

ADUBAÇÃO E CALAGEM NA CULTURA DO SORGO

Carlos Alberto Vasconcellos
Hélio Lopes dos Santos
Gonçalo Evangelista de França

1. Introdução

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, tais como: condições climáticas da região, tipos de solos, espécies e variedades, tratos culturais, etc. Estas tabelas, portanto, são variáveis de local para local.

Por outro lado, dado ao caráter dinâmico dos resultados, periodicamente as tabelas de recomendação são reformuladas de conformidade com os novos resultados científicos.

2. Acidez e calagem

2.1. Necessidade da calagem

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

O neutralizante mais empregado para eliminar a presença dos 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, elementos essenciais à nutrição mineral 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 duas metodologias básicas:

- a) Eliminar apenas o alumínio trocável;
- b) Elevar o pH do solo a um determinado valor.

A idéia básica da primeira metodologia é a de que, em solos minerais intemperizados, o alumínio é o principal componente da acidez. A necessidade de calagem por esta metodologia é igual à concentração do Al^{+3} (eq. mg/100 cc do solo) multiplicado pelo fator 2 de calagem, e o resultado é expresso em toneladas de calcário/ha. Em Minas Gerais, ao lado do fator 2, utiliza-se o conceito de completar os teores de $Ca^{+2} + Mg^{+2}$ para 2 eq. mg/100 cc. Assim, a fórmula utilizada para o cálculo é:

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

Apenas como exemplo, na Tabela 1 estão apresentados os resultados do efeito de níveis de calcário sobre a porcentagem de saturação de Al^{+3} em Latossolo Vermelho Escuro (LE), fase cerrado, localizado no CNPMS. A necessidade de calagem foi estimada em 7 t/ha; a sua aplicação eliminou praticamente todo o alumínio trocável.

TABELA 1.

Efeito dos níveis de calcário na porcentagem de saturação de Al^{+3} .

Níveis de calcário (t/ha) $\frac{1}{/}$	pH	% saturação de Al^{+3}
0	4,6	63
2	4,8	46
7	5,2	5

$$\frac{1}{/} Al^{+3} = 2,8 \text{ eq.mg/100cc; } Ca^{+2} + Mg^{+2} = 0,65 \text{ eq.mg/100cc}$$

Na segunda metodologia, como o objetivo é elevar o pH a um determinado valor, a quantidade de calcário é maior. Além do alumínio, outros componentes de 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. A necessidade de calagem é determinada por esta depressão, através de uma tabela previamente elaborada.

2.2. 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.

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 são 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, contendo apenas o cálcio, poderá promover um desequilíbrio nutricional, com conseqüente aparecimento da deficiência de magnésio.

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:

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

2.3. Influência do alumínio no desenvolvimento do sorgo

A toxidez do 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.

Na parte aérea da planta, os sintomas são semelhantes à deficiência de fósforo, com plantas atrofiadas e folhas arroxeadas.

Como o alumínio interfere na absorção, transporte 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.

2.4. 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 intensamente retirados dos solos pelos sucessivos cultivos.

O cálcio e o magnésio são absorvidos pelas plantas na forma iônica e podem provir da solução do solo ou do complexo sortivo, pelo processo de troca catiônica.

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. É também essencial para neutralizar os efeitos prejudiciais de elementos tóxicos nos tecidos e para favorecer a absorção de nutrientes através do sistema radicular.

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 mar-

gens esbranquiçadas e dilaceradas. As folhas novas não se desenvolvem e apresentam-se enrugadas.

A importância do magnésio para as plantas deve-se ao fato de ser um dos componentes de clorofila (2,7% do total). Este elemento funciona, ainda, como ativador de várias enzimas relacionadas com o metabolismo dos carboidratos e na síntese de ácidos nucleicos 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 intertinal. A coloração bronzeada em listras longitudinais, que aparecem nas folhas mais velhas, também é característica da deficiência de magnésio.

3. Fósforo

O fósforo ocorre nas plantas em quantidades menores do que as de nitrogênio, potássio e cálcio. Como fator limitante nos solos, o fósforo é tão importante quanto os demais nutrientes. 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 P pelas plantas é a de $\text{H}_2\text{PO}_4^{-1}$, que predomina em condições mais ácidas. As formas HPO_4^{-2} e PO_4^{-3} são absorvidas em menor quantidade e predominam em condições 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 sintomas da deficiência de fósforo.

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

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.

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 dos fosfatos indica que grande

parte dos fosfatos solúveis aplicados no solo ficam retidos por constituintes do solo, 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 se reduzirem 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.

O uso de fosfatos naturais, entretanto, requer cuidado na interpretação dos teores de fósforo "disponível", devido ao fato de o extrator ácido retirar fósforo que ainda não reagiu com o solo. Através dos dados apresentados na Tabela 2, pode-se verificar que a maior produção do 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.

Desta forma, para o sucesso da adubação, é necessário que o técnico encarregado das recomendações possua o histórico da área.

TABELA 2.

Valores médios para a produção do sorgo NK 233 e fósforo "disponível" pelo extrator Carolina do Norte. Sete Lagoas, 1979.

Fonte	Prod. Relativa %	Fósforo disponível ppm
Super Triplo	77,5	5,7
	100,0	12,0
Fosfato de Araxá	56,7	8,0
	61,5	13,0
Fosfato de Patos de Minas	52,7	8,8
	63,6	54,8

Ainda em relação aos fosfatos naturais, na Tabela 3 estão expressos os valores para o Fator de Substituição (FS):

$$FS = \frac{\text{Tratamento com adubo} - \text{Testemunha}}{\text{Nível de } P_2 O_5 \text{ total}}$$

TABELA 3.

Valores do Fator de Substituição (FS) em função da fonte e do nível de fertilizante fosfatado (valor médio de três anos).

Fonte	Nível de $P_2 O_5$ total ¹⁾			
	100	200	400	800
—	—	—	—	—
Hiperfosfato	10,2	—	3,4	—
Termofosfato de Yoorin	7,9	—	4,0	3,6
Termofosfato de IPT	12,8	—	1,9	—
Fosfato de Abaeté	6,1	—	2,9	—
Fosfato de Araxá	5,8	—	3,0	1,8
Fosfato de Catalão	7,4	—	2,2	—
Fosfato de Jacupiranga	3,8	—	2,0	—
Fosfato de Patos de Minas	1,7	3,9	—	1,6
Fosfato de Tapira	7,6	—	1,0	1,8
Super Triplo	9,5	6,7	5,5	2,2

¹⁾ Adubação efetuada como correção

Em termos econômicos, a fonte a ser usada e o nível de adubação serão convenientes quando a relação do preço kg de $P_2 O_5$ total/preço do produto for inferior aos valores do fator de substituição.

Em termos de produtividade, ao nível de 100 kg de $P_2 O_5$ /ha, o hiperfosfato, o termofosfato de IPT e o termofosfato de Yoorin foram mais eficientes do que o superfosfato triplo.

Dentre os fosfatos naturais, destacam-se as respostas do fosfato de Catalão, de Tapira e Abaeté. Na Tabela 4 estão apresentadas algumas características destes fosfatos.

TABELA 4.

Algumas características químicas e físicas dos fosfatos.

Fonte	P ₂ O ₅ %		Granulometria (mesh). Dados em %				
	Total	Ácido cítrico a 2%	> 60	60–100	100–150	150–200	< 200
Hiperfosfato	29,96	14,32	—	0,4	5,0	11,6	83,0
Termofosfato de Yoorin	19,53	16,71	11,2	14,4	10,8	13,0	50,6
Termofosfato IPT	30,81	8,98	11,6	13,0	9,0	29,0	32,4
Fosfato de Abaeté	21,04	4,33	50,7	21,1	8,3	9,3	10,6
Fosfato de Araxá	25,97	4,08	0,6	4,4	10,0	14,2	70,8
Fosfato de Catalão	41,78	2,60	0,2	3,1	10,4	13,0	73,3
Fosfato de Jacupiranga	36,90	2,20	1,0	1,3	1,8	3,7	92,2
Fosfato de Patos de Minas	25,79	6,72	0,4	1,2	3,6	9,2	85,6
Fosfato de Tapira	30,94	3,10	3,0	22,1	21,4	14,0	39,5
Superfosfato Triplo	53,29	45,20	—	—	—	—	—

4. Nitrogênio

O nitrogênio constitui um dos elementos essenciais ao desenvolvimento e crescimento das plantas pelas suas funções relevantes na produção e síntese de 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 do 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 pelas plantas. 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 do solo. A perda acentuada do nitrogênio do solo, seja ela 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, 1/3 no plantio para suprir a planta nos primeiros estádios de seu desenvolvimento, e os 2/3 restantes aos 30-40 dias após a 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 grânifero evidenciam a necessidade de se adicionar de 20-30 kg de N/ha no plantio e mais 40 kg de N em cobertura, na época recomendada para esta operação.

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 têm se 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.

5. 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 a 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 grânifero, 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, quando na presença de "stress" de umidade.

6. 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 ao nível de calcário a ser aplicado.

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 $ZnSO_4$; 1 kg de $Ca(OH)_2$, diluídas em 400 litros de água, quantidade esta suficiente para a pulverização de 1ha. 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.