

Molibdênio

Nº 13

EDIÇÃO EM PORTUGUÊS

O molibdênio (Mo) é um micronutriente exigido em quantidades muito pequenas para o crescimento tanto de plantas quanto de animais. Deficiências de Mo nas culturas agrícolas são bastante incomuns, mas há vários fertilizantes de solo e foliares que podem ser usados para corrigir o problema quando ele ocorre.

Molibdênio nas plantas

Todas as plantas necessitam de quantidades muito pequenas de Mo para seu crescimento e desenvolvimento normais. Entre os micronutrientes de plantas, o Mo e o níquel (Ni) são exigidos nas mais baixas concentrações.

Na planta, o Mo é principalmente usado para a produção de molibdoenzimas que regulam várias funções fisiológicas. A mais conhecida entre as molibdoenzimas regula a nutrição de nitrogênio (N). Em espécies não leguminosas, as molibdoenzimas regulam a conversão de nitrato em proteínas (nitrato redutase). Em espécies de leguminosas, uma outra molibdoenzima (nitrogenase) é requerida pelas bactérias que formam nódulos nas raízes para a fixação de N. As leguminosas têm maior necessidade de Mo do que qualquer outra cultura.

A toxicidade de Mo nas plantas é rara na maioria das condições agrícolas. Entretanto, ovelhas e bovinos alimentados com plantas contendo alta concentração de Mo podem sofrer molibdenose. Esse problema resulta da supressão da disponibilidade de cobre (Cu) na dieta desses animais causada pelas altas concentrações de Mo.

Molibdênio nos solos

O Mo disponível para as plantas está na forma do ânion molibdato MoO_4^{2-} , liberado dos minerais sólidos por meio de processos normais de intemperização e submetido a várias reações no solo. Assim que são dissolvidos, os ânions MoO_4^{2-} estão sujeitos a processos de adsorção por argilas, óxidos de ferro (Fe), alumínio (Al) e manganês (Mn), assim como compostos orgânicos e carbonatos.

A solubilidade de MoO_4^{2-} é bastante influenciada pelo pH do solo, de modo semelhante ao nutriente quimicamente análogo fosfato (PO_4^{3-}). Mo tem sua disponibilidade aumentada para as plantas à medida que o pH do solo aumenta. A solubilidade de MoO_4^{2-}



FOTO IPNI SNYDER

Em primeiro plano, soja deficiente em molibdênio.

aumenta aproximadamente 100 vezes para cada unidade de aumento do pH do solo. Portanto, o uso de calcário para aumentar o pH de solos ácidos é uma importante ferramenta de manejo para melhorar a disponibilidade de Mo. Nos solos com $\text{pH} \geq 6$ é incomum encontrar deficiência de Mo.

A adição de fertilizante contendo sulfato (SO_4^{2-}) tende a diminuir a absorção de MoO_4^{2-} , pois ambos competem pelos sítios de absorção nas raízes. Um estudo mostrou que a concentração de Mo em amendoineiro diminuiu em mais de 70% após adubação com superfosfato simples (SSP), o qual contém o íon SO_4^{2-} na sua composição, mas aumentou em 20% após adubação com superfosfato triplo (TSP) que não contém sulfato (REBAFKA et al., 1993). A adição de fosfato geralmente resulta em liberação de Mo, que é adsorvido nos colóides do solo, levando a maior absorção e acúmulo deste micronutriente nas plantas.

Adubação com molibdênio

Em muitos solos, a aplicação de corretivos (calcário) para aumentar o pH libera Mo a partir de formas insolúveis. Um estudo mostrou que apenas a adição de calcário resultou na mesma produtividade de soja obtida quando fertilizante contendo Mo foi adicionado ao solo que não recebeu calcário



INTERNATIONAL
PLANT NUTRITION
INSTITUTE

AV. INDEPENDÊNCIA, 350, SALA 142, BAIRRO ALTO, 13419-160
PIRACICABA, SP, BRASIL
TELEFONE: (19) 3433-3254 | WEBSITE: <http://brasil.ipni.net>
TWITTER: @IPNIBRASIL; FACEBOOK: <https://www.facebook.com/IPNIBrasil>

(PARKER; HARRIS, 1962). Entretanto, a liberação química de Mo solúvel após a aplicação de calcário pode levar semanas ou meses para ocorrer.

Se o calcário não for necessário para o crescimento da cultura, ou quando a concentração de Mo no solo for baixa, pode ser útil aplicar Mo adicional das seguintes maneiras:

Solo: Os fertilizantes contendo Mo podem ser aplicados em faixas ou a lanço ao solo. O micronutriente é comumente aplicado em pequenas quantidades, variando de 0,5 kg/ha a 2,2 kg/ha, geralmente misturado com outros fertilizantes para que a aplicação seja feita com uniformidade, ou dissolvido em água e pulverizado no solo antes do plantio. O trióxido de Mo (MoO₃) é adequado apenas para aplicações ao solo em decorrência de sua baixa solubilidade.

Foliar: Fontes solúveis de Mo, como molibdato de sódio ou de amônio, são usadas em aplicações foliares, via soluções diluídas, e são normalmente mais eficientes quando aplicadas em estádios precoces de desenvolvimento das plantas. As aplicações foliares são benéficas para correção imediata dos sintomas de deficiência de Mo em comparação com as aplicações via solo que, por sua vez, têm benefício residual por tempo mais longo.

Semente: O tratamento de sementes com pequenas quantidades de fertilizante contendo Mo é comum em regiões onde ocorre a deficiência deste micronutriente. Essa técnica assegura que a cada semente seja fornecida uniformemente uma quantidade pequena mas adequada de Mo para o pleno desenvolvimento da planta. Algumas vezes, a inoculação com *Rhizobia* para leguminosas é acompanhada da aplicação de pequenas quantidades de Mo para promover vigorosa fixação de N. Taxas de aplicação excessivamente altas podem diminuir a germinação de sementes ou causar acúmulo de Mo em concentrações que podem ser danosas para o pastejo dos animais.

A seleção de um fertilizante específico contendo Mo depende, em grande parte, de como o material será aplicado. Alguns exemplos de fertilizantes comuns contendo Mo são apresentados na Tabela 1.

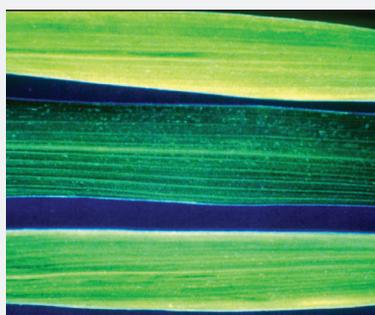
Tabela 1. Fertilizantes comuns contendo molibdênio.

Nome	Fórmula química	Teor de Mo (%)	Solubilidade (g/L)
Molibdato de sódio	Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O	39	653
Molibdato de amônio	(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ ·4H ₂ O	54	400
Trióxido de molibdênio	MoO ₃	66	3

Sintomas de deficiência de molibdênio

O Mo é móvel nas plantas e os sintomas de sua deficiência podem aparecer na planta inteira.

Não leguminosas: Como a presença em quantidade adequada de Mo é essencial para que ocorra o efetivo metabolismo de N, as deficiências deste micronutriente comumente aparecem na forma de plantas atrofiadas e na incapacidade das folhas de desenvolver a cor verde-escura. Em presença de deficiências mais severas, as folhas podem desenvolver uma área



Variação na intensidade do sintoma de deficiência de molibdênio em folhas de arroz.

FOTO: IPNI/YAMADA.

verde-pálida ou amarela ao redor das bordas e entre as nervuras.

Os sintomas avançados de deficiência de Mo podem aparecer como queimaduras (necrose) ao redor das bordas da folha e entre as nervuras, porque as plantas não podem assimilar o nitrato e convertê-lo em proteína.

Um sintoma bem conhecido de deficiência de Mo foi descrito em couve-flor, na qual a lamela foliar não é formada adequadamente e, em casos extremos, somente as nervuras da folha estão presentes, o que é conhecido como "rabo de chicote".

Leguminosas: Essas plantas apresentam necessidade adicional de Mo, pois este é exigido para a fixação de N pelas bactérias fixadoras, além da utilização interna de nitrato. Os sintomas de deficiência de Mo incluem atrofia geral e amarelecimento, tipicamente resultantes de fornecimento insuficiente de N.

Resposta das culturas a molibdênio

O benefício do fornecimento adequado de Mo se relaciona mais comumente com o estímulo à habilidade das plantas em utilizar N. As plantas com deficiência de Mo nem sempre necessitam de adubação suplementar, especialmente em solos ácidos, onde a aplicação de calcário aumenta a disponibilidade deste micronutriente para as plantas. De modo semelhante, a adição de fertilizantes contendo fósforo (P) libera Mo na solução do solo após sua troca com MoO₄²⁻ nos sítios de adsorção do solo.

Em áreas onde não há adequado teor de Mo, as adubações suplementares resultam em grande aumento de crescimento e produtividade das plantas. Um estudo demonstrou grande aumento de produtividade em leguminosas tanto com aplicações de Mo quanto com adições de calcário, como mostrado na Figura 1 (HAGSTROM; BERGER, 1963). Em outro estudo, observou-se que a produção de melões aumentou de 19 unidades nas parcelas sem adubação com Mo para 250 unidades nas parcelas que receberam aplicação foliar deste micronutriente (GUBLER et al., 1982).

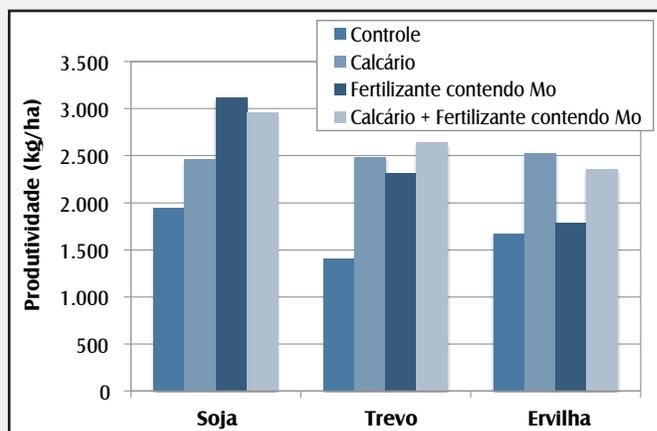


Figura 1. Efeito da aplicação de calcário e fertilizante com molibdênio na produtividade de três culturas.

Fonte: Hagstrom e Berger (1963).

Referências

GUBLER, W. D.; GROGAN, R. G.; OSTERLI, P. P. Yellows of melons caused by molybdenum deficiency in acid soil. *Plant Disease*, Saint Paul, v. 66, no. 6, p. 449-451, 1982.

HAGSTROM, G. R.; BERGER, K. C. Molybdenum status of three Wisconsin soils and its effect on four legume crops. *Agronomy Journal*, Madison, v. 55, no. 4, p. 399-401, 1963. doi: 10.2134/agronj1963.00021962005500040031x.

PARKER, M. B.; HARRIS, H. B. Soybean response to molybdenum and lime and the relationship between yield and chemical composition. *Agronomy Journal*, Madison, v. 54, no. 6, p. 480-483, 1962. doi: 10.2134/agronj1962.00021962005400060004x.

REBAFKA, F. P.; NDUNGURU, B. J.; MARSCHNER, H. Single superphosphate depresses molybdenum uptake and limits yield response to phosphorus in groundnut (*Arachis hypogaea* L.) grown on an acid sandy soil in Niger, West Africa. *Fertilizer Research*, The Hague, v. 34, no. 3, p. 233-242, 1993. doi: 10.1007/BF00750569.