênio, espaçamentos e populações de plantas sobre a produção e qualidade da silagem de milho. **Projeto Milho e Sorgo**. Relatório 75/77, Belo Horizonte: EPAMIG, 1978. p.21-27.

- NEPTUNE, A.M.L. Efeito de diferentes épocas e modos de aplicação de nitrogênio na produção do milho, na quantidade de proteína, na eficiência do fertilizante e na diagnose foliar utilizando sulfato de amônio - 15N. **Anais da ESALQ**, Piracicaba, v.34, n.1, p.515-539, 1977.
- NOVAIS, M.V.; NOVAIS, R.F.; BRAGA, J.M. Efeito da adubação nitrogenada e de seu parcelamento sobre a cultura do milho em Patos de Minas. **Revista Ceres**, Viçosa, v.21, n.115, p.193-202, 1974.
- OTTMAN, J.M.; WELCH, L.F. Planting patterns and radiation interception, plant nutrient concentration, and yield in corn. **Agronomy Journal**, Madison, v.81, p.167-174, 1989.
- QUAGGIO, J.A.; SAKAI, M.; ISHIMURA, I.; SAES, L.A.; BATAGLIA, O.C. Calagem para a rotação feijão-milho verde em solo orgânico do Vale do Rio Ribeira de Iguape (SP) a. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.9, p.255-261, 1985.
- RAIJ, B. Van.; FEITOSA, C.T.; CANTARELA, H.; CAMARGO, A.P.; DECHEN, A.R.; ALVES, S.; SORDI, G.; VEIGA, A.A.; CAMPANA, M.P.; PETINELLI, A.; NERY, C. Análise de solo para discriminar a adubação para a cultura do milho. **Bragantia**, Campinas, v.40, n.6, p.57-75, 1981.
- SILVA, A.R. da Melhoria genética para resistência à toxidez de alumínio e manganês no Brasil: antecedentes, necessidade e possibilidades. Tópicos para discussão e pesquisas. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.28, n.2, p.147-149, 1976.
- TOUCHTON, J.T.; HARGROVE, W.L. Nitrogen sources and methods of application for no-tillage corn production. **Agronomy Journal**, Madison, v.74, p.823-826, 1982.