

CIRCULAR TÉCNICA

n. 12 - março - 2008

ISSN 0103-4413



Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Av. José Cândido da Silveira, 1.647 - Cidade Nova - 31170-000
Belo Horizonte - MG - site: www.epamig.br - e-mail: faleconosco@epamig.br



PRODUÇÃO DE SEMENTES DE FEIJÃO RICAS EM MOLIBDÊNIO E BENEFÍCIOS COM SEU USO¹

*Rogério Faria Vieira²
Luís Tarcísio Salgado³
Roberto Fontes Araújo⁴
Trazilbo José de Paula Júnior⁵*

INTRODUÇÃO

A planta, para produzir, necessita de luz, água, CO₂, nutrientes. Com relação a estes últimos, alguns são necessários em grande quantidade; por isso são chamados macronutrientes. Pertencem a esse grupo o nitrogênio (N), o fósforo (P), o potássio (K), o cálcio (Ca), o magnésio (Mg) e o enxofre (S). Os micronutrientes, ou seja, os nutrientes que as plantas necessitam em pequena quantidade são: ferro (Fe), manganês (Mn), cloro (Cl), cobre (Cu), zinco (Zn), boro (B), molibdênio (Mo) e níquel (Ni). Apesar de os micronutrientes serem necessários em quantidade relativamente pequena, a deficiência de um deles é tão prejudicial à planta quanto à falta de um macronutriente. Quando os nutrientes e os outros fatores de crescimento (luz, água, etc.) estão no nível ótimo, as pragas e as doenças estão sob controle e o clima é favorável, as culturas respondem com altas produtividades.

No caso do feijão, o P é o nutriente que mais limita o seu rendimento, seguido do N. Este e o K são absorvidos em grande quantidade pelos feijoeiros. Por isso, N, P e K são os nutrientes mais empregados pelos agricultores. No entanto, estudos conduzidos em Minas Gerais mostram que essa leguminosa responde, com aumento de produtividade, à adubação com Mo. Dependendo do solo, do seu pH e da disponibilidade de N, o aumento de produtividade com o uso do Mo pode chegar a 323%. Vêem-se, no Quadro 1, os resultados de um estudo em que a deficiência do solo em N limitou a produtividade do feijão a 683 kg/ha, apesar da adubação com P e K. A aplicação parcelada de 40 kg/ha de N dobrou-lhe a produtividade, mas essa dose foi insuficiente, pois a aplicação de Mo elevou-a para mais de 2.000 kg/ha e, só então, o teor de N na folha atingiu níveis adequados. O tratamento com melhor efeito foi 20 kg/ha de N no plantio e 20 g/ha de Mo em pulverização. Na prática, é possível, com esse tratamento, alcançar produtividade de 3.000 kg/ha de grãos em solo deficiente em Mo e N.

¹ Circular técnica produzida pela EPAMIG – Centro Tecnológico da Zona da Mata (CTZM). Tel.: (31) 3891-2646 - Correio eletrônico: ctzm@epamig.br

Pesquisa financiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG).

² Eng^o Agr^o, Ph.D., Pesq. EPAMIG–CTZM, Caixa Postal 216, CEP 36571-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: rfvieira@epamig.br

³ Eng^o Agr^o, M.Sc., Pesq. EPAMIG–CTZM, Caixa Postal 216, CEP 36571-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: luiz.salgado@epamig.br

⁴ Eng^o Agr^o, D.Sc., Pesq. EPAMIG–CTZM, Caixa Postal 216, CEP 36571-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: roberto.araujo@epamig.br

⁵ Eng^o Agr^o, Ph.D., Pesq. EPAMIG–CTZM, Caixa Postal 216, CEP 36571-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: trrazilbo@epamig.br

QUADRO 1 - Produtividade de feijão e teor de N na folha em função do uso de N e Mo - Viçosa, MG

N no plantio (kg/ha)	N em cobertura (kg/ha)	Mo na folha (g/ha)	Produtividade (kg/ha)	N na folha (dag/kg)
0	0	0	683	3,1
20	0	0	1019	2,8
0	20	0	1134	3,8
20	20	0	1475	3,6
0	0	20	2071	4,4
20	0	20	2582	5,5
0	20	20	2341	4,4
20	20	20	2437	5,0

FONTE: Vieira et al. (1992).

Apesar dos bons resultados com a aplicação do Mo, relativamente poucos agricultores o empregam na adubação. A falta de informação sobre o seu benefício e/ou a indisponibilidade do adubo molíbdico no comércio são os principais motivos desse fato. Uma forma de contornar esses obstáculos é fornecer ao agricultor semente com alto conteúdo de Mo.

FUNÇÕES DO MOLIBDÊNIO

O Mo é componente de duas importantes enzimas: nitrogenase e redutase do nitrato (NR). O processo pelo qual o N atmosférico é fixado e utilizado pela planta chama-se fixação biológica do N (FBN). A nitrogenase é responsável, na FBN, pela quebra da tríplice ligação do N₂, transformando-o em duas moléculas de amônia (NH₃). Na agricultura, os rizóbios (bactérias) que vivem em simbiose com leguminosas, como feijão e soja, são os mais importantes fixadores de N. Na prática, havendo deficiência de Mo, pouco N é fixado.

A NR reduz NO₃⁻ a NH₃, transformação necessária para que a planta aproveite o N absorvido na forma de nitrato. Outra enzima que contém Mo e está envolvida na nutrição nitrogenada da planta é a desidrogenase da xantina (XDH), que atua no transporte do N fixado pelos rizóbios.

Dois enzimas, não envolvidas na nutrição nitrogenada da planta, também contêm Mo: oxidase do sulfeto (SO) e aldeído oxidase (AO). A SO promove a desintoxicação da célula do excesso de sulfeto e está envolvida na degradação dos aminoácidos sulfurados. A AO está envolvida na síntese do ácido abscísico, que tem papel importante em muitos aspectos do desenvolvimento da planta, na resposta adaptativa a estresses, como seca, baixa temperatura e salinidade, e na resistência da planta a doenças. A enzima XDH está envolvida tanto na resistência das plantas às doenças e à seca quanto na senescência das folhas.

DISPONIBILIDADE DE MOLIBDÊNIO E pH

A disponibilidade de Mo no solo aumenta 100 vezes para cada unidade de aumento de pH. Portanto, em alguns solos, a calagem pode ser suficiente para elevar, de forma adequada, a disponibilidade de Mo para as plantas.

MÉTODOS DE APLICAÇÃO

O Mo pode ser fornecido aos feijoeiros das seguintes formas: junto com a adubação de plantio, pelo tratamento das sementes com adubo molíbdico, pela pulverização da folhagem com solução do adubo e pelo uso de sementes ricas em Mo. A pulverização da folhagem é o método mais empregado pelos agricultores. O uso da semente enriquecida é uma maneira prática de fornecer àquele agricultor que não tem disponibilidade de fertilizante molíbdico parte do Mo que a planta-filha necessita. Esse método é especialmente importante para pequenos agricultores que cultivam feijão em solos ácidos e degradados, e não empregam fertilizante nitrogenado em cobertura.

DOSE

Os feijoeiros respondem, com aumento de produtividade, a doses menores que 10 g/ha de Mo, quando este é aplicado nas sementes ou pulverizado na folhagem. Estudos conduzidos na Zona da Mata e no Sul de Minas Gerais revelam, no entanto, que os melhores resultados são obtidos com a dose de 80

g/ha. Essa dose geralmente não vem sendo empregada devido ao alto preço, atualmente, do adubo molibídico. Os agricultores têm usado doses entre 20 e 40 g/ha, com bons resultados. O adubo molibídico pode ser misturado, no tanque do pulverizador, com outros defensivos, o que elimina o custo de distribuição. Para a produção de sementes com alto conteúdo de Mo, as doses usadas na pulverização dos feijoeiros são muito mais altas que as empregadas visando ao aumento da produtividade de grãos.

FONTES DE MOLIBDÊNIO

As fontes de Mo mais encontradas no comércio são: molibdato de sódio (39% de Mo) e molibdato de amônio (54% de Mo). Logo, se o plano é distribuir 39 g/ha de Mo, devem empregar 100 g de molibdato de sódio ou 72,2 g de molibdato de amônio. Na pulverização da folhagem, recomenda-se adicionar espalhante adesivo à solução, como prevenção para o caso de chover após a aplicação.

ÉPOCA DE APLICAÇÃO

A época mais adequada para pulverizar os feijoeiros com solução de Mo é entre 14 e 28 dias após a emergência (DAE) das plântulas. Quando o objetivo é aumentar o conteúdo de Mo da semente, parte do Mo pode ser aplicada depois desse período.

PRODUÇÃO DE SEMENTES RICAS EM MOLIBDÊNIO E BENEFÍCIOS COM SEU USO

Para obtenção de sementes ricas em Mo podem ser usadas duas medidas simultâneas: elevar o pH do solo, onde as sementes serão produzidas, para entre 6,5 e 7,0, e aplicar alta dose de Mo nas plantas nas quais as sementes serão colhidas.

Estudo conduzido na Zona da Mata objetivou testar os efeitos de altas doses de Mo sobre os feijoeiros e as sementes por estes produzidas. Doses de até 1.440 g/ha de Mo não foram fitotóxicas (Quadro 2). Os tratamentos com Mo não aumentaram a produtividade, em razão, provavelmente, do uso de N em cobertura (110 kg/ha de uréia). O parcelamento da dose de 1.440 g/ha entre 17 e 34 DAE aumentou o conteúdo de Mo na semente, em relação à aplicação dos 1.440 g/ha somente aos 21 DAE.

Quatro origens de semente foram selecionadas do Quadro 2 e semeadas, em Coimbra, MG, em parcelas pulverizadas com Mo ou em parcelas sem Mo adicional (Quadro 3). Não foi feita adubação nitrogenada em cobertura.

No primeiro ensaio, conduzido em solo rico em N, as origens da semente não influenciaram os rendimentos do feijão, que variaram de 2.529 a 2.821 kg/ha (dados não apresentados).

Quadro 2 - Produtividade e conteúdo de Mo na semente de feijão em função de doses e épocas de aplicação de Mo em solo com pH = 5,7 - Coimbra, MG

Tratamento Mo (g/ha)	Produtividade (kg/ha)	µg de Mo/semente
Sem Mo	1945	0,096 d
⁽¹⁾ 90 aos 21 DAE	2019	0,080 d
180 aos 21 DAE	2075	0,232 cd
360 aos 21 DAE	2097	0,481 bc
720 aos 21 DAE	2035	0,742 b
360 (2x) aos 17 e 21 DAE	2343	0,722 b
1440 aos 21 DAE	2019	0,552 bc
720 (2x) aos 17 e 21 DAE	2077	0,707 b
360 (4x) entre 17 e 34 DAE	2162	1,272 a

FONTE: Vieira et al. (2004).

(1)DAE = dias após a emergência da cv. Pérola.

QUADRO 3 - Produtividade de feijão (kg/ha) em função de origens de semente e de tratamentos com Mo, em solo com pH = 6,1 - Coimbra, MG

µg de Mo/semente	⁽¹⁾ Com Mo	Sem Mo	Diferença
0,080 ± 0,044	⁽²⁾ 2513 b	1722 b	⁽³⁾ 791
0,096 ± 0,058	2720 ab	2100 b	⁽³⁾ 620
0,722 ± 0,290	2574 b	2565 a	9 ns
1,272 ± 0,579	3017 a	2624 a	⁽⁴⁾ 393

FONTE: Vieira et al. (2004).

NOTA: ns – não significativo.

(1) Pulverizado na folhagem aos 23 dias após a emergência (DAE), na dose de 90 g/ha, em 500 L/ha. (2) Média de 6 repetições, comparação pelo teste de Duncan a 5 %. (3) Significativo a 1% pelo teste F. (4) Significativo a 5% pelo teste F.

No segundo ensaio, as plantas oriundas de sementes ricas em Mo geralmente produziram mais que as provenientes de sementes pobres, independentemente se foi aplicado, ou não, mais Mo nas plantas (Quadro 3). Quando se empregaram sementes pobres em Mo (0,080 e 0,096 µg/semente), o aumento de produtividade, comparando-se as parcelas adubadas com Mo com as não adubadas, foi de 10,3 ou 13,2 sacos/ha. O aumento médio de produtividade com o uso de sementes ricas em Mo foi de 3,3 sacos por hectare. Ou seja, as sementes ricas em Mo, em relação às pobres, elevaram o rendimento do feijão em mais de 8 sacos por hectare, quando não se aplicou Mo nas plantas. O incremento de rendimento (393 kg/ha) com a aplicação de Mo nos feijoeiros oriundos de semente rica em Mo indica que, para o nível de produtividade alcançada, a semente precisa ter mais de 1,272 µg de Mo para suprir toda a necessidade da planta-filha.

Quando se aplicou Mo nos feijoeiros, o maior teor de N das plantas provenientes de sementes pobres em Mo (Quadro 4) deveu-se ao seu menor crescimento, em relação aos oriundos de sementes ricas em Mo.

Em outro estudo, iniciado em Coimbra, MG (dados não publicados), a dose de Mo aplicada nas plantas chegou a 4 kg/ha. Esta dose não foi tóxica, e as doses de Mo não influenciaram a massa da semente (Quadro 5). Quatro origens de sementes foram selecionadas do Quadro 5 e semeadas em Oratórios, MG, em parcelas pulverizadas com Mo ou em parcelas sem Mo adicional (Quadro 6). Nesse ensaio, não houve diferença entre as origens de semente no que diz respeito à coloração da folha (avaliada com clorofilômetro) e ao seu teor de N. Este ficou em torno de 4,1 dag/kg. No entanto, houve diferença entre as médias de produtividade quando não se aplicou Mo (Quadro 6). Quando se empregaram sementes pobres em Mo, a diferença entre as parcelas adubadas e as não adubadas foi de 8,2 ou 13,2 sacos por hectare. As plantas originadas das sementes ricas em Mo não responderam à aplicação de Mo na folhagem. Logo, 3,598 µg de Mo por semente foi suficiente para suprir a planta-filha.

Sementes ricas em Mo, além de elevar o rendimento do feijão quando o solo é deficiente desse micronutriente e não é usada adubação nitrogenada suficiente, podem ter melhor qualidade fisiológica.

QUADRO 4 - Concentração de N na folha (dag/kg) em função de origens de semente e de tratamentos com Mo, em solo com pH = 6,1 - Coimbra, MG

µg de Mo/semente	⁽¹⁾ Com Mo	Sem Mo	Diferença
0,080 ± 0,044	⁽²⁾ 4,06 b	2,99 b	⁽³⁾ 1,07
0,096 ± 0,058	4,48 a	3,18 ab	⁽³⁾ 1,30
0,722 ± 0,290	3,92 b	3,29 ab	⁽³⁾ 0,63
1,272 ± 0,579	3,85 b	3,51 a	⁽⁴⁾ 0,34

FONTE: Vieira et al. (2004).

(1) Pulverizado na folhagem aos 23 dias após a emergência (DAE), na dose de 90 g/ha, em 500 L/ha. (2) Média de 6 repetições, comparação pelo teste de Duncan a 5 %. (3) Significativo a 1% pelo teste F. (4) Significativo a 5% pelo teste F.

QUADRO 5 - Produtividade, massa de semente e conteúdo de Mo na semente de feijão em função de doses e épocas de aplicação de Mo, em solo com pH = 5,2 - Coimbra, MG

Tratamento Mo (g/ha)	Produtividade (kg/ha)	Massa de 100 sementes (g)	µg de Mo/sememente
Testemunha sem Mo	1732	22,4	0,007 d
⁽¹⁾ 90 aos 30 DAE ¹	1783	23,1	0,245 d
1000 aos 30 DAE	1840	22,9	2,586 c
500+500 aos 30 e 44 DAE	1880	23,1	2,670 c
⁽²⁾ 250 (4x)	1795	23,0	3,598 bc
⁽²⁾ 500 (4x)	1778	23,2	5,177 ab
⁽²⁾ 750 (4x)	1810	23,1	6,143 a
⁽²⁾ 1000 (4x)	1884	22,9	6,883 a

(1) DAE = dias após a emergência da cv. Pérola. (2) Doses aplicadas aos 30, 44, 58 e 72 dias após a emergência (DAE), em pulverização foliar.

QUADRO 6 - Produtividade do feijão (kg/ha) em função de origens de semente e de tratamentos de Mo, em solo com pH = 6,4 - Oratórios, MG

µg de Mo/sememente	⁽¹⁾ Com Mo	Sem Mo	Diferença
0,007 ± 0,007	2144	⁽²⁾ 1654 b	⁽³⁾ 490
0,245 ± 0,056	2461	1671 b	⁽³⁾ 790
3,598 ± 0,742	1930	1843 ab	87 ns
6,883 ± 1,822	2141	2162 a	21 ns

NOTA: ns – não significativo.

(1) Pulverizado na folhagem aos 17 dias após a emergência (DAE), na dose de 90 g/ha, em 500 L/ha. (2) Média de 5 repetições, comparação pelo teste de Duncan, a 5%. (3) Significativo a 1% pelo teste F.

REFERÊNCIAS

VIEIRA, C.; NOGUEIRA, A.O.; ARAÚJO, G.A.A. Adubação nitrogenada e molibdica na cultura do feijão. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 67, n. 2, p. 117-124, 1992.

VIEIRA, R.F; SALGADO, L.T; FERREIRA, A.C.B. Performance of common bean seeds harvested from plants fertilized with high rates of molybdenum. **Journal of Plant Nutrition**, Filadelfia, v. 28, n. 2, p. 363-367, 2005.