

# Nutri-Fatos

## Informação agronômica sobre nutrientes para as culturas

### NITROGÊNIO

*É uma verdade –  
o nitrogênio é exigido pelas culturas<sup>1</sup>*

Sabia que quase 80% do ar que respiramos é constituído pelo nitrogênio (N)? É verdade. De fato, cada hectare de terra no mundo é coberto por cerca de 90 milhões de quilos de N... 90 mil toneladas. Nem um quilo deste N pode ser usado pelas plantas até que ele seja modificado por processos naturais ou por meio da produção de fertilizantes comerciais.

Através de vários processos de "fixação", o N atmosférico gasoso é transformado em forma utilizável pela planta...ou amônio ou nitrato. Ele pode ser fixado pelo relâmpago e levado à superfície da terra através da chuva ou da neve. Ele pode ser fixado por certos organismos do solo e nos nódulos das raízes das leguminosas.

A fixação industrial fornece as milhões de toneladas de fertilizantes nitrogenados comercialmente exigidos para se cultivar plantas em todo o mundo.

#### O nitrogênio e as culturas

O nitrogênio é o elemento exigido pelas culturas em geral em maior quantidade que qualquer outro macronutriente. Algumas culturas, entretanto, absorvem mais potássio (K) do que N. A Tabela 1 mostra as quantidades de nitrogênio exigidas pelas principais culturas.

#### O nitrogênio nos solos

A quantidade de N suprida pela maioria dos solos é pequena. Muito pouco é encontrado nas rochas e minerais; muito

O nitrogênio é o elemento da qualidade porque ele faz parte da composição das proteínas de todas as plantas e animais. O valor nutritivo do alimento que consumimos depende muito da disponibilidade de N para o desenvolvimento da planta e do animal.

do N do solo vem da matéria orgânica. A matéria orgânica libera o N lentamente, sendo a taxa controlada por fatores como temperatura, umidade e textura.

Tabela 1. As plantas são grandes consumidoras de nitrogênio.

Cultura	Nível de produção	Total absorvido, kg
Algodão	750 kg de fibra	90
Amendoim <sup>1</sup>	2 t de grãos	120
Arroz	3 t de grãos	103
Café <sup>2</sup>	3 t de grãos	157
Cana	100 t de colmos	150
Eucalipto	100 m <sup>3</sup> de madeira	80
Feijão <sup>1</sup>	1 t de grãos	110
Forrageiras		
gramíneas	1 t de mat. seca	17
leguminosas <sup>1</sup>	1 t de mat. seca	32
Laranja <sup>3</sup>	18 t de frutos	96
Milho	5 t de grãos	106
Soja <sup>1</sup>	2,5 t de grãos	157
Tomate	40 t de frutos	116
Trigo	3 t de grãos	56

<sup>1</sup> As leguminosas fixam parte do N do ar.

<sup>2</sup> Quantidade absorvida entre 5,5 e 6,5 anos de idade para uma produção de 50 sacas beneficiadas.

<sup>3</sup> Quantidade total contida em um pomar produzindo 2 caixas de 40,8 kg/pé, densidade de 210 plantas/ha.

Em geral, cerca de 20 a 30 kg de N por hectare são liberados anualmente para cada 1% de matéria orgânica contida no solo. Assim, um solo com 2% de matéria orgânica poderia liberar 40 a 60 kg de N no ano. Um dos produtos da decomposição da matéria orgânica, mineralização é o termo correto, é o amônio, que pode ser retido pelo solo, absorvido pelas plantas ou convertido em nitrato. O nitrato pode ser usado pelas plantas, lixiviado para fora da zona das raízes ou convertido a N gasoso e perdido para a atmosfera.

A relação entre N indisponível para as plantas (matéria orgânica) e N disponível para as plantas (amônio e nitrato) é ilustrada na Figura 1.

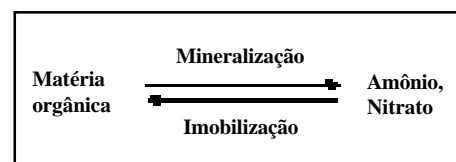


Figura 1. Mais de 90% do N do solo estão contidos na matéria orgânica, não prontamente disponível para o uso da planta.

#### Escolha de uma fonte de nitrogênio

Como a maioria dos solos não é capaz de fornecer quantidades suficientes de N para garantir o crescimento e a produção econômica de muitas culturas, os fertilizantes comerciais são largamente usados para suprir as necessidades das plantas. Esterco, lodo de esgoto e outros resíduos são fontes aceitáveis... desde que disponíveis. Porém, estas fontes são difíceis de manejar e não são economicamente transportadas a longas distâncias.

<sup>1</sup> Tradução e adaptação do original "It's the Truth – Nitrogen Is Required by Plants", PPI, Norcross, EUA, por Eurípedes Malavolta.

A escolha da fonte correta de N deve se basear em vários fatores, incluindo disponibilidade, preço, cultura a ser adubada, época e métodos de aplicação, sistemas de manejo e outros. Sob o ponto de vista de uma eficiente nutrição de planta, entretanto, um kg de N é um kg de N... desde que a fonte escolhida seja usada adequadamente. Além disso, qualquer fonte de N, orgânica ou mineral, se não for aplicada corretamente – dose, época, localização – apresenta a possibilidade de causar acumulação de níveis excessivos de nitrato na água de beber.

### Sintomas de deficiência de nitrogênio

O nível adequado de N produz folhas com coloração verde-escuro, devido ao alto teor de clorofila. A deficiência resulta em amarelecimento (clorose) das folhas devido à diminuição de clorofila.

Os sintomas de deficiência aparecem primeiro nas folhas mais velhas, depois desenvolvem-se nas mais novas conforme a situação se torna mais severa. Outros sintomas da deficiência de N incluem:

- plantas raquíticas e angulosas;
- menor perfilhamento em cereais como o arroz e o trigo;
- baixo conteúdo de proteína... na semente e nas partes vegetativas;
- quantidade reduzida de folhas;
- maior suscetibilidade a estresse por condições ambientais, pragas e doenças.

### Resposta das culturas ao nitrogênio

A necessidade de se usar N em muitas culturas é mais comum que a de outros nutrientes. A Tabela 2 mostra como a colheita de milho aumentou com a dose de N e a densidade de plantio. A adubação nitrogenada é sempre mais rentável e mais amiga do ambiente quando usada juntamente com todas as Melhores Práticas de Manejo.

Em virtude das culturas serem tão responsivas ao N, a dose ótima da adubação nitrogenada varia muito pouco em função do preço, tanto em relação à cultura quanto ao fertilizante. Isto é válido contanto que a cultura continue responsiva.

O conceito é ilustrado na Tabela 3.

Tabela 2. Maiores densidades de plantio do milho e nitrogênio interagem para aumentar a produção e a eficiência da adubação nitrogenada<sup>1</sup>.

População plantas/ha	Produção, kg/ha com doses de N kg/ha			Resposta a N kg/ha
	80	160	240	
	30.000	6.608	7.728	
60.000	8.456	9.958	11.312	2.856
90.000	9.184	11.760	12.936	3.752
Resposta à população, kg/ha	2.576	4.032	4.256	1.680

<sup>1</sup> Dados da Flórida, EUA.

Tabela 3. As doses ótimas de N (kg/ha) variam pouco com as mudanças nos preços do milho e do adubo.

Preço do milho R\$/saco	Preço do N (R\$/kg)		
	0,24	0,32	0,48
4,00	192	174	166
5,00	189	180	172
6,00	192	184	176

*O uso adequado do nitrogênio pode otimizar as produções e os lucros e ao mesmo tempo evitar qualquer possibilidade de efeito negativo sobre o ambiente: é a verdade. ■*



Deficiência de nitrogênio em cafeeiro (à esquerda, ramo normal).



Deficiência de nitrogênio em milho (Original: EMBRAPA-CNPMS).



Deficiência de nitrogênio em citros (Original: Eurípedes Malavolta).



Deficiência de nitrogênio em feijoeiro, à direita (Original: Quirino A.C. Carmello).

# FÓSFORO

## *Ele é essencial – sem fósforo as plantas não vivem<sup>1</sup>*

Não há dúvida: o fósforo (P) é essencial para o crescimento da planta. O elemento está presente em cada célula viva, da planta e do animal. Nenhum outro elemento pode substituí-lo.

O fósforo é um dos 16 nutrientes essenciais que as plantas necessitam para o crescimento e a reprodução. Ele é considerado um dos três macronutrientes, juntamente com o nitrogênio (N) e o potássio (K). Eles são considerados macronutrientes devido à quantidade relativamente alta com que são utilizados pelas plantas (Tabela 1) e à frequência com que suas deficiências limitam o crescimento delas.

**Tabela 1. Absorção de fósforo pelas culturas.**

Cultura	Nível de produção	Total absorvido kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <sup>(1)</sup>
Algodão	750 kg de fibra	32
Amendoim	2 t de grãos	19
Arroz	3 t de grãos	39
Café <sup>2</sup>	3 t de grãos	23
Cana	100 t de colmos	46
Eucalipto	100 m <sup>3</sup> de madeira	20
Feijão	1 t de grãos	22
Forrageiras gramíneas	1 t de mat. seca	4
leguminosas	1 t de mat. seca	7
Laranja <sup>3</sup>	18 t de frutos	9
Milho	5 t de grãos	45
Soja	2,5 t de grãos	34
Tomate	40 t de frutos	43
Trigo	3 t de grãos	21

<sup>1</sup> Para converter P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> em P multiplicar por 0,434.

<sup>2</sup> Quantidade absorvida entre 5,5 e 6,5 anos de idade para uma produção de 50 sacas beneficiadas.

<sup>3</sup> Quantidade total contida em um pomar produzindo 2 caixas de 40,8 kg/pé, densidade de 210 plantas/ha.

O fósforo deve ser fisicamente adicionado ao solo para aumentar a disponibilidade para as plantas. O fósforo não pode ser fixado da atmosfera.

### *O fósforo nas plantas*

O fósforo é um componente vital no processo de conversão da energia solar em alimento, fibra e óleo pelas plantas. O fósforo desempenha função-chave na fotossíntese, no metabolismo de açúcares, no armazenamento e transferência de energia, na divisão celular, no alargamento das células e na transferência da informação genética.

O fósforo promove a formação inicial e o desenvolvimento da raiz, o crescimento da planta; acelera a cobertura do solo para a proteção contra a erosão; afeta a qualidade das frutas, dos vegetais e dos grãos, e é vital para a formação da semente. O uso adequado de P aumenta a eficiência da utilização de água pela planta (= menos perdas) bem como a absorção e a utilização de todos os outros nutrientes, venham eles do solo ou do adubo. Contribui para aumentar a resistência da planta a algumas doenças. Ajuda a cultura a suportar baixas temperaturas e a falta de umidade, acelera a maturação e protege o solo mediante melhor cobertura vegetal.

### *Sintomas de deficiência*

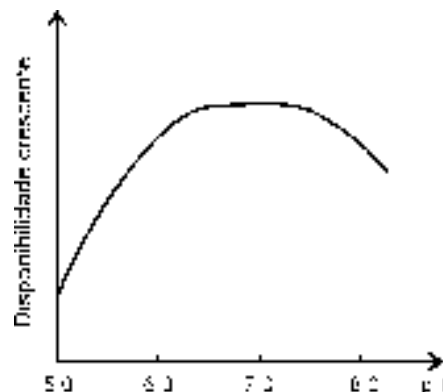
A primeira manifestação da falta de P é uma diminuição no crescimento da planta. As folhas podem ficar torcidas. Com a severidade da deficiência, áreas mortas podem se desenvolver nas folhas, nos frutos

e no caule. As folhas velhas são afetadas antes que as novas devido ao movimento do P na planta (mobilidade). Algumas plantas, tais como o milho, podem desenvolver uma coloração púrpura ou avermelhada nas folhas inferiores e no caule. Esta condição está associada à acumulação de açúcares em plantas deficientes em P, especialmente durante os períodos de baixa temperatura. A esses efeitos juntam-se menor produção, menor qualidade, baixo preço e menor lucro.

### *Onde as plantas conseguem o fósforo?*

As plantas absorvem o fósforo do solo, especificamente da solução do solo.

Somente pequenas quantidades de P estão presentes na solução do solo, porém, o suprimento deve ser continuamente reabastecido pela liberação de P dos minerais e da matéria orgânica. O pH do solo, ou a acidez, tem grande influência na disponibilidade de P para as plantas e determina as formas que elas podem utilizá-lo (Figura 1). Todo o P é absorvido pelas raízes como íon ortofosfato, H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>. O fósforo da matéria orgânica só se torna disponível quando os microrganismos do solo "quebram" a matéria orgânica em formas simples, liberando os íons fosfatos inorgânicos.



**Figura 1. A disponibilidade do P cai com a acidez e com a alcalinidade do solo.**

<sup>1</sup> Tradução e adaptação do original "It's Essential – Phosphorus Is Required by Plants", PPI, Norcross, EUA, por Eurípedes Malavolta.

Os fatores que afetam a disponibilidade de P para as plantas incluem: tipo e quantidade de minerais de argila, níveis de P no solo, aeração, compactação, teor de umidade, temperatura, pH, disponibilidade de outros nutrientes essenciais às plantas e cultura que está sendo cultivada.

### Determinação da necessidade de P da cultura

As análises do solo e da planta (folhas geralmente) podem prever se é necessário suplementar a capacidade do solo em fornecer P para a cultura.

A pesquisa vem estabelecendo quais os níveis de P no solo que estão associados com o crescimento e a produção ótimos da maioria das culturas. Do mesmo modo determinou os teores ótimos nas folhas, os quais podem variar com a idade da cultura.

Se há mais remoção de P do solo do que reposição, os níveis indicados pela análise do solo e a disponibilidade irão diminuir com o tempo. Por outro lado, se há maior fornecimento de P do que remoção, os níveis dados pela análise do solo e a disponibilidade aumentarão.

### Como satisfazer a necessidade de P das culturas

O fósforo é adicionado ao solo como adubo comercial, esterco de curral ou de galinha, lodo de esgoto, restos de colheita ou outros subprodutos. A reciclagem de fósforo contido nos esterco animais, praticada há séculos, e a de subprodutos não é, entretanto, suficiente. Há a necessidade de se usar outras fontes.

A indústria de fertilizante fosfatado foi desenvolvida para suprir esta necessidade e fornecer formas prontamente disponíveis de P, que podem ser facilmente transportadas e aplicadas. Vários métodos são utilizados para converter a rocha fosfatada em adubos. O produto final pode ser um material seco (pó, farelado ou granulado) ou fluido (solução ou suspensão).

Alguns solos, ácidos geralmente, reagem prontamente com o adubo fosfatado, reduzindo sua disponibilidade para as plantas (fixação). Essas condições podem ser compensadas pela aplicação de P bem próximo ao período de utilização pelas plantas ou aplicando-se os fertilizantes em faixas concentradas quando diminuem essas reações. As condições de estresse ambiental, que

diminuem a disponibilidade de P para as plantas, podem ser contornadas pela colocação de P próximo à semente (adubação de arranque)... mesmo quando a disponibilidade no solo for alta.

### Resposta das culturas ao fósforo

A adubação fosfatada aumenta as produções e os lucros do agricultor.

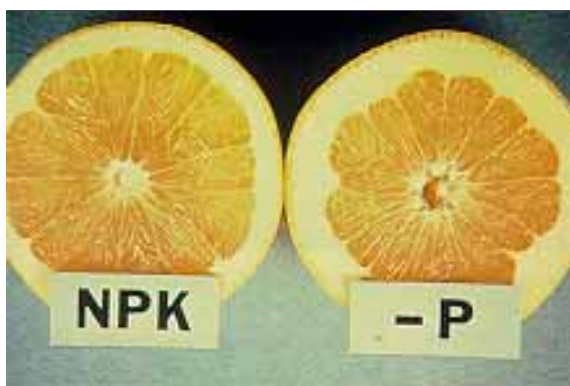
Os dados da Tabela 2 ilustram a importância do P para o aumento das produções das culturas, melhorando a eficiência do uso do N, diminuindo os custos de produção por unidade e aumentando a lucratividade da cultura.

Tabela 2. Doses adequadas de P aumentam a produção de trigo, melhoram o aproveitamento do N, diminuem os custos de produção e aumentam a lucratividade<sup>1</sup>.

N -- kg/ha --	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -- kg/ha --	Colheita sacos/ha	Eficiência do N sacos/kg N	Custo de produção R\$/saco	Lucro líquido R\$/ha
75	0	43	0,57	7,82	- 35,75
75	20	64	0,85	5,68	84,15
75	30	70	0,93	5,28	120,40
75	40	76	1,01	4,98	154,02
75	50	80	1,06	4,84	172,80

<sup>1</sup> Solo com baixo teor de P.  
P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = R\$ 0,44/kg; Trigo = R\$ 7,00/saco.

**Ninguém tenha dúvida – não há vida sem fósforo. ■**



Deficiência de fósforo em citros (Original: PPI).



Deficiência de fósforo em soja, à direita (à esquerda, folha normal).



Deficiência de fósforo em milho (Original: EMBRAPA-CNPMS).



Deficiência de fósforo em cana, à frente; ao fundo, plantas normais (Original: J. Orlando Filho).

# POTÁSSIO

## É uma realidade – o potássio é essencial para todas as plantas<sup>1</sup>

**O POTÁSSIO (K)** é um nutriente mineral essencial para plantas e animais. Por exemplo: ele é o terceiro mineral mais abundante em nossos corpos, excedido somente pelo cálcio (Ca) e pelo fósforo (P). Mais de 85% do K do corpo humano é encontrado em órgãos essenciais tais como músculos, pele, sangue e trato digestivo. Nem animais nem plantas podem sobreviver sem um suprimento adequado de K; seus efeitos são reais.

### O potássio nas culturas

As plantas exigem mais potássio do que qualquer outro nutriente, exceto o nitrogênio (N). As culturas de importância econômica contêm aproximadamente as mesmas quantidades de N e K mas o conteúdo de potássio de algumas altamente produtivas pode ser maior que o de nitrogênio. Ao contrário de outros nutrientes, o K não forma compostos nas plantas, mas permanece livre para "regular" muitos processos essenciais... incluindo ativação enzimática, fotossíntese, uso eficiente da água, formação de amido e síntese de proteína. A Tabela 1 mostra a absorção de K por algumas culturas brasileiras.

### O potássio no solo

A maioria dos solos contém centenas de quilos de K ... freqüentemente 20.000 quilos ou mais por hectare. Porém, somente uma pequena quantidade está disponível para as plantas em todo o período de desenvolvimento, provavelmente menos que 2%. O K no solo existe em três formas:

• **K indisponível:** é encontrado nos minerais do solo. Ele é liberado muito vagarosamente para estar disponível para a cultura em desenvolvimento no ano.

O potássio interage com quase todos os outros nutrientes essenciais à planta. Ele é importante para: ativação enzimática; uso eficiente da água; fotossíntese; transporte de açúcares, água e movimento de nutrientes; síntese de proteínas; formação de amido e qualidade da cultura.

Tabela 1. As culturas absorvem grandes quantidades de potássio<sup>1</sup>.

Cultura	Nível de produção	Total absorvido kg K <sub>2</sub> O
Algodão	500 kg de fibra	42
Amendoim	2 t de grãos	92
Arroz	3 t de grãos	144
Café <sup>2</sup>	3 t de grãos	187
Cana	100 t de colmos	201
Eucalipto	100 m <sup>3</sup> de madeira	35
Feijão	1 t de grãos	119
Forrageiras		
gramíneas	1 t mat. seca	27
leguminosas	1 t mat. seca	27
Laranja <sup>3</sup>	18 t frutos	73
Milho	5 t grãos	106
Soja	2,5 t grãos	100
Tomate	40 t	230
Trigo	3 t grãos	51

<sup>1</sup> Para converter K<sub>2</sub>O em K multiplicar por 0,83.

<sup>2</sup> Quantidade absorvida entre 5,5 e 6,5 anos de idade para dar uma produção de 50 sacas beneficiadas.

<sup>3</sup> Quantidade total contida em um pomar produzindo 2 caixas de 40,8 kg/pé, densidade de 210 plantas/ha.

• **K pouco disponível:** é "fixado" ou aprisionado entre as camadas de certas argilas do solo. Solos altamente intemperizados (regiões tropicais) não contém muito dessa argila.

• **K disponível:** é encontrado na solução do solo e retido na forma trocável pela matéria orgânica e pelas argilas.

O potássio movimenta-se por difusão no solo, um processo vagaroso. As raízes da cultura geralmente contactam menos que 3% do solo na qual elas crescem. Isto significa que os solos devem ser bem supridos com K para garantir a disponibilidade e o suprimento adequado para cada estágio de desenvolvimento, até a colheita. A Figura 1 ilustra como o K se "difunde" para as raízes da planta.

### Adubando com potássio

Não há uma maneira ideal de se aplicar fertilizantes potássicos. Os métodos dependem das várias condições de solo e cultura e de outras práticas de manejo... crescimento da cultura, sistema de cultivo, fertilidade do solo, mão-de-obra disponível e equipamento, tipo de solo, uso de defensivos em combinação com fertilizantes e outras.

Os diversos métodos de aplicar adubos potássicos são variações dos 2 extremos: faixas ou linhas e a lança, neste caso geralmente com incorporação na camada arável.

A combinação da aplicação na linha com a aplicação a lança é, com freqüência, a melhor maneira de se aplicar K. Esta combinação proporciona um crescimento inicial rápido e fornece uma reserva do elemento por longo tempo. O ponto importante é fornecer uma nutrição adequada de K que se manterá do plantio à colheita.

Há várias fontes de fertilizante potássico. Cada uma tem sua vantagem. A fonte mais comumente usada é o cloreto de potássio (KCl), ou muriato de potássio. Porém, as necessidades de culturas especiais freqüentemente justificam o uso de outras fontes, incluindo sulfato de potássio (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), sulfato de potássio e magnésio (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.2MgSO<sub>4</sub>) e nitrato de

<sup>1</sup> Tradução e adaptação do original "It's for Real – Potassium Is Required by Plants", PPI, Norcross, EUA, por Eurípedes Malavolta.

potássio ( $KNO_3$ ). A escolha da fonte deve ser baseada nas necessidades do solo e da cultura, nos métodos de aplicação, no preço e na disponibilidade.

### Sintomas de deficiência de potássio

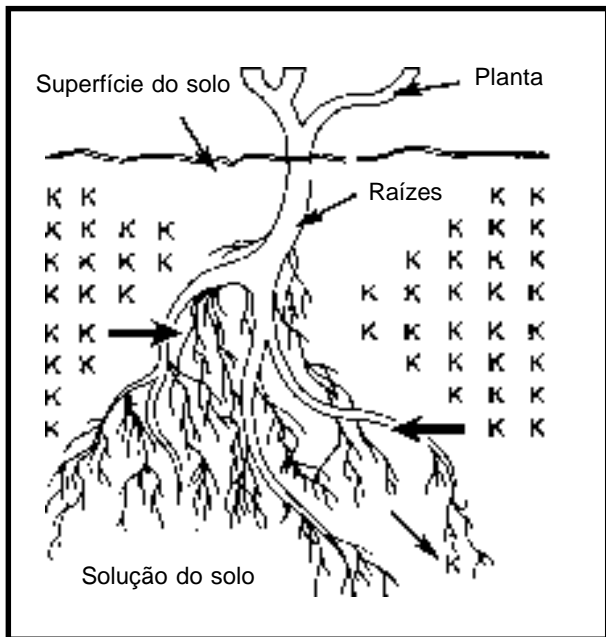


Figura 1. O potássio caminha para as raízes da planta por difusão, um processo lento.

Um dos sintomas mais comuns de deficiência de K é o secamento ou queimamento das margens das folhas, normalmente aparecendo primeiro nas folhas mais velhas.

As plantas deficientes em potássio crescem vagarosamente e desenvolvem pouco o sistema radicular. Os caules são quebradiços e o acamamento é comum. A semente e os frutos são pequenos e enrugados; as culturas mostram pouca resistência a doenças e ao estresse por umidade. A qualidade de muitos produtos é ajudada pelo K: teor de açúcar na cana, tamanho dos frutos cítricos, resistência ao transporte e ao armazenamento no caso de hortaliças e outras culturas.

### Resposta das culturas ao potássio

A adubação potássica em solos responsivos aumenta as produções e é uma das práticas lucrativas disponíveis ao agricultor. Os dados da Tabela 2 ilustram a importância do K no aumento da produção de café, cana-de-açúcar, milho e soja (dados respectivamente do IBC, Planalsucar, IAC e EMBRAPA).

Tabela 2. O potássio aumenta a produção de várias culturas.

Dose de $K_2O$ kg/ha	Cultura			
	Café	Cana	Milho	Soja
	-----t/ha-----			
0	1,5	115	2,2	0,7
30	-	-	3,9	-
40	-	-	-	2,2
60	-	-	4,1	-
75	-	127	-	-
80	-	-	-	2,5
100	4,8	-	-	-
150	-	135	-	-
200	6,6	-	-	-

*O potássio desempenha uma função vital nos processos essenciais da produção vegetal. E isso é real. ■*



Deficiência de potássio em cafeeiro.



Deficiência de potássio em soja.



Deficiência de potássio em milho (Original: EMBRAPA-CNPMS).



Deficiência de potássio em cana-de-açúcar, à esquerda; à direita, folha normal (Original: J. Orlando Filho).

# CÁLCIO

## Todo o mundo sabe – o cálcio é exigido pelas culturas<sup>1</sup>

Não deixe a reserva de cálcio (Ca) do seu solo baixar. Esse nutriente essencial, classificado como macronutriente secundário na legislação brasileira de adubos, tem um grande papel a desempenhar no processo de formação da colheita. Muitas vezes, porém, nos programas de fertilidade preparados para muitas culturas de alta produção e alta qualidade, não se pensa nele. Existem exceções. Plantadores de amendoim e de algodão, por exemplo, dão ênfase a uma boa nutrição com Ca. O que eles conhecem sobre o Ca que outros não conhecem? A resposta está no entendimento das contribuições do Ca para a fertilidade e para as culturas sob manejo intensivo ou estresse (falta d'água, salinidade).

### Funções do cálcio no solo

O cálcio contribui para a formação da fertilidade do solo da seguinte forma:

- o cálcio desloca o hidrogênio (H) da superfície das partículas do solo quando o calcário é adicionado para reduzir a acidez.
- o cálcio é essencial para os microrganismos que transformam os restos de cultura em matéria orgânica, libertam os nutrientes e aumentam a estrutura e a capacidade de retenção de água dos solos.
- o cálcio ajuda a bactéria *Rhizobium* a fixar melhor o nitrogênio atmosférico (N) em formas que as plantas leguminosas podem utilizar.
- o cálcio aumenta a absorção de todos os outros nutrientes pelas raízes e o seu transporte para os outros órgãos da planta (caule, ramos, folhas, frutos).

### Funções do cálcio nas plantas

O cálcio é vital para várias funções na planta, incluindo:

- o cálcio ajuda a converter o N-nitrato (N-NO<sub>3</sub>) em formas necessárias para a formação da proteína.
- o cálcio ativa um grande número de sistemas enzimáticos que regulam o crescimento da planta.

Um bom programa de calagem é o melhor suprimento de Ca para a maioria das culturas.

- o cálcio é necessário para a formação da parede celular e para a divisão normal da célula.
- o cálcio, junto com o magnésio (Mg) e o potássio (K), ajuda a neutralizar os ácidos orgânicos na planta.
- o cálcio contribui para aumentar a resistência às doenças.

### Quanto cálcio a cultura absorve?

Embora desempenhe papéis importantes na vida da planta, as quantidades de Ca nela contidas não são tão grandes quanto as de nitrogênio e potássio. São, em geral, maiores que as de magnésio (Mg) e de enxofre (S), dois elementos que, com o cálcio, compõem a lista dos macronutrientes secundários. Note-se que essa classificação é convencional e não quer dizer que o Ca seja menos essencial que os demais elementos e nem menos importante para garantir produtividade e qualidade dos produtos agrícolas, forrageiras, frutíferas, hortaliças e grãos.

A Tabela 1 mostra a necessidade de Ca, Mg e S de várias culturas.

### Evite o problema da deficiência de cálcio

A disponibilidade de cálcio é adequada quando os solos não são ácidos (pH entre 6,0 e 6,5) ou quando a acidez é corrigida pela aplicação de calcário. Quando o solo se torna ácido em consequência da lixiviação ou perda de bases pela erosão, da adubação, e da própria cultura (que "troca" potássio, cálcio e magnésio por hidrogênio) o desenvolvimento das plantas é frequentemente prejudicado pelas concentrações tóxicas de alumínio (Al), manganês (Mn) e ferro (Fe), além da falta de cálcio. A análise de solo e um bom programa de calagem são a melhor prática de manejo (MPM) para prevenir esses problemas.

Tabela 1. Exigências de cálcio, magnésio e enxofre de várias culturas.

Cultura	Nível de produção	Total absorvido		
		Ca	Mg	S
		---- kg ----		
Algodão	500 kg de fibra	15	12	10
Amendoim	2 t de grãos	10	12	11
Arroz	3 t de grãos	27	9	12
Café <sup>1</sup>	3 t de grãos	63	30	10
Cana	100 t de colmos	100	52	45
Eucalipto	100 m <sup>3</sup> de madeira	140	35	38
Feijão	1 t de grãos	58	19	26
Forrageiras				
gramíneas	1 t mat. seca	5	3	1
leguminosas	1 t mat. seca	13	4	2
Laranja <sup>2</sup>	18 t frutos	160	9	9
Milho	5 t grãos	19	26	13
Soja	2,5 t grãos	42	25	5
Tomate	40 t	15	18	27
Trigo	3 t grãos	7	9	8

<sup>1</sup> Quantidades absorvidas entre 5,5 e 6,5 anos de idade para dar uma produção de 50 sacas beneficiadas.

<sup>2</sup> Quantidades totais contidas em um pomar produzindo 2 caixas de 40,8 kg/pé, densidade de 210 plantas/ha.

Na prática agrícola as deficiências de Ca existem, e elas devem ser evitadas ou corrigidas. Atente para um ou mais dos seguintes sintomas:

- lento desenvolvimento do sistema radicular. As raízes frequentemente desenvolvem uma coloração escura e em casos severos o meristema de crescimento morre.
- as folhas novas crescem lentamente e o ápice torna-se gelatinoso. Lembre-se, o cálcio não se transloca na planta, assim, os sintomas de deficiência aparecerão nas folhas mais novas.
- pouca nodulação nas leguminosas. Os nódulos ineficientes são de coloração verde-acinzentado no seu interior enquanto os nódulos saudáveis são rosados.
- o tomate apresenta o "fundo preto" ou podridão estilar e, internamente, o coração negro. O cálcio e o manejo apropriado da água aumentam a resistência a essa anormalidade.
- frutos abortados ou vagens murchas no amendoim. A falta de Ca no crescimento dos frutos resulta numa alta porcentagem de vagens vazias.

<sup>1</sup> Tradução e adaptação do original "It's Well Known – Calcium Is Required by Plants", PPI, Norcross, EUA, por Eurípedes Malavolta.

- sementes escuras ou "coração negro" das sementes do amendoim. A deficiência diminui a produção e reduz a qualidade e o valor comercial.

- podridões nas vagens do amendoim. Quando o Ca está deficiente ou em baixa proporção com respeito ao K e ao Mg, as vagens são mais predispostas à infecção por fungos. A pesquisa tem demonstrado que há menos podridões das vagens em solos bem supridos em Ca.

- plantas mais sujeitas à seca, porque a falta de cálcio limita o desenvolvimento das raízes e a absorção de água.

- colapso do pecíolo da soja, geralmente associado com a falta d'água que transporta menos Ca para a folha.

As deficiências de cálcio ocorrem mais facilmente em solos ácidos, arenosos, no qual o Ca disponível foi lixiviado pela chuva ou água de irrigação, e em turfa fortemente ácida e solos esterçados, onde o teor total de Ca é baixo.

### Use a fonte certa de cálcio

Um bom programa de calagem é um eficiente meio de suprir Ca para a maioria das culturas. O calcário calcítico de alta qualidade é efetivo quando os ajustes de pH são necessários. Se o Mg estiver deficiente, a fonte preferida deve ser o calcário dolomítico. O gesso, gesso agrícola ou fosfogesso (sulfato de cálcio), além de melhorar o ambiente radicular

em profundidade, é fonte de Ca e de S para as plantas. Algumas fontes de Ca mais comuns estão na Tabela 2. Notar que alguns adubos fosfatados possuem Ca.

**Tabela 2. Algumas fontes de Ca.**

Fonte	Ca%	Valor neutralizante <sup>1</sup>
<b>Corretivos</b>		
Calcário calcítico	32-38	85-100
magnésiano	28-30	85-108
dolomítico	15-25	85-108
Cal extinta	52-54	120-135
Gesso agrícola	22	Sem
<b>Fertilizantes fosfatados</b>		
Fosfato natural	28	10
"Fosmag"	18	Sem
Superfosfato simples	18	Sem
triplo	10	Sem
Termofosfato	20	40
<b>Outras</b>		
Cloreto de cálcio	25	Sem
Nitrato de cálcio <sup>2</sup>	18	20

<sup>1</sup> Em relação ao CaCO<sub>3</sub> puro = 100.

<sup>2</sup> Adubo nitrogenado.

### Melhores práticas de manejo (MPMs) para cálcio na nutrição das plantas

As seguintes MPMs podem ajudar a melhorar a nutrição da cultura com a garantia

de que o Ca não se torne um fator limitante para a produção, a qualidade e o lucro.

- Analise o solo todos os anos.
- Corrija a acidez. O cálcio do calcário satisfaz as exigências nutricionais da maioria das culturas.

- Faça um programa de adubação e de nutrição bem balanceado. O cálcio, o Mg e o K competem por sítios de absorção nas raízes. A falta de um faz com que outro ou outros sejam absorvidos em excesso.

- Aplique cálcio para funções específicas. O Ca aplicado quando se chega terra e o amendoim começa a formar vagens ajuda o desenvolvimento das sementes. Aplicações de sais solúveis (cloreto, nitrato de Ca) nas folhas e frutos do tomateiro ajudam a diminuir ou evitar o "fundo preto" e o "coração negro". Na macieira, as mesmas ajudam a controlar o "bitter pit".

- Aumenta a resistência a doenças. Faça o Ca parte de outras MPMs para minimizar o estresse da planta e aumentar sua resistência a doenças.

- Construa a fertilidade do solo. Solos férteis nem sempre são produtivos – pode faltar água, por exemplo. Mas os solos produtivos são sempre férteis.

**Todo o mundo deve saber – o cálcio é exigido por todas as culturas. ■**



Deficiência de cálcio em cafeeiro.



Deficiência de cálcio em feijoeiro: morte dos pontos de crescimento, murchamento (Original: Quirino A.C. Carmello).



Deficiência de cálcio em milho (Original: EM-BRAPA-CNPMS).



Deficiência de cálcio em cana-de-açúcar (Original: G. Samuels).



# MAGNÉSIO

## É uma regra (sem exceção) – o magnésio é exigido por todas as culturas

É uma regra que, para a germinação, um saco de sementes de trigo necessita da quantidade de oxigênio contida em 48 metros cúbicos de ar. O oxigênio é necessário para a liberação da energia química nas sementes. Durante a germinação, aquele saco de sementes produz a mesma quantidade de energia necessária para um trator arar quase um hectare de terra. É uma regra.

O magnésio (Mg) é necessário para as culturas capturarem a energia do sol utilizada no crescimento e na produção. É uma regra. O magnésio é classificado como um nutriente secundário, mas ele tem um efeito primário na produção vegetal e animal. Há três elementos classificados como nutrientes secundários: enxofre (S), cálcio (Ca) e magnésio. As quantidades de Mg exigidas pelas culturas geralmente são menores que as de potássio (K) ou cálcio (Ca), mas praticamente iguais às de fósforo (P) ou enxofre (S). A Tabela 1 mostra a absorção de Mg pelas culturas a níveis de produção selecionados.

Embora o solo forneça naturalmente variadas quantidades de Mg, esse suprimento tem sido esgotado em muitas áreas devido a cultivos sucessivos sem adubação com Mg. Além disso, calcula-se que a erosão leva embora das terras agrícolas uma quantidade de Mg equivalente à contida em todo o calcário aplicado no Brasil. Isso explica porque os agricultores observam respostas ao Mg aplicado em suas terras.

### O magnésio nos solos

A crosta terrestre contém cerca de 1,9% de Mg, grande parte na forma de minerais. Parte do Mg se torna disponível à medida que os minerais são intemperizados, um processo lento.

O magnésio ativa mais sistemas enzimáticos que qualquer outro nutriente. Grande parte do Mg nas plantas está contida na seiva. As funções incluem a fotossíntese e a respiração.

Tabela 1. Quantidades de magnésio absorvidas por várias culturas.

Cultura	Nível de produção	Total absorvido kg Mg
Algodão	750 kg de fibra	18
Amendoim	2 t de grãos	17
Arroz	3 t de grãos	9
Café <sup>1</sup>	3 t de grãos	30
Cana	100 t de colmos	52
Eucalipto	100 m <sup>3</sup> de madeira	34
Feijão	1 t de grãos	19
FORAGEIRAS		
gramíneas	1 t de mat. seca	3
leguminosas	1 t de mat. seca	4
Laranja <sup>2</sup>	18 t de frutos	9
Milho	5 t de grãos	33
Soja	2,5 t de grãos	13
Tomate	40 t de frutos	18
Trigo	3 t de grãos	12

<sup>1</sup> Quantidade absorvida entre 5,5 e 6,5 anos de idade para uma produção de 50 sacas beneficiadas.

<sup>2</sup> Quantidade total contida em um pomar produzindo 2 caixas de 40,8 kg/pé, densidade de 210 plantas/ha.

O magnésio pode ser adicionado aos solos deficientes pela aplicação de fertilizantes que contém o elemento ou através do calcário dolomítico. O calcário dolomítico contém carbonatos de Ca e Mg (com valor neutralizante), enquanto o calcário calcítico contém somente carbonato de cálcio. O calcário magnesiano ocupa posição intermediária.

A disponibilidade de magnésio frequentemente é relacionada ao pH: pesquisas têm mostrado que a disponibilidade de

Mg para as plantas diminui a baixos pHs e a altos pHs. Em solos ácidos, com baixo pH (pH abaixo de 5,8), o excesso de hidrogênio (H) e de alumínio (Al) influencia a disponibilidade de Mg e sua absorção pelas plantas. A altos pHs (acima de 7,4), o excesso de Ca impede a absorção de Mg pelas plantas. Outras situações também aumentam a necessidade de Mg suplementar:

- solos arenosos com baixa capacidade de troca de cátion, baixo teor de Mg e alto potencial de lixiviação de Mg;
- aplicação de calcário calcítico em solos com baixo teor de Mg;
- culturas exigentes em Mg como o algodoeiro, os citros, o tomateiro e o dendêzeiro;
- altas doses de N amoniacal e de K<sub>2</sub>O na adubação;
- teores baixos de Mg trocável no solo, geralmente menos de 0,5 meq/100 cm<sup>3</sup> (120 ppm);
- períodos de seca ou veranico.

### O magnésio nas culturas

Algumas espécies de plantas são mais exigentes em Mg que outras: leguminosas forrageiras e gramíneas, algodão, dendê, milho, batata, citros, cana-de-açúcar e tabaco precisam de grande quantidade de Mg. E algumas variedades e híbridos de culturas tais como milho, soja, lepedeza, algodão e aipo podem requerer mais Mg que outras.

*Regra geral: em muitas culturas o teor crítico de Mg, isto é, o nível abaixo do qual a produção cai, na matéria seca é da ordem de 0,2-0,3%.*

### Funções e sintomas de deficiência

O magnésio é absorvido pelas plantas como cátion Mg<sup>2+</sup>. Ele desempenha

<sup>1</sup> Tradução e adaptação do original "It's a Rule – Magnesium Is Required by Plants", PPI, Norcross, EUA, por Eurípedes Malavolta.

muitas funções na planta. Mais notável, porém, ele é componente da clorofila, o pigmento responsável pela fotossíntese e pela coloração verde das plantas. **É uma regra.**

Uma vez que o magnésio é um nutriente móvel na planta, ele é facilmente translocado do tecido mais velho para as partes novas da planta. Áreas novas da planta, que estão em crescimento, contém as maiores concentrações de Mg. Quando uma deficiência ocorre, as folhas mais velhas são afetadas primeiro:

- perda da cor entre as nervuras da folha, geralmente iniciando-se nas margens e no ápice e progredindo para o centro. Isso dá às folhas de milho uma aparência listrada;
- as folhas podem tornar-se quebradiças e encurvadas para cima;
- as folhas podem ficar mais finas que o normal;
- o ápice e a margem das folhas podem adquirir coloração púrpura-avermelhada no caso de deficiências severas (especialmente no algodão);
- o baixo teor de Mg na folha pode diminuir a fotossíntese e o crescimento geral da cultura.

### **Como resolver o problema da deficiência de magnésio**

Use a análise de solo para avaliar o estado de disponibilidade do Mg do solo. Use a análise de tecido da planta para monitorar a absorção sazonal das plantas e sua utilização. Com os resultados dessas análises junto com as quantidades exigidas, níveis de produção e práticas de manejo do solo, pode-se fazer um programa de adubação magnésiana do mais alto nível. As recomendações típicas para aplicação de Mg no solo variam entre 10 e 50 kg/ha.

O Mg na forma de adubo pode ser aplicado no solo a lanço ou localizado na faixa, linha ou sulco, geralmente do segundo modo. Os adubos magnesianos mais comuns existentes no mercado brasileiro são o sulfato duplo de potássio e magnésio, o "fosmag" (contém também  $P_2O_5$ , Ca e S), o termofosfato magnésiano, o sulfato e o óxido de Mg. O magnésio pode também ser distribuído a lanço como calcário dolomítico ou magnésiano na prática da calagem.

A Tabela 2 mostra o efeito benéfico do calcário dolomítico sobre a produção do cafeeiro no cerrado de Minas Gerais (dados da EPAMIG).

**Tabela 2. Efeitos do calcário calcítico e do calcário dolomítico na produção do cafeeiro (soma das 3 primeiras safras).**

Tratamento	Sacos/ha
Testemunha	63
Calcário calcítico	67
Calcário dolomítico	97

A tetania dos pastos ocorre em gado que se alimenta de forrageiras com baixo teor de Mg, as quais podem causar sérias implicações na saúde e mesmo a morte. Às vezes chamada hipomagnesemia, ela está associada com baixos níveis de Mg sérico no sangue. Pesquisadores observaram que mesmo que o Mg possa ser absorvido pelas raízes das plantas forrageiras, ele não pode ser translocado para a parte superior se as plantas estiverem deficientes em P. Quando isso ocorre, o gado que pasta nestas forrageiras torna-se mais predisposto à tetania. Produtores de leite e de carne podem ajudar a resolver o possível problema de tetania dos pastos com uma adubação adequada de P e Mg.

***O magnésio é exigido pelas culturas – é uma regra sem exceção!*** ■



**Deficiência de magnésio em algodoeiro, causando avermelhamento internerval (Original: IAC).**



**Deficiência de magnésio em cafeeiro.**



**Deficiência de magnésio em folhas velhas de milho (Original: ARBORE).**



**Deficiência de magnésio em soja (Original: EM-BRAPA-CNPSO).**

# ENXOFRE

## *O elo que pode faltar – o enxofre é exigido pelas plantas*

Todo o mundo sabe que uma corrente não é melhor que o seu elo mais fraco. Em muitos programas de adubação há um elo frequentemente esquecido – o enxofre (S).

### *Porque o enxofre se tornou o elo mais fraco?*

Atualmente, o S está se tornando um nutriente limitante na produção das culturas, mais que no passado. As razões para esse aumento na necessidade incluem:

- maior produtividade das culturas, que requerem mais S;
- aumento no uso de adubos concentrados que contém pouco ou nenhum S;
- redução nas quantidades de S atmosférico providas da chuva;
- redução das reservas de S do solo com as perdas de matéria orgânica devido à mineralização e à erosão.

A Tabela 1 mostra a absorção de S pelas principais culturas.

A deficiência de S pode ser devida a várias condições:

- solos arenosos;
- baixo conteúdo de matéria orgânica dos solos;
- regiões com alta pluviosidade;
- alto manejo da produção;
- baixo teor de S na água de irrigação.

### *O elo do enxofre no solo*

O enxofre é fornecido à planta pela matéria orgânica e por minerais do solo. Com frequência, porém, está presente em quantidades insuficientes e não se encontra disponível nas épocas em que é exigido para satisfazer as necessidades de culturas alta-

**Tabela 1. Quantidades de enxofre absorvidas por várias culturas.**

Cultura	Nível de produção	Total absorvido kg S
Algodão	750 kg de fibra	22
Amendoim	2 t de grãos	8
Arroz	3 t de grãos	12
Café <sup>1</sup>	3 t de grãos	10
Cana	100 t de colmos	45
Eucalipto	100 m <sup>3</sup> de madeira	36
Feijão	1 t de grãos	26
FORAGEIRAS		
gramíneas	1 t de mat. seca	1
leguminosas	1 t de mat. seca	2
Laranja <sup>2</sup>	18 t de frutos	9
Milho	5 t de grãos	13
Soja	2,5 t de grãos	10
Tomate <sup>3</sup>	40 t de frutos	14
Trigo	3 t de grãos	12

<sup>1</sup> Quantidade absorvida entre 5,5 e 6,5 anos de idade para uma produção de 50 sacas beneficiadas.

<sup>2</sup> Quantidade total contida em um pomar produzindo 2 caixas de 40,8 kg/pé, densidade de 210 plantas/ha.

<sup>3</sup> Nos frutos somente.

mente produtivas. A maior parte do S do solo está fixada na matéria orgânica e ele só pode ser usado pelas plantas quando convertido na forma de sulfato (SO<sub>4</sub>) pelas bactérias do solo. Este processo é conhecido como mineralização.

O sulfato é móvel no solo e pode ser lixiviado fora da zona radicular em alguns solos sob condições de alta pluviosidade. Quando o solo começa a secar, o sulfato, juntamente com o nitrato, pode subir em direção à superfície à medida que a água se evapora. Devido a essa mobilidade do enxofre disponível (sulfato), a análise do solo nem sempre pode fornecer informações seguras sobre a capacidade que o solo tem para fornecê-lo às culturas. A análise do tecido da planta, particularmente das folhas, pode dar uma indicação melhor da necessidade de S.

### *O elo do enxofre na planta*

O enxofre é reconhecido, junto com nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K),

como um nutriente-chave necessário ao desenvolvimento da cultura.

O enxofre é exigido para a formação de aminoácidos e de proteínas, para a fotossíntese e para a resistência ao frio.

As deficiências de enxofre são frequentemente confundidas com as de N.

Os sintomas de deficiência de S aparecem como:

- crescimento raquítico das plantas;
- amarelecimento geral das folhas.

Em situações de deficiência menos severa, os sintomas visuais não são aparentes, mas a produção e a qualidade serão afetadas. As concentrações de enxofre na matéria seca das plantas podem variar entre 0,2 e até mais de 1,0%.

A batatinha e muitas outras hortaliças necessitam de grandes quantidades de S e produzem melhor quando esse elemento faz parte do programa de adubação. As leguminosas como o feijão, a soja, a ervilha e as forrageiras exigem S para a nodulação, a fixação de nitrogênio do ar e a produção.

### *O elo do enxofre para a produção e os lucros*

As respostas das culturas brasileiras ao S têm sido bem documentadas, como se vê na Tabela 2, a qual contém dados obtidos pelo CENA-USP em colaboração com a Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Faculdade de Ciências Agrárias de Botucatu, Faculdade de Agronomia de Bandeirantes, EPAMIG e empresas particulares.

Usando-se doses adequadas de S aumentam-se as produções e diminuem-se os custos por unidade produzida. Menor custo de produção por unidade conduz diretamente a maiores lucratividades (Tabela 3).

A qualidade do produto também é importante. Um ensaio de 5 anos de duração feito em Louisiana, EUA, mostrou que a adubação com S pode afetar significativa-

<sup>1</sup> Tradução e adaptação do original "It's the Missing Link – Sulfur Is Required by Plants", PPI, Norcross, EUA, por Eurípedes Malavolta.

mente a produção e a digestibilidade da grama das Bermudas (Tabela 4). Outras forrageiras, particularmente as leguminosas, podem mostrar efeitos semelhantes na sua qualidade.

**Tabela 2. Respostas de culturas brasileiras ao enxofre.**

Cultura	Aumento na produção (%)
Algodão	37
Arroz	16
Café	41
Cana	11
Citros	18
Colônia	21
Colza	51
Feijão	28
Milho	21
Repolho	9
Soja	24
Sorgo	10
Trigo	26

**Tabela 3. A adubação com S diminui os custos de produção de milho e aumenta o lucro líquido (dados norte-americanos)<sup>1</sup>.**

S kg/ha	Produção sacos/ha	Lucro bruto	Custo de produção	Lucro líquido	Custo por saco
		----- R\$/ha -----			R\$/saco
0	178	895	750	45	4,20
10	203	1.020	762	258	3,76
20	212	1.062	772	290	3,64
30	209	1.045	777	268	3,72

<sup>1</sup> 1 saco de milho = R\$ 5,00. Colheita = R\$ 0,40/saco. Enxofre = R\$ 0,40/kg.

**Tabela 4. O enxofre aumenta a produção e a quantidade de matéria seca digestível (MSD) da grama das Bermudas.**

Enxofre kg/ha	Produção kg/ha	MSD kg/ha
0	12.590	7.095
24	13.091	7.330
48	13.504	7.580
72	13.862	7.728
96	14.580	8.123

### *O elo do enxofre para a produção animal*

O enxofre é um nutriente essencial para as culturas e para os animais que consomem essas culturas. Pesquisadores reportam que o crescimento da forrageira pode estar próximo às taxas máximas, mas o teor de S pode estar inadequado para a nutrição dos animais ruminantes. No sudeste dos EUA, altas doses de adubos nitrogenados têm causado diminuição na concentração de S em Coastal bermudagrass e aumentado a relação N:S. Isso parece contribuir para a baixa performance do animal que utiliza essa gramínea.

Muitos pesquisadores recomendam uma relação N:S de 10:1 a 15:1 para uma nutrição animal adequada. Notou-se, porém, que em uma situação de deficiência (com baixos teores de N e S), a relação "adequada" pode ser um erro. Os dois nutrientes podem estar limitando o desempenho do animal, por estarem ambos em concentração baixa na forrageira,

embora entre eles a relação "adequada" seja mantida.

### *Como reforçar o elo mais fraco*

O enxofre pode ser aplicado em faixas ou a lanço, ou através do sistema de irrigação (sulco e aspersão). As recomendações típicas variam de 10 a 30 kg de S/ha, mas algumas vezes podem chegar a 50 kg/ha, dependendo da cultura, do manejo e da pobreza do solo.

Os adubos sulfurados podem conter S na forma de sulfato, outras formas solúveis, ou como S elementar. O enxofre na forma de sulfato tem a vantagem de estar imediatamente disponível à planta; porém, ele também é prontamente lixiviável da zona radicular. O S elementar não está disponível à planta até que tenha sido convertido no solo a sulfato, um processo que pode levar semanas ou meses.

A seleção de um fertilizante particular dependerá da situação da cultura, da época de aplicação, da preferência do comprador, do custo, do equipamento de aplicação e da disponibilidade de materiais.

Contém enxofre os seguintes adubos principais do mercado brasileiro, com o seu teor porcentual, respectivamente: Fosmag - 12% de S; gesso agrícola - 16%; sulfato de amônio - 23%; sulfato de potássio - 18%; sulfato duplo de potássio e magnésio - 22%; superfosfato simples - 12% de S.

***Lembre-se: o S pode ser o elo que está faltando no seu programa de adubação.***



Deficiência de enxofre em algodoeiro (Original: IAC).



Deficiência de enxofre em feijoeiro, à direita; à esquerda, planta normal (Original: Euclides Caxambu A. de Souza).

# BORO

## É um fato – o boro é exigido pelas culturas

É um fato que o boro (B) é exigido pelas culturas para seu crescimento e produção. A deficiência de boro, entre os micronutrientes, é, juntamente com a de zinco (Zn), a mais freqüente no Brasil. A resposta ao B tem sido constatada tanto em culturas temporárias, como o algodão e o trigo, quanto em perenes, como o cacau e o café, para não falar de hortaliças (batatinha, couve-flor, tomate).

### Considere os fatos – boro nos solos

Vários fatores influenciam a disponibilidade do B no solo:

- **Matéria orgânica**

A matéria orgânica (m.o.) é a mais importante fonte de B. Quando o tempo está quente e seco a decomposição diminui nas camadas mais superficiais do solo, onde há mais matéria orgânica e mais raízes, de um modo geral. Isto pode levar à deficiência. No frio, a decomposição da matéria orgânica também diminui, pois a atividade dos microrganismos por ela responsáveis é reduzida e com isso as culturas de inverno podem sofrer a deficiência de boro.

- **Condições de clima**

A seca restringe a atividade dos microrganismos que decompõem a matéria orgânica e o desenvolvimento das raízes causando uma deficiência temporária de B.

Os sintomas tendem a desaparecer logo que as camadas superficiais do solo recebem a chuva. As raízes voltam a crescer mas a colheita pode já ter sido prejudicada em parte.

O crescimento radicular continua, mas a produção potencial freqüentemente é reduzida.

Em um hectare de milho em crescimento há cerca de 100.000 km de raízes –

**é um fato!**

Surpreendentemente, essa tremenda quantidade de raízes está em contato com menos de 1% de solo. Essa pequena proporção de raízes fazendo contato com o solo é uma das razões porque é tão importante manter a fertilidade do solo em um nível alto para se ter uma rendosa produção de qualquer cultura.

- **pH do solo**

A disponibilidade do B é adequada entre pH 6,0 e 7,0 (Figura 1), diminuindo em valores abaixo ou acima dessa faixa, tal como acontece com a dos elementos nitrogênio e enxofre.

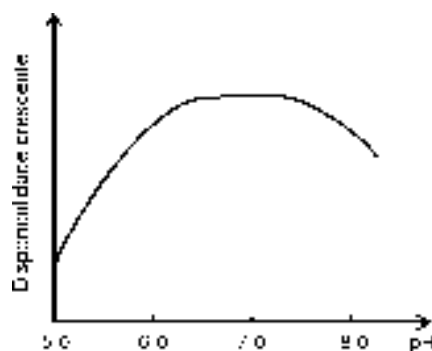


Figura 1. A disponibilidade de B geralmente é máxima no pH 6,5.

Doses muito pesadas de calcário, fazendo o pH subir demasiadamente, podem diminuir a disponibilidade do B e prejudicar a produção, que volta a crescer com a aplicação de boro junto com a calagem. É o que mostram os dados do IAC resumidos na Tabela 1.

Tabela 1. Efeito da calagem (6 t/ha) e do B (1,5 kg/ha) em produção de algodão.

Calagem	Boro	
	Sem	Com
Sem	2.595	2.946
Com	2.383	3.770

- **Textura do solo**

Os solos arenosos de textura grossa, pobres em matéria orgânica, com mais freqüência são deficientes em B.

- **Lixiviação**

O boro é móvel no solo, sujeito à lixiviação, particularmente em solos arenosos e em regiões de muita chuva.

### Conheça os fatos - boro para as culturas

As culturas variam muito na sua necessidade ou capacidade de responder ao B aplicado (Tabela 2). A maioria das leguminosas, como também algumas frutíferas e hortaliças, são altamente responsivas. Outras hortaliças e os cereais (com a possível exceção do trigo) respondem menos.

Tabela 2. Escala de resposta das culturas ao boro.

Muito responsivas	Medianamente responsivas	Pouco responsivas
Aipo	Alface	Cebola
Alfafa	Brócolos	Centeio
Algodão	Cacauzeiro	Cevada
Alho	Cenoura	Citros
Amendoim	Colza	Feijões
Batatinha	Espinafre	Frutíferas de bagas
Beterraba	Mamoeiro	Gramíneas forrageiras
Cafeeiro	Milho	Pepino
Couve	Rabanete	Soja
Eucalipto	Repolho	
Girassol	Tomateiro	
Macieira	Trigo	
Nabo	Videira	

<sup>1</sup> Tradução e adaptação do original "It's a Fact – Boron Is Required by Plants", PPI, Norcross, EUA, por Eurípedes Malavolta.

## Funções e sintomas de deficiência

O boro é essencial para o crescimento das células, principalmente nas regiões mais novas da planta, gemas, pontas das raízes. Polinização, desenvolvimento das sementes, formação da parede celular, florescimento e pegamento da florada, formação dos nódulos das leguminosas, crescimento dos ramos e frutos, tudo depende do B, quase sempre “ajudado” pelo cálcio.

Outro papel do B é a formação de proteínas. Embora o B seja móvel no solo, é praticamente imóvel na planta (outra característica que partilha com o cálcio) e por isso os sintomas de deficiência aparecem nas folhas mais novas ou nos pontos de crescimento.

Alguns sintomas específicos de deficiência de B em várias culturas são os seguintes:

- Amendoim: vagens vazias e manchas pretas nas sementes.

- Algodoeiro: pecíolos fendidos; morte de gemas terminais e superbrotamento; “maçãs” partidas; folhas mais grossas e que permanecem verdes, dificultando a colheita.

- Alfafa: folhas novas amareladas, morte da gema terminal e formação de rosetas.

- Cafeeiro: internódios mais curtos, folhas pequenas e deformadas, morte de gemas terminais e superbrotamento.

- Citros: formação de goma no albedo e nos gomos, casca mais grossa.

- Couve-flor: manchas negras na “cabeça”.

- Macieira: cortiça na parte interna do fruto.

- Mamoeiro: calombos no fruto, exsudação de leite.

- Trigo: panículas com poucos grãos.

- Videira: cachos com bagas pequenas e outras grandes (“galinha e pintinhos”).

## Como resolver os problemas de deficiência de boro

Os adubos contendo B devem ser aplicados bem uniformemente, evitando-se concentrações em manchas, devido à pequena distância que separa a dose adequada da quantidade tóxica. As doses de B dependem de vários fatores: teor no solo e no tecido da planta, espécie cultivada, rotação de culturas, condições de clima,

práticas culturais, textura e teor de matéria orgânica.

O boro pode ser aplicado a lanço ou localizado no sulco, cova ou faixa, casos esses geralmente preferidos pois usa-se menos. Pode também ser aplicado em pulverização foliar que, dependendo da cultura, tem que ser repetida várias vezes. No caso das culturas mais responsivas, as doses para aplicação no solo podem chegar a uns 3 kg/ha e às vezes mais. As culturas medianamente ou pouco responsivas em geral recebem 0,5-1,0 kg B/ha. A Tabela 3 mostra resultados de ensaios com batatinha e com cafeeiro, conduzidos, respectivamente, pelo IAC, em São Paulo, e pelo IBC, em Minas Gerais.

Tabela 3. Resposta da batatinha e do cafeeiro à aplicação de B no solo.

Tratamento	Batatinha	Café <sup>1</sup>
	t/ha	sacos/ha
Sem boro	10	21
Com boro	19	31

<sup>1</sup> Média de 3 safras.

**Teores adequados de boro aumentam a produção... e os lucros. ■**



Deficiência de boro em algodoeiro: acima, flores com pétalas atrofiadas em plantas deficientes (Original: IAC).



Deficiência de boro em cafeeiro: à direita, ramo normal.



Deficiência de boro em citros: goma na pele e nos lóculos (Original: CATI).



Deficiência de boro em feijoeiro: secamento dos pontos de crescimento (Original: Quirino A.C. Carmello).

# COBRE

## É certo – o cobre é exigido pelas culturas

O cobre (Cu) é um micronutriente. Isto quer dizer que as plantas contêm menos Cu do que outros nutrientes, como o nitrogênio (N). De fato, as plantas possuem 2.500 vezes menos Cu do que N e, no entanto, o cobre é tão essencial para o crescimento da planta quanto o nitrogênio. As culturas necessitam de Cu para completar o seu ciclo vital, isto é, para produzir sementes viáveis – *isto é certo*.

**Fotossíntese** – a produção de açúcares a partir da luz do sol, do ar e da água – é um dos processos químicos mais importantes no mundo. É a única maneira de introduzir energia no mundo vivo. E, no entanto, sem Cu não haveria fotossíntese, seja porque ele é necessário para a formação da clorofila – o material que dá às plantas sua cor verde e que lhes garante a absorção da luz usada na fotossíntese – seja por participar do complicado processo que faz água + gás carbônico + luz = açúcar.

### Disponibilidade de cobre no solo

As principais características que influenciam a disponibilidade de Cu são as seguintes:

- **matéria orgânica:** as deficiências são frequentemente encontradas em culturas localizadas em solos com muita matéria orgânica, como turfas e várzeas. O cobre é preso pela matéria orgânica mais firmemente que qualquer outro micronutriente.

- **textura:** os solos arenosos, como os dos tabuleiros do Nordeste, apresentam maior tendência para serem deficientes em cobre que os argilosos ou barrentos. As argilas seguram o Cu em forma trocável, disponível para as plantas. Outros componentes do solo, entretanto, como óxidos e carbonatos, diminuem a disponibilidade.

Os sintomas de deficiência de Cu podem não ser tão fáceis de identificar quanto os de outros micronutrientes. Como o cobre praticamente não se redistribui dentro da planta, as deficiências aparecem primeiro nos órgãos mais novos.

- **pH do solo:** a disponibilidade do Cu, tal como acontece com a do ferro, do manganês e do zinco, diminui à medida que o pH aumenta, principalmente se passar de 6-7. O pH mais alto reduz a solubilidade e aumenta a força pela qual o Cu é preso às argilas e à matéria orgânica, tornando-o menos disponível. O excesso de calcário pode causar falta de Cu.

- **balanço de nutrientes:** a deficiência de Cu é muitas vezes o resultado da interação negativa entre ele e outros nutrientes do próprio solo ou do adubo. Assim, altos níveis de N agravam a deficiência. Excesso de fósforo (P), ferro (Fe), zinco (Zn) e alumínio (Al) pode reduzir a absorção de cobre.

### Cobre para as culturas

As culturas diferem em sua resposta ao Cu (Tabela 1). Os cereais, os citros e a cana-de-açúcar são mais sensíveis aos baixos níveis de Cu. O centeio é muito tolerante aos teores baixos. Na verdade, consegue extrair do solo duas vezes mais Cu que o trigo. Nos cereais, a ordem de sensibilidade é geralmente a seguinte: trigo > cevada > aveia = milho > centeio. As diferenças entre variedades são também importantes e às vezes podem ser tão grandes quanto as diferenças entre espécies.

Tabela 1. Respostas das culturas ao cobre.

Mais responsivas	Medianamente responsivas	Menos responsivas
Alface	Abacaxi	Aspargo
Alfafa	Aipo	Batatinha
Arroz	Aveia	Centeio
Beterraba de mesa	Beterraba	Colza
Cana-de-açúcar	Brócolos	Ervilha
Cebola	Cafeeiro	Feijões
Cenoura	Couve-flor	Gramíneas forrageiras
Citros	Milho	Pinheiros
Dendezeiro	Nabo	Soja
Espinafre	Rabanete	
Trigo	Repolho	
	Trevo	

### Sintomas de deficiência

Os sintomas de deficiência de Cu podem não ser tão fáceis de se identificar quanto os de outros micronutrientes. Uma deficiência pequena ou moderada às vezes causa apenas menor crescimento e redução na colheita. Deficiências mais severas podem causar amarelecimento das folhas, murchamento das mesmas e morte das regiões de crescimento dos ramos. Como o cobre praticamente não se redistribui dentro da planta, as deficiências aparecem primeiro nos órgãos mais novos. As plantas deficientes mostram caules ou colmos fracos e tendência de murchar mesmo quando há umidade suficiente.

Nos cereais, os sintomas são mais evidentes entre o fim do perfilhamento e a emergência da folha bandeira. A cor parda da panícula e o encurvamento desta e do colmo são sintomas comuns no trigo e na cevada. As panículas são frequentemente vazias ou contêm grãos enrugados. Na cana-de-açúcar, as touceiras raquíticas se inclinam para o chão adquirindo o aspecto de pisoteadas pelo gado.

### Como resolver o problema da deficiência de cobre

As culturas exigem quantidades muito pequenas de Cu. Uma boa cultura de

<sup>1</sup> Tradução e adaptação do original "It's for Certain – Copper Is Required by Plants", PPI, Norcross, EUA, por Eurípedes Malavolta.

trigo, por exemplo, contém menos de 10 g de Cu nos grãos e na palha. Uma saca de café beneficiado tem pouco menos de 1 g e em 100 t de colmo de cana há 180 g apenas.

Os produtos mais usados para fornecer Cu às culturas no Brasil são os seguintes, com os respectivos teores (% de Cu): “fritas” (0,8-3,5% Cu); óxido (75-89%); oxiclureto (50-59%); sulfato (25%); quelados (5-13%).

Em culturas temporárias (cereais, cana-de-açúcar) a aplicação no solo é a maneira mais comum para se corrigir a deficiência de Cu ou evitar que apareça. As doses vão de 2 a 14 kg/ha nos solos minerais e de 10 a 45 kg/ha nos orgânicos. Devido à baixa solubilidade do cobre no solo dá-se preferência às aplicações localizadas nas faixas, covas ou sulcos, junto com os demais adubos. Doses pequenas podem ser misturadas com a semente.

A aplicação foliar entre o perfilhamento e o “emborrachamento” dos cereais é eficiente, porém o seu uso se faz como medida de emergência, de modo geral. Em culturas perenes (cítricos, cafeeiro), as aplicações foliares são bastante eficientes. Quando se usam defensivos contendo cobre (calda bordalesa, oxiclureto ou outros), além do controle fitossanitário são fonte eficiente do elemento como nutriente.

A resposta ao Cu pode ser espetacular, como mostram os dados do Planalsucar, na Figura 1: 10 kg do elemento aumentaram a produção de cana em quase 60 toneladas.

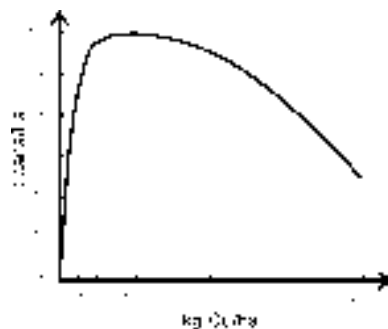


Figura 1. Resposta da cana-planta à aplicação do cobre no sulco de plantio em tabuleiro de Alagoas.

Além de controlar a ferrugem, o oxiclureto de cobre pulverizado nas folhas funciona como fonte de cobre, causando aumentos na produção devido ao controle da doença: é o que mostra a Figura 2, feita com dados obtidos pela ESAL e aqui simplificados.

Em solos minerais deficientes, o Cu, além de aumentar a produção, aumenta também a porcentagem de grãos cheios, como mostram os dados canadenses da Tabela 2.

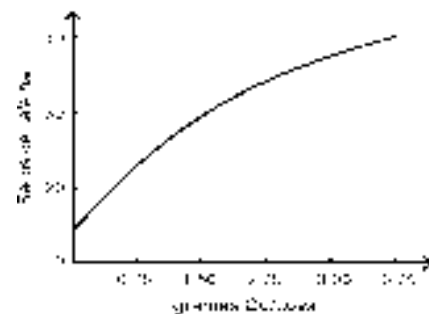


Figura 2. Resposta do cafeeiro à aplicação foliar de oxiclureto de cobre (média de 5 safras, doses divididas em 7 aplicações por ano).

Tabela 2. A adubação com cobre aumenta a colheita e a porcentagem de grãos de cevada e de trigo<sup>1</sup>.

Cultura	Tratamento	Colheita	Grãos cheios
		kg/ha	%
Cevada	Sem Cu	3.875	48
	Com Cu	5.750	92
Trigo	Sem Cu	937	59
	Com Cu	2.250	72

<sup>1</sup>Dose: 10 kg de Cu/ha como sulfato de cobre.

*O cobre tem algumas funções vitais na planta – e isto é certo. ■*



Deficiência de cobre em folhas de cafeeiro, com nervuras salientes.



Deficiência de cobre em cafeeiro, com as folhas curvadas para baixo, confundindo às vezes com estresse hídrico.



Deficiência de cobre em cana-de-açúcar: as folhas se curvam (Original: J. Orlando Filho).



Deficiência de cobre em citros (Original CATI).



# FERRO

## *Não é surpresa – o ferro é exigido pelas culturas*

O ferro (Fe) é essencial para o crescimento das plantas e para a produção de alimentos, embora somente pequenas quantidades sejam exigidas, comparadas às de outros nutrientes, tais como nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K). Assim, por exemplo, uma produção de 100 sacos de milho remove apenas 60 g de Fe do solo; 100 toneladas de colmo de cana-de-açúcar contém apenas 2,5 kg de ferro.

Porém, estas pequenas quantidades de Fe devem estar disponíveis para que a cultura se desenvolva normalmente e produza milho, cana ou qualquer outro produto. Sem o Fe, os benefícios de todas as outras boas práticas de manejo terão pouco ou nenhum valor.

### *Tenha presente – o ferro no solo*

A maior parte dos solos contém milhares de quilos de Fe, 200.000 por hectare ou mais. Mesmo com todo esse ferro, normalmente muito pouco está disponível para o desenvolvimento da cultura; assim, as deficiências não são raras em muitas regiões. Existem vários fatores do solo que influenciam a disponibilidade de Fe:

- **pH do solo**

O ferro está mais disponível quando o pH é menor que 6,0.

Sua disponibilidade diminui rapidamente à medida que o pH atinge 7,0 ou mais. A calagem de solos ácidos é necessária para a ótima produção da cultura, mas a calagem em excesso pode induzir à deficiência de Fe. A Figura 1 mostra a disponibilidade de Fe nos pHs normalmente encontrados nos solos agrícolas.

Os sintomas de deficiência de Fe aparecem primeiro nas folhas mais novas. Níveis excessivos de P no solo podem provocar a deficiência de ferro.

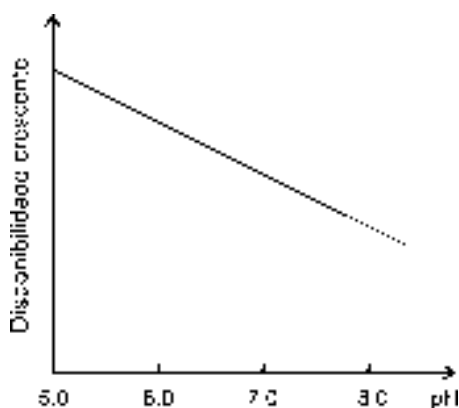


Figura 1. À medida que sobe o pH cai a disponibilidade do ferro.

- **Matéria orgânica**

Os solos ricos em matéria orgânica são aqueles mais provavelmente pobres em Fe e onde as deficiências são bastante comuns, particularmente quando encharcados.

- **Equilíbrio nutricional**

Como ocorre para outros nutrientes essenciais à planta, o equilíbrio é um fator importante na determinação da disponibilidade de Fe. O equilíbrio entre Fe, cobre (Cu), manganês (Mn) e molibdênio (Mo) é particularmente importante. Níveis excessivos

de P no solo podem induzir a uma deficiência de Fe. Deve-se dar especial atenção ao Fe em solos com pH alto e que também têm alto teor de P.

- **Outros fatores do solo**

A combinação dos fatores de solo, incluindo calagem elevada, frio, condições de umidade e níveis altos de bicarbonato, pode levar à deficiência de Fe. Isto é especialmente crítico em culturas sensíveis ao Fe, tais como sorgo (grãos) e árvores frutíferas. A deficiência também é comum nos viveiros de cacau e café em que os saqui-nhos contém substrato rico em matéria orgânica, são feitas muitas regas e entra pouco sol.

### *Funções e sintomas de deficiência de Fe nas plantas*

O ferro age como catalisador na formação da clorofila e como carregador de oxigênio. Ele é essencial para a síntese de proteínas e ajuda a formar alguns sistemas respiratórios enzimáticos. Ele tem funções na respiração da planta, na fotossíntese e na transferência de energia.

Os sintomas de deficiência de Fe aparecem primeiro nas folhas mais novas, na parte superior da planta, na ponta dos ramos (cacau, café, citros) ou na sua base (coco, dendê) porque ele não se transloca, isto é, permanece quase todo no órgão em que primeiro se acumulou. A deficiência de Fe apresenta-se com uma coloração verde-pálido (clorose), com acentuada distinção entre as nervuras verdes da folha e o tecido internerval. A deficiência severa pode tornar a planta inteira amarelo-esbranquiçado.

Às vezes, a deficiência de Fe é difícil de ser identificada porque os efeitos podem ser mascarados pela deficiência de outro nutriente ou pelo desequilíbrio nutricional. Doenças, infestação de insetos ou dano por

<sup>1</sup> Tradução e adaptação do original "It's Not Surprising – Iron Is Required by Plants", PPI, Norcross, EUA, por Eurípedes Malavolta.

herbicidas podem ser diagnosticados incorretamente como deficiência de Fe (ou outro nutrientes). Análises de solo, de planta, o passado histórico e outras informações de cultivo podem ajudar na separação das deficiências verdadeiras das de outras doenças.

### Como resolver o problema de deficiência de ferro

A Tabela 1 mostra algumas fontes comuns de fertilizantes com Fe e seu conteúdo nelas. A aplicação no solo, ou a pulverização foliar, corrige razoavelmente as deficiências das culturas.

A aplicação de materiais solúveis no solo, tais como sulfato ferroso, geralmente não é efetiva, porém, porque o Fe é rapidamente convertido em formas não disponíveis. Quando tais materiais são aplicados via pulverização foliar, eles são muito mais efetivos. Múltiplas aplicações geralmente são necessárias para a correção completa da deficiência de Fe e são econômicas somente em culturas de alto valor.

**Tabela 1. Adubos com ferro.**

Fonte	Teor de Fe (%)
Sulfatos de ferro	19-23
Óxidos de ferro	69-73
Sulfato ferroso amoniacal	14
Polifosfato de ferro e amônio	22
Quelados de ferro	5-14
Fritas	2-6

Injeções de sais de Fe diretamente dentro dos caules e limbos têm controlado a clorose em árvores frutíferas. A alteração do pH do solo dentro de uma faixa restrita também tem sido efetiva na correção das deficiências de Fe nas culturas. Vários produtos com enxofre (S) diminuem o pH do solo e convertem o Fe insolúvel do solo em formas que as plantas podem usar. Entretanto, este tratamento é muito caro, sendo usado somente em culturas de alto valor econômico. De um modo geral, nas condições brasileiras, as aplicações foliares de sais ou quelados e as das “fritas” no solo são os métodos preferidos. Como os nossos solos são quase sempre ácidos, a deficiência não é muito comum, exceto quando se faz calagem excessiva.

### As culturas respondem à adubação com ferro

Quando os solos estão com baixo suprimento de Fe disponível, as culturas respondem à adubação com Fe. A Tabela 2 mostra a resposta da soja à aplicação de Fe, aplicado como quelado foliar. Observe que houve uma resposta acentuada no local 2, enquanto pouca ou nenhuma resposta foi observada nos outros dois locais.

Esses dados ilustram o fato de que as deficiências de Fe são particularmente específicas do solo e do local.

**Tabela 2. Resposta da soja à aplicação foliar de ferro (dados norte-americanos).**

Dose de Fe kg/ha	Produção		
	Local 1	Local 2	Local 3
	----- sacos/ha -----		
Testemunha	30	3	47
0,112	33	31	51
0,140	33	32	49
0,167	30	46	53

*Não é surpresa – o Fe é exigido pelas culturas. ■*



Deficiência de ferro em cafeeiro.



Deficiência de ferro em cana-de-açúcar (Original: J. Orlando Filho).



Foto 3. Deficiência de ferro em citros (Original:CATI).



Deficiência de ferro em soja (Original: Áureo Lantmann).

# MANGANÊS

## É obrigatório – o manganês é exigido pelas culturas

O manganês (Mn), juntamente com carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), boro (B), cloro (Cl), cobalto (Co), cobre (Cu), ferro (Fe), molibdênio (Mo), níquel (Ni), selênio (Se), silício (Si) e zinco (Zn), é um dos elementos essenciais para a planta. Sem ele as plantas não vivem. Faz parte da lista dos micronutrientes (ao lado do B, Cl, Co, Cu, Fe, Mo, Ni, Se e Si), ou seja, dos elementos exigidos em pequenas proporções. Este fato, porém, não está relacionado a sua abundância relativa nos solos ou a sua importância como nutriente da planta. Quantidades relativamente grandes de Mn podem ocorrer nos solos, mas somente uma pequena fração normalmente está disponível a qualquer hora.

### Funções do manganês nas plantas

O manganês funciona principalmente como parte dos sistemas enzimáticos da planta. Funciona em vários processos importantes como a fotossíntese e a conversão do N-nitrato em forma que a planta usa para fazer aminoácidos e proteínas. A síntese de clorofila – o pigmento verde típico das plantas superiores – depende do Mn. Por causa desta função, os sintomas de deficiência de Mn geralmente envolvem amarelamento da folha ou clorose.

### Sintomas de deficiência e níveis de suficiência

O manganês não é translocado na planta, assim, os sintomas de deficiência aparecem primeiro nas folhas mais novas.

As deficiências ocorrem com mais frequência em solos com alto teor de matéria orgânica, em solos com pH de neutro a alcalino, e em solos que natu-

A deficiência de Mn ocorre com mais frequência em solos ricos em matéria orgânica, em solos com pH de neutro a alcalino e em solos que naturalmente contém baixo conteúdo de Mn.

ralmente têm baixo conteúdo de Mn. Os sintomas de deficiência variam pouco entre as culturas:

- **Soja e batatinha:** as folhas superiores primeiramente ficam amareladas entre as nervuras que permanecem verdes durante algum tempo. As folhas mais novas no princípio são verde-pálidas e depois amarelo-pálidas. À medida que a deficiência se torna mais severa aparecem áreas pardas e mortas.

- **Algodão:** as folhas superiores (mais novas) são afetadas primeiro. Elas tornam-se cinza-amareladas ou cinza-avermelhadas com nervuras verdes.

- **Milho e sorgo:** as plantas ficam ligeiramente raquíticas e as folhas mais novas mostram ligeira perda de cor entre as nervuras. Os sintomas geralmente não são severos e podem facilmente ser confundidos com outras anormalidades.

- **Outros cereais:** a aveia é das culturas mais sensíveis. As folhas mostram manchas necróticas marginais de cor marrom-acinzentado e listras na terceira folha superior. Em estádios avançados, a metade superior da folha curva-se com uma dobra distinta, enquanto a porção restante da folha permanece verde e ereta. Os sintomas observados no campo devem ser confirmados pela análise das folhas.

- **Cafeeiro:** as folhas mais novas apresentam inicialmente numerosas pontuações pequenas e claras. Ficam depois

amareladas e, em casos severos, quase brancas. Diminui o número de “cerejas” nas rosetas.

- **Citros:** aparece uma clorose entre as nervuras das folhas mais novas. As nervuras e uma estreita faixa de tecido ao longo delas permanecem verdes, com o aspecto de um reticulado grosso. O sintoma é facilmente confundido com o provocado pela deficiência de zinco (Zn). No caso da falta de Zn, entretanto, as folhas são menores, mais estreitas, os internódios mais curtos. Na ponta dos ramos forma-se um tufo (roseta) de folhinhas, o que não ocorre quando há falta de Mn, a qual não provoca diminuição no tamanho das folhas.

A Tabela 1 dá os teores de Mn considerados adequados nas folhas de algumas culturas e a sua tendência para agradecer a adição desse elemento na adubação.

**Tabela 1. Teores adequados de Mn nas folhas de algumas culturas e possibilidade de resposta ao elemento aplicado como adubo.**

Cultura	Teor adequado de Mn (ppm)	Resposta
Alfafa	30-100	Média
Algodão	25-350	Baixa
Batatinha	30-200	Média
Cacaueiro	150-200	Média
Cafeeiro	80-100	Alta
Citros	25-100	Média
Milho	30-150	Média
Soja	20-100	Alta
Sorgo	18-190	Alta
Trigo	20-200	Alta

Causas diversas podem fazer subir ou descer o teor foliar de Mn em relação aos níveis considerados suficientes ou adequados:

### Concentrações acima do nível adequado

- baixo pH do solo;
- doses altas de N (amoniaco ou amídico) e K na adubação em solos ácidos e pobres em matéria orgânica;

<sup>1</sup> Tradução e adaptação do original "It's Mandatory – Manganese Is Required by Plants", PPI, Norcross, EUA, por Eurípedes Malavolta.

- contaminação da amostra por solo ou poeira;
- resíduos de fungicidas portadores de Mn.

### Concentrações abaixo do nível adequado

- baixos níveis de Mn nativo nos solos;
- baixa disponibilidade devido ao alto pH do solo (7,0 ou maior);
- alto conteúdo de matéria orgânica no solo;
- alta umidade do solo;
- excesso de calagem.

### Fatores que afetam a disponibilidade

• **pH do solo:** as deficiências de Mn freqüentemente são associadas com o alto pH do solo. A Figura 1 ilustra a influência do pH do solo na disponibilidade de Mn. A elevação do pH favorece as transformações do manganês que levam ao aparecimento de formas menos disponíveis. Solos muito ácidos, por sua vez, podem causar toxidez de Mn às plantas neles cultivadas. Nas condições brasileiras, a causa mais freqüente de deficiência de Mn parece ser a elevação do pH devido à calagem excessiva.

A resposta das culturas a aplicações de Mn em solos deficientes ou onde o pH é alto pode ser muito lucrativa, especialmente em culturas responsivas como soja, beterraba e cereais (Tabela 2).

• **Matéria orgânica do solo:** as deficiências de manganês ocorrem freqüentemente em solos frios, úmidos e ricos em matéria orgânica.

Os sintomas desaparecem à medida que o solo seca e as temperaturas aumentam. Esta condição pode ser relacionada à menor atividade microbiológica nos solos frios e úmidos.

A baixa disponibilidade de Mn em solo com alto pH e rico em matéria orgânica pode ser devida à formação de compostos quelatados de Mn indisponíveis.

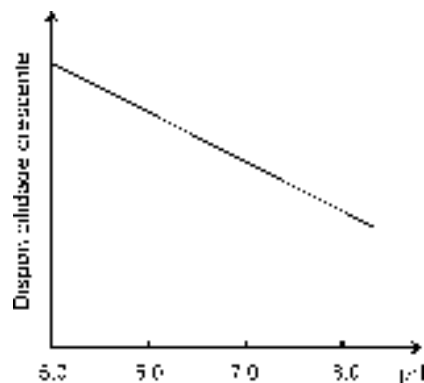


Figura 1. Subindo o pH cai a disponibilidade de manganês.

Tabela 2. Resposta da soja ao Mn em solos de pH alto.

Dose e modo de aplicação	Colheita (sacos/ha)
Testemunha	76
15 kg Mn/ha, a lanço	85
5 kg Mn/ha, na linha	88
0,5 kg Mn/ha, foliar	88

• **Balanço nutricional:** níveis altos de cobre disponível (Cu), ferro (Fe) ou zinco (Zn) no solo reduzem a absorção de Mn pelas plantas. A alta disponibilidade de cálcio (Ca) ou magnésio (Mg) também pode diminuir a absorção de Mn.

O rápido crescimento das culturas bem fertilizadas com N, P e K mas cultivadas em solos que estão marginais na disponibilidade de Mn com freqüência mostram concentrações foliares de Mn abaixo do nível crítico. Esta condição pode ser um fator limitante da produção.

• **Outros fertilizantes:** as fontes de nitrogênio podem influenciar a disponi-

bilidade de Mn. As fontes de N amoniacal, que produzem acidez no solo, tais como sulfato de amônio, uréia, nitrato de amônio e amônia, aumentam a absorção de Mn pela planta. O cloreto de potássio (KCl), um sal neutro, pode aumentar a disponibilidade de Mn, especialmente em solos ácidos.

### Como corrigir as deficiências de manganês

O manganês pode ser aplicado a lanço no pré-plantio, na adubação de plantio (sulco, faixa, cova) ou como pulverização nas folhas. As aplicações a lanço raramente são feitas pois é necessário usar doses maiores que custam mais. As doses usadas a lanço vão de 10-25 kg/ha; no plantio usam-se 3-5 kg/ha e por via foliar as doses vão de 0,5-2,0 kg/ha, em média. A escolha do método de aplicação depende do custo e da cultura. Como se vê na Tabela 3, feita com dados originais do PROCAFE (MARA/SNPA), a aplicação foliar de Mn foi o método mais eficiente para corrigir a deficiência no cafeeiro cultivado na Bahia. A acidificação do solo e, portanto, o aumento na disponibilidade causada pelo sulfato de amônio ajudou mas não foi tão eficiente como a aplicação foliar.

Tabela 3. Tratamentos e produção de café beneficiado em função dos métodos de correção da deficiência de manganês.

Tratamento	Sacos/1.000 covas
1. Sulfato de Mn a 1%, 2 apl. folhas	21
2. Sulfato de Mn, 100 g/cova, solo	17
3. Sulfato de amônio, 200 g/cova	12
4. Testemunha	5

*Para alta qualidade e colheitas rendosas as culturas necessitam de Mn – é obrigatório. ■*



Deficiência de manganês em folhas novas de milho (Original: ARBORE).



Deficiência de manganês em soja (Original: EMBRAPA-CNPSO).

# ZINCO

## É a lei – o zinco é exigido pelas culturas

Não é apenas um conceito a afirmação de que a velocidade da luz é de 300.000 km/segundo – **é a Lei**. Sem essa lei da Física seria impossível, por exemplo, nivelar com precisão um campo com a ajuda do laser.

Não é somente um bom conceito o de que as plantas exigem zinco (Zn) – **é a Lei**. O zinco é um dos 20 elementos que as plantas necessitam para crescer e produzir. É um micronutriente, sendo exigido em quantidades menores que outros elementos – mas é essencial. Se o Zn está deficiente ou é fornecido em pouca quantidade, as produções e os lucros diminuirão, e a utilização pela cultura de outros nutrientes, tais como nitrogênio, diminuirá. A má utilização de um nutriente devido a um programa de adubação desequilibrado é uma preocupação ambiental e, além disso, diminui os lucros.

### É a lei – o zinco nos solos

Solos deficientes em zinco são muito comuns em todo o Brasil – do Oiapoque ao Chuí, passando por todo o cerrado do Planalto Central. Além disso, a disponibilidade já baixa do Zn devida à pobreza original pode diminuir ainda mais pela aplicação de doses pesadas de calcário. Aumentando o pH o zinco é convertido no solo em formas menos aproveitáveis pelas culturas (Figura 1).

Observa-se que as plantas que se desenvolvem em solos com teor muito alto em fósforo (P) e baixo em Zn sofrem mais a deficiência de Zn. Esta síndrome é às vezes erroneamente explicada pensando-se que o P “fixa” o Zn. A aplicação de P em um solo com níveis suficientes de Zn não produzirá deficiência de Zn.

As deficiências de Zn tendem a

A concentração de zinco no solo pode diminuir 30 vezes para cada aumento na unidade de pH entre 5,0 e 7,0 – é a lei.

ocorrer nos períodos iniciais de desenvolvimento, quando os solos estão quentes e úmidos. Isto ocorre devido ao lento crescimento radicular comparado ao rápido crescimento da plântula. O sistema radicular, crescendo lentamente, é incapaz de absorver Zn suficiente para suprir a plântula.

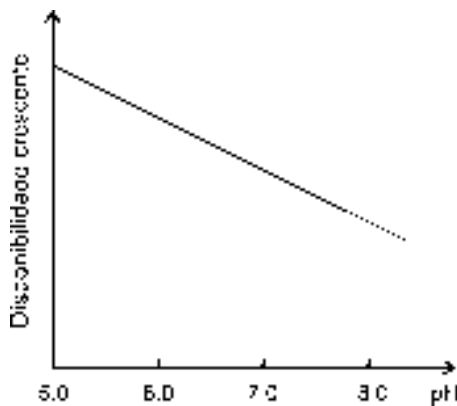


Figura 1. Tal como acontece com o cobre, o ferro e o manganês, a disponibilidade do zinco tende a cair quando o pH sobe.

Algumas vezes as plantas, ao crescer, parecem superar a deficiência. Entretanto, o prejuízo já foi feito e a colheita será reduzida.

Muito do Zn disponível do solo está associado à matéria orgânica na superfície do solo. O nivelamento do solo, o cultivo e a erosão podem causar deficiência de Zn nas culturas pela exposição do subsolo com baixa quantidade de matéria orgânica, baixo teor de Zn nativo, ou com alto pH.

Aqui estão algumas noções simples que se deve ter em mente: os solos arenosos freqüentemente são mais deficientes em Zn que os argilosos; solos com pH alto (neutros ou alcalinos) tendem mais para ser carentes do que solos com pH baixo (ácidos). Mas lembre-se: solos ácidos, como os do cerrado, por exemplo, também podem ser pobres em Zn. Analise o solo e as folhas das suas culturas para ter a certeza de que não está se esquecendo do Zn, este elemento tão importante. Consulte o seu Engenheiro Agrônomo.

### É a lei – o zinco nas culturas

O Zn foi um dos primeiros micronutrientes reconhecidos como tal, isto é, como essencial para todas as plantas. Embora exigido em pequenas quantidades, altas colheitas são impossíveis sem a sua presença. Algumas culturas respondem à adição de Zn mais que outras, como indicado na Tabela 1.

Tabela 1. Resposta das culturas ao zinco.

Muito responsivas	Medianamente responsivas	Pouco responsivas
Arroz	Alfafa	Aipo
Cacaueiro	Algodoeiro	Alface
Cafeeiro	Batatinha	Aspargo
Cebola	Beterraba	Aveia
Citros	Cevada	Cenoura
Feijoeiro	Gramíneas forrageiras	Centeio
Linho	Soja	Ervilha
Lúpulo	Tomateiro	Repolho
Milho	Trevo	Videira
Pecan	Trigo	
Pessegueiro		
Pinheiro		
Tungue		

### Funções e sintomas de deficiência

O zinco é essencial para muitos sistemas enzimáticos da planta. Ele controla a produção de importantes reguladores de crescimento que afetam o novo crescimento e o desenvolvimento. Um dos

<sup>1</sup> Tradução e adaptação do original "It's the Law – Zinc Is Required by Plants", PPI, Norcross, EUA, por Eurípedes Malavolta.

primeiros indicadores da deficiência de Zn é o crescimento raquítico das plantas, resultado da diminuição dos reguladores de crescimento. Os sintomas de deficiência de Zn incluem:

- plantas raquíticas;
- áreas verde-claras entre as nervuras das folhas novas;
- folhas menores (folhas pequenas);
- internódios curtos (roseta);
- largas faixas brancas em cada lado da nervura central do sorgo e do milho.

### Como resolver o problema da deficiência de zinco

As recomendações de Zn variam de cultura para cultura. As análises do solo e da planta são ferramentas importantes para a diagnose e a correção das deficiências de zinco. A melhor estratégia geralmente é aplicar Zn no plantio para impedir que a deficiência apareça: prevenir, como diz o ditado, é melhor que remediar.

Os principais produtos contendo zinco existentes no mercado brasileiro com o respectivo teor (%Zn) são os seguintes: sulfato de zinco (23%), óxido (30-78%), quelados (5-14%) e fritas (3,5-18%).

O zinco geralmente é aplicado no solo nos sulcos ou covas de plantio em doses que vão de 5-10 kg/ha e tem sido observado um efeito residual considerável, até de 5 anos. As doses dependem do teor no solo e da cultura.

Quando o solo sob alto pH está deficiente em Zn ou onde existe uma situação de emergência em uma cultura estabelecida, o Zn pode ser aplicado na forma de pulverização foliar.

Em culturas perenes (cacaueiro, cafeeiro, citros, frutíferas em geral) é rotina a aplicação foliar de zinco, muitas vezes junto com produtos usados no tratamento fitossanitário. Nas aplicações foliares as doses variam entre 0,5 e 2 kg Zn/ha. As soluções, geralmente a alto volume, tem uma concentração de Zn da ordem de 0,05 a 0,2%.

A Figura 1, preparada com dados do CPAC/EMBRAPA, mostra o efeito notável do Zn no milho no ano de aplicação, bem como o efeito residual em três cultivos seguintes.

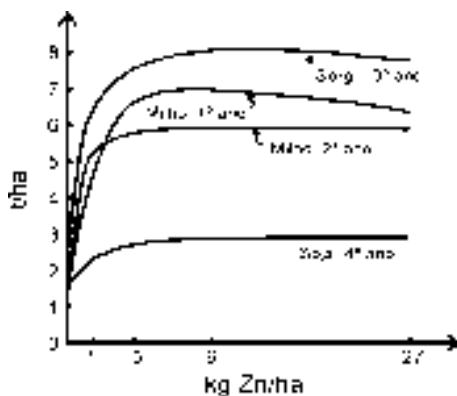


Figura 1. Resposta de culturas sucessivas à aplicação de zinco para o milho no cerrado.

O efeito da aplicação foliar de zinco como sulfato na produção do cafeeiro no cerrado de Minas Gerais é visto na Figura 2. Os dados originais são do CENA-USP em colaboração com a EPAMIG e ESAL. As doses totais indicadas foram divididas em 3 aplicações, a primeira delas pouco antes da florada.

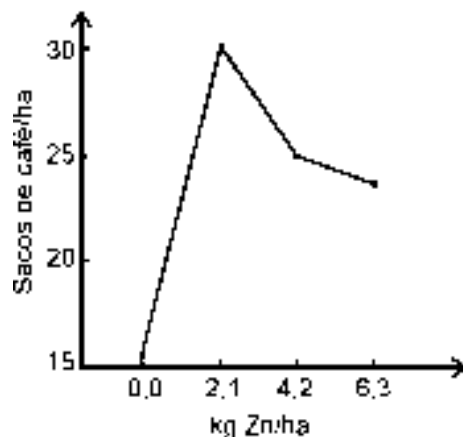


Figura 2. Efeito da aplicação foliar de sulfato de zinco na produção de café.

**Não deixe que a falta deste nutriente importante limite suas produções... e seus lucros. ■**



Deficiência de zinco em cafeeiro.



Deficiência de zinco em citros (Original: CATT).



Deficiência de zinco em milho (Original: ARBORE).



Folha de feijoeiro deficiente em zinco, à direita (Original: Quirino A.C. Carmello).

# CORO, MOLIBDÊNIO E COBALTO

## É bem entendido –

*o cloro, o molibdênio, o cobalto são exigidos pelas plantas e o vanádio às vezes é benéfico*

### Cloro

*É bem entendido – as plantas necessitam de cloro*

Até recentemente, o cloro (Cl) era considerado um nutriente sem importância para a planta. Nós sabemos hoje que o Cl, corrigindo deficiências e controlando organismos causadores de doenças, pode aumentar a produção de muitas culturas, principalmente cereais e palmeiras (coqueiro, dendezeiro).

O cloro está envolvido na fotossíntese, especificamente no desdobramento da molécula de água (H<sub>2</sub>O) em presença de luz. Ele ativa várias enzimas e está envolvido no transporte de cátions, tais como potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), dentro da planta. Ele ajuda a controlar a perda de água e aumenta a resistência à seca.

A pesquisa tem demonstrado que o Cl diminui os efeitos de doenças causadas por fungos e que provocam o apodrecimento das raízes dos cereais, como é o caso do mal-do-pé do trigo. É interessante que o manganês (Mn) parece andar junto com o Cl tanto na fotossíntese quanto na proteção do trigo contra o mal-do-pé. O cloro ajuda também a controlar infecções fúngicas das folhas e espigas dos cereais e diminui a incidência da podridão do caule do milho.

### O cloro no solo

O cloro não é fixado pela matéria orgânica do solo ou pelas argilas. Ele é facilmente lixiviado e é um dos primeiros elementos removidos dos minerais pelos processos de intemperização. Por isso, a maior parte do Cl do mundo é encontrado nos mares. Na forma de cloreto, em que está presente nos adubos, no sal de cozinha e na água das chuvas, não é prejudicial aos organismos do solo.

Os micronutrientes descritos aqui – Cl, Co, Mo – não são tão conhecidos quanto outros. A aplicação prática do conhecimento das suas funções na planta através da adubação pode aumentar a produção.

### O cloro e a produção das culturas

Os níveis de Cl no solo adequados para as culturas não são bem conhecidos. Acredita-se, entretanto, que 30 kg de cloro nos 20 cm superficiais de um hectare de solo sejam adequados para os cereais em geral. Do ponto de vista prático, a fonte mais comum é o cloreto de potássio (KCl) que tem cerca de 47% de Cl.

O cloreto pode ser distribuído a lanço em área total antes do plantio, aplicado na semeadura ou em cobertura. Devido à possibilidade de dano por salinidade, não se deve colocar muito Cl em contato direto com a semente.

Doses maiores podem ser usadas antes do plantio ou em cobertura. A pesquisa tem demonstrado que a época de aplicação não influencia significativamente os resultados. Entretanto, chuvas pesadas podem diminuir o efeito do Cl em solos arenosos. Como o Cl é muito móvel no solo, deve ser usado adequadamente. A Tabela 1 mostra a resposta do trigo ao Cl (média de 2 anos), nos EUA, e do dendezeiro, na Colômbia.

Tabela 1. Resposta do trigo e do dendezeiro ao cloreto.

Dose de Cl	Trigo kg/ha	Dendê kg/planta
Sem	3.625	210
Intermediária	3.906	225
Alta	4.030	231

<sup>1</sup> Tradução e adaptação do original "It's Understood – Chloride, Molybdenum, Cobalt and Vanadium Are Required by Plants", PPI, Norcross, EUA, por Eurípedes Malavolta.

O Cl pode ter efeitos negativos em algumas culturas... diminui a combustibilidade das folhas de fumo, a qualidade da batatinha. Os efeitos dependem da variedade ou do porta-enxerto.

### Molibdênio

*É bem entendido – as plantas exigem molibdênio*

O molibdênio (Mo) é um dos nutrientes essenciais para todas as plantas. Alguns poucos gramas de Mo por hectare são capazes de corrigir deficiências que limitam a produção.

O molibdênio é necessário para a síntese e ativação (funcionamento) da redutase do nitrato, uma enzima que reduz o nitrato na planta. É também exigido para a fixação simbiótica do N pelas bactérias que vivem nos nódulos das raízes das leguminosas. Os sintomas de deficiência de molibdênio consistem geralmente no amarelamento das folhas e diminuição no crescimento. No caso das leguminosas, a falta de Mo provoca sintomas de deficiência de N pois diminui a fixação de N de que tais plantas necessitam para viver.

### O molibdênio no solo

Ao contrário dos outros micronutrientes, a disponibilidade de Mo no solo aumenta nos pHs mais altos do solo. A Figura 1 mostra a relação.

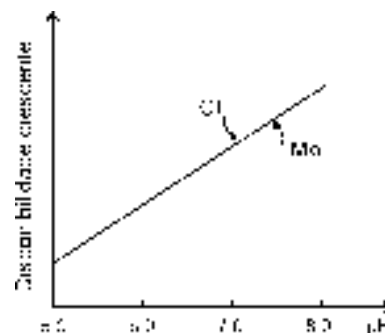


Figura 1. Aumentando o pH aumenta a disponibilidade do Mo e do Cl.

Os solos arenosos são mais aptos a apresentar deficiência de Mo que os solos de textura mais fina. Adubações pesadas com P aumentam a absorção de Mo do solo pelas plantas, enquanto a adubação com enxofre (S) reduz a absorção de Mo e pode induzir a sua deficiência.

### **Como corrigir a deficiência de molibdênio**

Devido à relação entre pH do solo e disponibilidade de Mo, a calagem de solos ácidos geralmente corrige as deficiências de Mo, como mostra a Tabela 2. Isto é possível, porém, somente quando o solo contém Mo suficiente para satisfazer as necessidades da cultura.

**Tabela 2. Resposta da soja ao Mo em vários valores de pH (dados do IAC).**

pH (em H <sub>2</sub> O)	Sem Mo	Com Mo
	----- kg/ha -----	
4,3	1.274	1.870
5,4	2.309	2.688
6,3	2.711	2.719

Os fertilizantes contendo Mo podem ser misturados com os fertilizantes NPK, aplicados em pulverização via foliar ou usados como tratamento de sementes. O tratamento de sementes provavelmente é o método mais comum de se corrigir a deficiência de Mo porque são exigidas quantidades muito pequenas do nutriente.

### **Vanádio**

O vanádio (V) ainda não entrou na lista dos micronutrientes. Entretanto, tem sido observados aumentos na produção como conseqüência do seu uso. Assim, por exemplo, aplicações foliares em algodão, feitas nos EUA, aumentaram a produção de fibras em 50 kg/ha, em culturas irrigadas ou não, sem aumentar a necessidade de água. O vanádio melhorou também a qualidade da fibra.

Os melhores resultados tem sido obtidos quando as aplicações são feitas de manhã, enquanto as temperaturas são baixas. Uma única aplicação, cerca de 2 semanas antes da iniciação do florescimento, tem

dado o melhor resultado. A dose ótima de aplicação foi de 0,05 kg (50 gramas) por hectare.

### **Cobalto**

As bactérias que fixam N do ar em simbiose nos nódulos das leguminosas necessitam de cobalto (Co) para efetuar esse processo. A aplicação de Co juntamente com Mo no tratamento das sementes de feijão pode aumentar muito a produção, como foi demonstrado em ensaios feitos em Viçosa pela Universidade Federal. Tem sido observado que o Co aumenta a vida útil das rosas depois de colhidas e reduz a má formação de flores, aumentando a produção da mangueira.

***Embora os micronutrientes não recebam tanta atenção quanto os macronutrientes, eles são tão importantes quanto estes – é o que se deve entender. ■***

## ***Pense nisto...***

***A globalização da economia faz dos melhores agricultores do mundo nossos concorrentes diretos.***

***Como sobreviver dentro do novo panorama mundial?***