

CALAGEM E ADUBAÇÃO NA CULTURA DO SORGO

Carlos Alberto Vasconcellos
Hélio Lopes dos Santos
Gonçalo Evangelista de França

Através da pesquisa, cada Estado procura estabelecer tabelas de recomendação para a correção da acidez e adubação do solo com base na análise química. Os resultados que orientam a elaboração destas tabelas dependem de uma série de fatores. As recomendações, portanto, são variáveis de local para local. Por outro lado, dado o caráter dinâmico dos resultados, periodicamente as recomendações são reformuladas em conformidade com os novos resultados científicos.

De um modo geral, pode-se afirmar que existem duas possibilidades para se aumentar a produção de alimentos: aumento da área plantada e aumento da produtividade.

Em ambas as possibilidades, dadas as condições de baixa fertilidade e alta acidez nociva da maioria dos solos brasileiros, é indiscutível a necessidade do uso do calcário e da adubação para produções adequadas economicamente.

Acidez e calagem

Necessidade da Calagem

Com a prática da aplicação do calcário objetiva-se, basicamente, a redução da solubilidade dos elementos tóxicos (alumínio e/ou manganês), que, em determinadas concentrações, pode limitar a produção de sorgo.

O neutralizante mais empregado para diminuir a presença destes elementos tóxicos é o calcário calcítico ou o dolomítico, apesar da existência de outros materiais. O calcário dolomítico, além de neutralizar o alumínio, fornece cálcio e magnésio ao solo, em quantidades adequadas à nutrição das plantas. Alguns estudos têm evidenciado que a relação ideal entre os teores de cálcio e de magnésio do corretivo deve variar de 3:1 a 5:1.

Normalmente, a necessidade de calagem tem sido estimada por três metodologias básicas:

- Eliminar apenas o alumínio trocável;
- Elevar o pH do solo a um determinado valor;
- Elevar a porcentagem de saturação de bases.

A idéia básica da primeira metodologia é a de que, em solos ácidos, o alumínio é o principal componente da acidez. A necessidade de calagem por esta metodologia é igual à concentração do Al (meq/100 cc do solo) multiplicado pelo fator 2 de calagem, sendo o resultado expresso em toneladas de calcário/ha. Em Minas Gerais, ao lado do fator 2, utiliza-se o conceito de completar os teores de Ca + Mg para 2 meq/100 cc. Assim, a fórmula utilizada para o cálculo é:

$$\text{Necessidade de calagem (t/ha)} = 2 \times \text{Al} + [2 - (\text{Ca} + \text{Mg})]$$

Apenas como exemplo, na Tabela 1 estão apresentados os resultados do efeito de níveis de calcário sobre a porcentagem de saturação de Al em Latossolo Vermelho-Escuro (LE), fase cerrado, localizado em Sete Lagoas. A necessidade de

calagem foi estimada em 7 t/ha, cuja aplicação eliminou praticamente todo o alumínio trocável.

TABELA 1 — Efeito dos Níveis de Calcário na Porcentagem de Saturação de Alumínio

| Níveis de calcário (t/ha) ¹ | pH | % Saturação de Al |
|--|-----|-------------------|
| 0 | 4,6 | 63 |
| 2 | 4,8 | 46 |
| 7 | 5,2 | 5 |

¹ Al' = 2,8 meq/100 cc; Ca + Mg' = 0,65 meq/100 cc
PRNT = 100%.

A segunda metodologia tem como objetivo elevar o pH a um determinado valor. A quantidade de calcário necessária é maior neste método, porque, além do alumínio, outros componentes da acidez do solo terão que ser neutralizados. Neste caso, a recomendação mais usual é conhecida como SMP (Shoemaker, McLean e Pratt). É baseada na reação do solo como uma solução especial (tampão) que sofre uma depressão de pH quando em contato com o solo. A necessidade de calagem é determinada por esta depressão, através de uma tabela previamente elaborada.

Já a metodologia de saturação de bases baseia-se na recomendação da calagem de acordo com a exigência das culturas. Para as culturas mais exigentes, recomenda-se elevar a saturação de bases a um valor próximo de 60%, enquanto que para as mais tolerantes sugere-se sua elevação para 40%.

Para a determinação da necessidade de calcário, usa-se a seguinte fórmula:

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

onde: NC = a necessidade de calcário em t/ha a 20cm de profundidade e com o PRNT corrigido a 100%.

T = capacidade de troca de cátions do solo.

V₂ = percentagem de saturação de bases desejadas.

V₁ = percentagem de saturação de bases indicadas pela análise do solo.

Escolha do Corretivo

A escolha de um corretivo deve levar em conta os seguintes aspectos:

- poder relativo de neutralização total (PRNT);
- relação Ca/Mg;
- preço da tonelada do PRNT, colocada na propriedade.

O PRNT estima a eficiência total do material corretivo, através do valor neutralizante (% equivalente de CaCO_3), e da eficiência relativa, determinada em função da granulometria do calcário. Todas as recomendações de calcário devem ser efetuadas com base no PRNT a 100%. Caso o calcário adquirido possua um valor superior ou inferior a 100%, é necessário corrigir a quantidade recomendada.

Em solos com baixos teores de magnésio, o uso de calcário calcítico poderá promover um desequilíbrio nutricional, com conseqüente aparecimento da deficiência de magnésio na cultura.

Com relação ao preço, os corretivos são vendidos sem considerar suas qualidades. É necessário que se calcule o preço real do corretivo em função do PRNT e que se observe a relação entre o cálcio e o magnésio.

Entre dois calcários, deverá ser escolhido o que apresentar a tonelada de PRNT mais barata.

O preço do corretivo em função do PRNT pode ser calculado através da seguinte expressão:

$$\frac{\text{Preço/tonelada} \times 100}{\text{PRNT}} = \text{preço real do corretivo}$$

Influência do Alumínio no Desenvolvimento do Sorgo

A toxidez causada pelo alumínio é um fator importante que limita a produtividade do sorgo em solos ácidos. O aparecimento dos sintomas de toxidez devido ao alumínio faz-se sentir, primeiramente, no sistema radicular. As raízes afetadas são curtas, grossas e com poucas ramificações.

As plantas apresentam pequeno desenvolvimento da parte aérea, e as folhas tornam-se arroxeadas ou com tonalidade de um amarelo pálido.

Como o alumínio interfere na absorção e utilização de vários elementos essenciais à nutrição mineral do sorgo, tais como: Ca, Mg, K, Fe, P e outros, também é comum o aparecimento das deficiências destes elementos.

Influência do Cálcio e do Magnésio na Nutrição Mineral

O calcário, além de eliminar o alumínio, que precipita como $\text{Al}(\text{OH})_3$, fornece cálcio e magnésio ao solo e às plantas. Deve-se observar que tanto o cálcio como o magnésio são retirados dos solos pelos sucessivos cultivos.

O cálcio e o magnésio são absorvidos pelas plantas na forma iônica (Ca^{2+} e Mg^{2+}). O cálcio é o elemento principal da lamela média das paredes celulares, razão pela qual apresenta importante relação com a resistência mecânica dos tecidos vegetais.

Em condições de deficiência de cálcio, há uma acentuada redução no crescimento das plantas e ausência de perfilhamento. As folhas mais novas apresentam clorose internerval, com as margens esbranquiçadas e dilaceradas. As folhas novas não se desenvolvem e apresentam-se enrugadas.

Além de sua grande importância na nutrição mineral do sorgo, o magnésio tem também a sua importância como um dos principais componentes da clorofila. Este elemento funciona, ainda, como ativador de várias enzimas relacionadas com o metabolismo dos carboidratos e na síntese de ácidos nucléicos e de proteínas.

Os sintomas de deficiência podem aparecer logo nos primeiros dias após a emergência das plântulas. Há redução no crescimento e ausência de perfilhos. As

folhas mais velhas apresentam-se com clorose internerval. A coloração bronzeada em listras longitudinais, que aparecem nas folhas mais velhas, também é característica da deficiência de magnésio.

Os teores de cálcio e magnésio trocáveis podem ser interpretados como demonstrado na Tabela 2.

| TABELA 2 — Teores de Cálcio e Magnésio Trocáveis | | |
|--|-----------------------|-----------|
| Classificação | Elemento — meq/100 cc | |
| | Cálcio | Magnésio |
| Baixo | 0 a 1,5 | 0 a 0,5 |
| Médio | 1,6 a 4,0 | 0,6 a 1,0 |
| Alto | < 4,0 | < 1,0 |

FONTE: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1978).

Nitrogênio

O nitrogênio constitui um dos elementos essenciais ao desenvolvimento e crescimento das plantas pelas suas funções relevantes na produção e síntese dos aminoácidos. Apresenta-se em níveis deficientes na maioria dos solos brasileiros, estando predominantemente ligado aos compostos orgânicos. Como elemento fundamental da proteína, é encontrado nos resíduos de plantas e animais. O nitrogênio orgânico, apesar de não ser prontamente absorvido pelas plantas, constitui a principal fonte de elemento no solo. As elevadas temperaturas, associadas à umidade do solo, promovem a rápida decomposição da matéria orgânica e, como consequência, o nitrogênio orgânico é convertido na forma mineral.

É absorvido pelas plantas em duas formas: nítrica (NO_3^-) e amoniacal (NH_4^+); sendo, entretanto, a forma nítrica a mais absorvida. Em contrapartida, a forma nítrica é fracamente retida pelas micelas do solo e, como consequência, está mais sujeita aos processos de perda por lixiviação. Já a forma amoniacal apresenta a vantagem de ser melhor retida pelos colóides do solo, o que diminui sua perda através do perfil. A perda acentuada do nitrogênio no solo, seja por lixiviação, volatilização ou por erosão, constitui a principal razão do parcelamento do nitrogênio no cultivo de sorgo.

O nitrogênio é absorvido durante quase todo o ciclo vegetativo do sorgo, sendo que o período de maior necessidade inicia-se entre os 30-40 dias após a emergência das plantas. Por esta razão, recomenda-se o seu parcelamento em duas épocas distintas, ou seja, no plantio para suprir a planta nos primeiros estádios de seu desenvolvimento, e 30-40 dias após a sua emergência, o que coincidirá com a época do

início da formação das panículas, ponto este de real importância no processo produtivo do sorgo.

Resultados experimentais com a cultura do sorgo granífero evidenciam a necessidade de se adicionarem 10 kg de N/ha no plantio e mais 30-40 kg de N em cobertura, na época recomendada para esta operação. Recomenda-se incorporar o adubo nitrogenado a 5-10 cm de profundidade, especialmente a uréia, para reduzir possíveis perdas por volatilização de amônia.

A deficiência de nitrogênio nas plantas de sorgo manifesta-se por apresentar plantas com reduzido desenvolvimento vegetativo e com coloração verde-pálida. O amarelecimento ocorre inicialmente nas folhas baixas, ou seja, as mais velhas. Quando a deficiência se agrava, as folhas mais novas apresentam cor verde-pálida.

Com relação às fontes nitrogenadas à disposição no comércio, todas elas se tem comportado de maneira semelhante quanto à produção. Sua escolha deverá recair em função do preço do kg de N e das condições químicas e físicas de cada tipo de solo.

Fósforo

O fósforo ocorre nas plantas em quantidades menores do que as de nitrogênio, potássio e cálcio. É um elemento que desempenha papel fundamental na transferência e na utilização de energia pelas plantas, além de tomar parte numa série de compostos vitais ao metabolismo dos vegetais.

A principal forma de absorção de fósforo pelas plantas é $H_2PO_4^-$, que predomina em condições mais ácidas. As formas HPO_4^{2-} e PO_4^{3-} são absorvidas em menor quantidade e predominam em condições mais alcalinas.

A deficiência de fósforo acarreta redução no crescimento das plantas e do sistema radicular. As folhas mais velhas apresentam-se com uma coloração arroxeada. O aparecimento, nas folhas mais velhas, de uma larga faixa amarelada, na margem e na ponta das folhas, também tem sido descrito como sintoma de deficiência de fósforo.

É fato conhecido que a maioria dos solos do Brasil apresenta baixos teores de fósforo "disponível" e alta capacidade de retenção de fósforo.

Como fósforo "disponível" entende-se o teor de fósforo obtido após reagir o solo com uma solução química, denominada extrator. O extrator empregado na maioria dos laboratórios de análise de solo é o Carolina do Norte (H_2SO_4 0,025 N + HCl 0,05N).

De modo geral, os teores de fósforo no solo obtidos por este extrator, quando superiores a 10 ppm (solo argiloso) e 20 ppm (solo arenoso), indicam que a resposta à adubação fosfatada é mínima.

A alta capacidade de retenção de fósforo indica que grande parte dos fosfatos solúveis aplicados no solo ficam retidos por constituintes do solo ou controlados por compostos menos solúveis, ambos limitando sua utilização pelas plantas. Sabe-se que não mais de 20% do fósforo aplicado ao solo são prontamente aproveitados pelos vegetais.

Com o objetivo de reduzir os custos com a adubação e de aumentar a eficiência dos fertilizantes solúveis, tem-se procurado utilizar os fosfatos naturais aplicados como adubação de correção. Teoricamente, o fósforo destas fontes insolúveis passariam para formas mais solúveis quando na presença de prótons (H^+) do solo, isto é, valores de pH do solo mais baixos.

O uso de fosfatos naturais, entretanto, requer cuidado na interpretação dos

teores de fósforo, “disponível”, devido ao fato do extrator ácido retirar fósforo que ainda não reagiu com o solo. Através dos dados apresentados na Tabela 3, pode-se verificar que a maior produção de sorgo foi obtida com 12 ppm de P para o Super Triplo. Com o uso do Fosfato de Araxá e Patos de Minas, houve indicação de maiores teores de fósforo “disponível”, que não se traduziram em maiores produções.

Na Tabela 4 são apresentados os critérios para interpretação dos valores analíticos do fósforo e as recomendações de adubação. Deve-se frisar que estes valores são aproximados e necessitam de mais trabalhos para seu aprimoramento.

TABELA 3 — Valores Médios para a Produção Relativa do Sorgo NK 233 e Fósforo “Disponível” pelo Extrator Carolina do Norte. Sete Lagoas, 1979

| Fonte | Produção Relativa % | Fósforo Disponível ppm |
|---------------------------|---------------------|------------------------|
| Super Triplo | 77,5 100,0 | 5,7 12,0 |
| Fosfato de Araxá | 56,7 61,5 | 8,0 13,0 |
| Fosfato de Patos de Minas | 52,7 63,6 | 8,8 54,8 |

TABELA 4 — Interpretação de Fósforo “Disponível” no Solo e Recomendações de Adubação Fosfatada para a Cultura do Sorgo.

| Classificação | Textura | | Recomendação kg de P ₂ O ₅ /ha Plantio |
|---------------|-----------------|----------|--|
| | Média e Arenosa | Argilosa | |
| | ----- ppm ----- | | |
| Baixo | Até 10 | Até 5 | 90 |
| Médio | 11 – 20 | 6 – 10 | 60 |
| Alto | > 20 | > 10 | 30 |

FONTE: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1978).

Potássio

A maior parte do potássio em solos minerais encontra-se na forma de minerais primários (90-98%), sendo, porém, gradualmente liberado para as formas mais solúveis, graças à ação do intemperismo.

O potássio é absorvido pelas plantas na forma de K^+ , permanecendo na forma iônica nas várias partes do vegetal.

A acumulação de potássio é mais rápida nos estádios iniciais do crescimento do sorgo. Evidências científicas mostram que 70% do potássio acumulado até a maturação já se encontrava presente na planta antes da emissão da panícula.

No caso específico do sorgo, observa-se que as respostas a potássio não têm sido expressivas. É necessário, porém, que se faça a adubação de reposição anual do elemento, em função da sua remoção pelas colheitas. Recomenda-se acompanhar a evolução do nível de fertilidade do solo através da análise química. As adubações potássicas na base de 30-60 kg de K_2O /ha são recomendadas para o cultivo de sorgo granífero, ajustando-se a quantidade em função da análise do solo.

O potássio deverá ser aplicado nos sulcos de plantio, evitando seu contato com as sementes, tendo em vista o seu efeito salino e danoso para a germinação das sementes, principalmente quando na presença de estresse de umidade.

Na Tabela 5 são apresentados os critérios para interpretação do potássio "disponível" e as recomendações de adubação potássica de plantio.

| Classificação | Teores de K Disponível ppm | Recomendação kg de K_2O /ha |
|---------------|----------------------------|-------------------------------|
| Baixo | até 30 | 60 |
| Médio | 31 a 60 | 45 |
| Alto | > 60 | 30 |

FONTE: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1978).

Zinco

Dentre os diversos micronutrientes, observa-se que a deficiência de zinco na cultura do sorgo, principalmente em solos sob vegetação de cerrado, é a que tem ocorrido com maior frequência.

Encontra-se no solo em forma bivalente, Zn^{++} sendo mais disponível para as plantas em solos ácidos. Por esta razão, devem ser tomados cuidados especiais quanto à quantidade de calcário a ser aplicada.

A deficiência de zinco na cultura do sorgo caracteriza-se por apresentar plantas de pequeno porte e com internódios curtos. As folhas superiores apresentam-se com

listras amareladas entre as nervuras, enquanto as mais novas tornam-se praticamente brancas.

Em cultura já estabelecida, o modo mais prático de sanar sua deficiência é a pulverização com uma solução que contenha 2 kg de $ZnSO_4$ na presença de 1 kg de $Ca(OH)_2$ e diluídos em 400 litros de água, quantidade esta suficiente para a pulverização de 1 ha. Recomenda-se filtrar a solução para evitar entupimento dos bicos do pulverizador.

A aplicação de zinco poderá ser realizada também nos sulcos de plantio, na base de 20 kg de sulfato de zinco comercial/ha, ano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVAREZ, V. H.; DEFELIPO, B.V. & BARROS, N. F. Resposta do sorgo à aplicação de micronutrientes num latossolo vermelho-amarelo de Itamarandiba, Minas Gerais. **Rev. Ceres**, Viçosa, 251(137):79-86, 1978.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS, Lavras, MG. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais; 3ª aproximação**, Belo Horizonte, EPAMIG, 1978. 80 p.
- FONTES, L. A. N. & MOURA FILHO, W. Calagem e adubação. **Inf. Agropec.**, Belo Horizonte, 5(56):17-9, 1979.
- ROSOLEM, C. A.; MALAVOLTA, E. & BRINHOLI, O. Estudos sobre a nutrição mineral do sorgo granífero. VIII. Efeitos do fósforo. **Anais da ESALQ**, Piracicaba, 37(1):49-61, 1980.
- ROSOLEM, C. A.; MALAVOLTA, E. & MACHADO, J. R. Estudos sobre a nutrição mineral do sorgo granífero. IX. Efeitos do potássio. **Anais da ESALQ**, Piracicaba, 37(1):143-55, 1980.
- SADER, R.; AKABAME, N. H.; SOUZA, E. A. & COUTINHO, E. L. M. Efeito da fertilização potássica na produção de grãos e em algumas características morfológicas do *Sorghum bicolor* (L.) Moench (sorgo). **Científica**, 4(3):308-14, 1976.