

ANDRÉ RIBEIRO TEIXEIRA

**DOSES DE MOLIBDÊNIO NAS CULTURAS DO MILHO  
COMUM E MILHO-PIPOCA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2006

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

T266d  
2006

Teixeira, André Ribeiro, 1976-

Doses de molibdênio nas culturas do milho comum e milho-pipoca / André Ribeiro Teixeira. – Viçosa : UFV, 2006.

x, 37f. : il. ; 29cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Geraldo Antônio de Andrade Araújo.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 29-33.

1. Milho - Nutrição. 2. Milho - Produção. 3. Milho - Adubos e fertilizantes. 4. Milho - Teor de molibdênio. 5. Milho-de-pipoca - Qualidade. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 635.6728911

ANDRÉ RIBEIRO TEIXEIRA

**DOSES DE MOLIBDÊNIO NAS CULTURAS DO MILHO  
COMUM E MILHO-PIPOCA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 13 de fevereiro de 2006.

---

Prof. Glauco Vieira Miranda  
(Conselheiro)

---

Prof. João Carlos Cardoso Galvão  
(Conselheiro)

---

Prof. Valterley Soares Rocha

---

Prof. Messias José Bastos de Andrade

---

Prof. Geraldo Antônio de Andrade Araújo  
(Orientador)

*À minha namorada, Rogéria.*

*Aos meus pais, Edson e Isolina.*

*Ao meu irmão, Guilherme.*

Dedico.

## **AGRADECIMENTO**

A Deus, por iluminar e proteger meu caminho durante a realização deste curso e por toda a minha vida.

À Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade de realização deste curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Geraldo Antônio de Andrade Araújo, pela orientação segura, pelos ensinamentos, pela paciência e, principalmente, pela amizade sincera.

Aos professores Glauco Vieira Miranda e João Carlos Cardoso Galvão, pelos conselhos e pelas críticas e sugestões.

À professora Eveline Mantovani Alvarenga, pelos conselhos, pelo apoio e pela amizade.

Aos funcionários da Estação Experimental de Coimbra e da Agronomia, pelo apoio nos trabalhos de campo.

Em especial, aos funcionários Marcos (Laboratório de Sementes), Domingos Sávio e Itamar (Laboratório de Nutrição Mineral), pela colaboração durante a realização dos trabalhos e, sobretudo, pela amizade.

A todos os professores e funcionários do Departamento de Fitotecnia, que, direta ou indiretamente, me ajudaram durante a conclusão deste curso.

À minha namorada, Rogéria, pela dedicação, pelo entendimento, pela compreensão e, principalmente, pelo seu amor.

Aos meus pais, Isolina e Edson, que sem eles não seria possível estar aqui dedicando estas palavras, e pelo incentivo constante.

Ao meu irmão, Guilherme, pelo apoio e pela amizade, e a toda a minha família, em especial aos meus avós maternos e paternos.

## **BIOGRAFIA**

ANDRÉ RIBEIRO TEIXEIRA, filho de Edson Teixeira Filho e Isolina Amélia Ribeiro Teixeira, nasceu em Ubá-MG, no dia 16 de outubro de 1976.

Em 2002, graduou-se em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

Em agosto de 2003, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, em nível de Mestrado, na Universidade Federal de Viçosa, defendendo tese em 13 de fevereiro de 2006.

## CONTEÚDO

	<b>Página</b>
RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	ix
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	10
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	14
5. CONCLUSÕES .....	28
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	29
APÊNDICE.....	34



## RESUMO

TEIXEIRA, André Ribeiro, M.S., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2006. **Doses de molibdênio nas culturas do milho comum e milho-pipoca.** Professor Orientador: Geraldo Antônio de Andrade Araújo. Professores Conselheiros: Glauco Vieira Miranda e João Carlos Cardoso Galvão.

O estudo foi desenvolvido com os objetivos de determinar a dose de molibdênio capaz de promover acúmulos deste micronutriente nas sementes, em níveis que possam suprir as necessidades da planta na geração subsequente, e determinar o efeito do molibdênio tanto na produtividade quanto na qualidade das sementes, além de sua influência em outras características agrônômicas, como altura de plantas e inserção de espigas, peso e tamanho de sementes, peso hectolitro e teor foliar de clorofila. Foram conduzidos dois experimentos com milho comum (variedade UFVM100 - nativo) e com a variedade de milho-pipoca (UFVM 2) na Estação Experimental de Coimbra (Coimbra-MG), pertencente à Universidade Federal de Viçosa, situada na Zona da Mata do Estado de Minas Gerais, durante o período de outubro de 2003 a abril de 2004. Utilizou-se para os dois experimentos, o delineamento em blocos casualizados com sete tratamentos, tendo sido usadas as doses de molibdênio 0, 50, 100, 200, 400, 800, 1.600 g ha<sup>-1</sup> em quatro repetições. O molibdênio foi aplicado via foliar, tendo como fonte o molibdato de amônio (54% de Mo). As doses foram aplicadas da seguinte forma: 0, 50, 100, 200 e 400 g ha<sup>-1</sup> de uma só vez, aos 15 dias (DAE); a dose de

800 g ha<sup>-1</sup> foi aplicada parcelada em três vezes, sendo 400 g aos 15, 200 g aos 20 e 200 g aos 25 DAE, e a dose de 1.600 g ha<sup>-1</sup> foi parcelada em quatro vezes iguais, aos 15, 20, 25 e 30 DAE. Nos dois experimentos, foram avaliados o índice SPAD (teor de clorofila) nas folhas; a altura de plantas e inserção de espigas; o número de plantas acamadas e quebradas; o estande final (número de plantas ha<sup>-1</sup>); o número total de sementes por parcela; o peso de 1.000 grãos; a produtividade; o peso hectolitro e os teores de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, P, K, Ca, Mg, S e Mo nas folhas e nos grãos. Somente para o milho-pipoca foram realizados os testes de capacidade de expansão e qualidade fisiológica de sementes onde tendo sido usados o teste padrão de germinação (TPG) e o de germinação em areia, além dos testes de vigor, de envelhecimento acelerado, condutividade elétrica, índice de velocidade de germinação (IVG) e peso de matéria seca. Para o milho comum, a altura de plantas foi significativamente influenciada pela aplicação das doses de Mo, atingindo valor máximo com a dose de 420 g ha<sup>-1</sup>, bem como o teor de potássio nas folhas e o peso de 1000 grãos e o peso hectolitro que atingiram valores máximos com as doses de 330, 704 e de 709 g ha<sup>-1</sup> de Mo, respectivamente. Os demais caracteres agronômicos não foram influenciados pela aplicação de Mo no milho comum. Para o milho-pipoca, o teor de Mo nas folhas e nos grãos foi significativamente influenciado pela aplicação do micronutriente, atingindo valores máximos com a maior dose aplicada. Além destes, o número total de sementes por parcela bem como a produtividade foram influenciados significativamente pela aplicação de Mo, atingindo valores máximos com as doses de 680 g ha<sup>-1</sup> e com a maior dose aplicada, respectivamente. Os demais caracteres para o milho-pipoca não foram influenciados pela aplicação de molibdênio.

## ABSTRACT

TEIXEIRA, André Ribeiro, M.S., Universidade Federal de Viçosa, February of 2006. **Doses of molybdenum in common maize and popcorn maize.** Adviser: Geraldo Antônio de Andrade Araújo. Committee members: Glauco Vieira Miranda and João Carlos Cardoso Galvão.

The objective of this work was to determine the dose of molybdenum, able to promote the accumulation in the seeds, in levels which can supply the necessities of the plant in the next generation and to determine the effects of Mo in the productiveness as much as the quality of the seeds. Two experiments were conducted in the Coimbra experimental station (Coimbra/MG), pertaining on Federal University of Viçosa, in Minas Gerais, wood zone, one utilizing common maize (variety, UFVM 100) and another with popcorn maize (UFVM 2), between October of 2003 and April of 2004. For the two experiments was utilized the randomized block design with seven treatments, the following doses of Mo (0, 50, 100, 200, 400, 800 and 1,600 g ha<sup>-1</sup>) and four repetitions. The Mo was applied foliar way, utilizing [(NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub> Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>. 2H<sub>2</sub>O], 54% Mo. The doses were applied from the following shape: 0, 50, 100, 200 and 400 g ha<sup>-1</sup>, applied totality 25 DAE; the dose of 800 g ha<sup>-1</sup> thrice applied, 400 g in 15 DAE, 200 g in 20 and 200 in the 25 DAE and the dose of 1,600 g ha<sup>-1</sup> parceled equally in four:

15, 20, 25 and 30 DAE. For the two experiments was estimated the SPAD index (chlorophyll purport), in the leaf; plant's height and ears; number of laid plants and broken plants; final stand (number of plants ha<sup>-1</sup>); total seeds number by portion; weight of 1,000 grains, productivity; foliar purport and on the corns of NH<sup>+</sup><sub>4</sub>, P, K, Ca, Mg, S and Mo. Only for popcorn maize was realized expansion capacity test and physiological quality of seeds where was utilized the standard germination test (PGT), electrical conduction, germination velocity index (GVI) and weight of dry substance. For the common maize the plant's height was significantly influenced of Mo doses application reaching maximum value with the dose of 420 g ha<sup>-1</sup>, besides the foliar K content and the weight of 1,000 grains and hectoliter weight; which reaching maximum values with the doses of 330, 704 and 709 g ha<sup>-1</sup> of Mo, respectively. Others parameters weren't excited by Mo application in common maize. However by the popcorn maize, Mo text in the leaf and grains were excited significantly by this nutrient application, reaching maximum values with the higher studied dose. Total number of seeds by portion and the productiveness were significantly influenced by Mo application reaching maximum values with doses of 680 g ha<sup>-1</sup> and with the bigger studied dose, respectively. For the popcorn maize, others parameters weren't influenced molybdenum application.

## 1. INTRODUÇÃO

O milho constitui um dos principais insumos para o segmento produtivo, sendo utilizado com destaque no arraçamento de animais, em especial na suinocultura, na avicultura e na bovinocultura de leite, tanto na forma *in natura*, como na forma de farelo e de ração ou silagem. Na indústria alimentícia e na alimentação humana, o milho é comumente empregado *in natura*, como milho verde e na forma de subprodutos, como pão, farinha, bolos, massas, entre outros.

A situação da cultura do milho não difere, substancialmente, da condição das demais lavouras de abastecimento interno, que, de modo geral, sofrem os efeitos do insuficiente apoio governamental e das ineficiências na comercialização e têm sua produção ainda baseada, em grande parte, em pequenos produtores, cuja utilização de tecnologia está geralmente abaixo dos padrões adequados (TROCCOLI, 1994b).

O milho-pipoca é um alimento bastante apreciado no Brasil, e atualmente, em consequência do aprimoramento e da popularização de máquinas elétricas e fornos de microondas para o pipocamento do milho, constata-se o aumento crescente na produção e no consumo. O valor de mercado desse tipo de grão por quilo é bem superior ao do milho comum. No início da década de 90, a valorização do real em relação ao dólar aproximou o preço do produto importado ao do produto nacional, favorecendo, deste modo, a importação de grãos de

milho-pipoca da Argentina e dos Estados Unidos. No entanto, com o câmbio livre, o produto nacional está bastante valorizado.

Tanto para o milho comum como para o milho-pipoca, a adubação é um dos fatores que mais contribui para o aumento da produtividade. A adubação do milho com macronutrientes é bem estudada, porém existem poucos estudos com micronutrientes.

Apesar da essencialidade do molibdênio (Mo) para as plantas, especialmente para as fixadoras de N<sub>2</sub> atmosférico, a quantidade requerida desse elemento é consideravelmente reduzida. Deste modo, o seu fornecimento pode ser realizado a partir do conteúdo existente na semente, que, segundo a literatura especializada, poderá suprir a demanda por gerações consecutivas. O enriquecimento da semente com Mo poderá resultar em diversas vantagens, já que seriam eliminadas as perdas do fertilizante aplicado. Além disso, a disponibilidade do nutriente ocorrerá de acordo com a demanda da planta, aumentando, assim, a eficiência do uso do nutriente. Também, a produção de sementes com essa característica é, sem dúvida, um incentivo à utilização de sementes de alta qualidade pelo produtor, por ser uma prática de baixo custo e tecnicamente viável. Todas essas possíveis vantagens têm despertado, há muito, o interesse para se determinar o conteúdo de Mo na semente, suficiente para promover o desenvolvimento ótimo da planta. No entanto, os resultados obtidos até o momento ainda são pouco consistentes.

Para que se consiga fornecer o molibdênio à planta, via conteúdo do nutriente na semente, é necessário determinar a dose suficiente para transportá-lo para esse órgão, nas quantidades desejadas. Esta tentativa foi realizada em pesquisa recente, sem, no entanto, obter resultados satisfatórios (FERREIRA, 2001). Os resultados revelaram a necessidade do uso de doses elevadas para que tal finalidade possa ser atingida. Com isso, o parcelamento dessas doses torna-se fundamental para se evitar injúrias à planta, não havendo, porém, recomendações concisas para esse parcelamento. Além disso, existe a possibilidade de o tamanho da semente influenciar o comportamento da planta, afetando, deste modo, o conteúdo de molibdênio alocado para a semente produzida.

Assim, foram conduzidos dois experimentos, um com milho comum e outro com milho-pipoca, na mesma época, objetivando determinar a dose de molibdênio capaz de promover acúmulos deste micronutriente nas sementes, em quantidades que possam suprir as necessidades da planta na geração subsequente, e determinar o efeito do molibdênio tanto na produtividade quanto na qualidade das sementes, além de sua influência em outras características agronômicas, como altura de plantas e inserção de espigas, peso e tamanho de sementes, peso hectolitro, e teor foliar de clorofila.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

O molibdênio tem sua principal função associada ao metabolismo do N, e relaciona-se às enzimas redutase do nitrato e nitrogenase, de modo que os sintomas de deficiência confundem-se com aqueles do nitrogênio (MARSCHNER, 1995). É considerado um elemento essencial para os vegetais, principalmente em função, de sua participação no metabolismo do nitrogênio. Nas plantas, onde não ocorre fixação simbiótica de nitrogênio, a essencialidade de Mo restringe-se à atividade da redutase do nitrato, enzima que catalisa a redução biológica do nitrato a nitrito (SALYSBURY e ROSS, 1991).

A translocação do Mo nas plantas é rápida e eficiente, o que é demonstrado pela sua aplicação foliar, especialmente quando fornecido em pequenas quantidades. Alguns autores, no entanto, consideram reduzida sua mobilidade na planta (MARSCHNER, 1995; BUCHANAN, 2000). Provavelmente translocação desse nutriente se dá pelo floema (BRODICK & GILLER, 1991; MARSCHNER, 1995).

Nas plantas deficientes em molibdênio, há aumento do teor de nitrato nos tecidos vegetais, decorrentes da falta de sua redução, processo no qual o micronutriente participa como co-fator na atividade da enzima nitrato redutase.

Devido à necessidade de obter elevada produtividade nas culturas, os micronutrientes, que durante muito tempo tiveram papel secundário nas adubações, passaram a ser de fundamental importância para se ter uma adubação equilibrada é fundamental. Essa importância passa a ser maior principalmente em solos intensamente cultivados, nos quais as reservas de certos nutrientes já se encontram esgotadas, e nos solos pobres das regiões do cerrado.

O molibdênio participa como co-fator de enzimas redutase do nitrato, a oxidase da xantina, a oxidase de aldeído e a oxidase de sulfeto. A deficiência de



Mo provoca redução na concentração de clorofila nas folhas, acarretando decréscimo de fotossíntese e prejuízo no metabolismo do nitrogênio, tendo como consequência o acúmulo de  $\text{NO}_3^-$  no tecido das plantas (BORKERT, 1989).

A ação mais pronunciada do Mo no milho talvez esteja na qualidade da semente, com reflexos praticamente em todas as fases de desenvolvimento da cultura. Peterson e Puvis (1962), citados por Tanner (1979), relataram que decréscimos significativos na germinação de sementes deficientes em Mo acarretaram menor população de plantas.

O aparecimento de sintomas de deficiência nutricional de Mo e o crescimento de plântulas de milho são afetados pelo conteúdo desse micronutriente na semente, conforme dados obtidos por Weir & Hudson (1966). De acordo com esses autores, os níveis de Mo acima de  $0,08 \text{ mg kg}^{-1}$  não provocaram sintomas de deficiência nas plântulas de milho; os teores de Mo abaixo de  $0,02 \text{ mg kg}^{-1}$  foram os que provocaram os sintomas mais severos; enquanto os valores de  $0,03$  a  $0,06 \text{ mg kg}^{-1}$  de Mo apresentaram sintomas de leves a médios nas plântulas de milho.

Algumas variedades de milho, principalmente quando bem supridas em nitrogênio, podem apresentar germinação prematura dos grãos nas espigas, antes da colheita. TANNER (1979) associou esse fenômeno a um inadequado suprimento de molibdênio.

Trabalhos conduzidos no Brasil por GALRÃO e MESQUITA FILHO (1981) e GALRÃO (1984), envolvendo aplicação de Mo na cultura do milho, não apresentaram respostas a este micronutriente quanto à produção de grãos.

A deficiência de molibdênio também tem fortes efeitos na formação do pólen no milho. Nas plantas deficientes, não apenas o pendoamento foi atrasado, mas uma grande proporção de flores falhou ao desabrochar e a capacidade da antera para produção de pólen foi reduzida. Além do mais, os grãos de pólen eram menores e livres de amido, tiveram menor atividade de invertase e demonstraram germinação baixa. A disponibilidade de Mo para a planta afeta diretamente a formação do pólen, o que influi diretamente no número de grãos da espiga (LEMCOFF e LOOMIS, 1986).

O molibdênio utilizado pelas plantas pode ser originado do próprio solo ou resultante da aplicação de produtos químicos e, ou, orgânicos que o contêm em sua composição. Em solos férteis essa aplicação é desnecessária, porém, no cultivo em solos que apresentam deficiência desse nutriente, especialmente com leguminosas, a sua adição se faz necessária. Neste caso, o fornecimento do fertilizante molíbdico às plantas tem sido feito de três formas principais: aplicação direta no solo, aplicação foliar e aplicação direta na semente, através da imersão em solução aquosa ou peletização. O fornecimento de Mo via tratamento de semente teria, provavelmente, maior eficiência em função da pequena dose a ser aplicada. Entretanto, assim como o fornecimento via solo, a aplicação direta na semente poderá ter sua eficiência comprometida pelo processo de imobilização pela matéria orgânica e pelos óxidos de ferro e de alumínio, o que resultaria na redução da disponibilidade do Mo para as plantas.

A disponibilidade do molibdênio no solo é dependente do pH. Trabalhos de pesquisa indicam que o uso do calcário em solos ácidos elimina a necessidade de fertilização com Mo. A influência do pH do solo na disponibilidade de Mo para as culturas pode ser entendida conforme revelou LINDSAY (1972), que estimando a solubilidade do  $\text{MoO}_4^{2-}$  a partir da reação:

**$\text{MoO}_4^{2-} + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{HMoO}_4^-$**  encontrou a relação  **$(\text{HMoO}_4^-) = 10^{-20,5}/(\text{H}^+)^2$** ,

O que evidencia que a concentração de molibdato aumenta cem vezes para cada unidade de aumento do pH. Em Campo Mourão, a soja cultivar Paraná respondeu de forma mais acentuada à calagem, quando não se utilizou o Mo, apresentando diferença de 755 kg/ha entre os tratamentos 0 e 4t/ha de calcário; com a utilização de Mo essa diferença foi de 465kg/ha.

Contudo, dada a pequena quantidade demandada pelas plantas, a produção de sementes de feijão, enriquecidas com Mo, com conteúdo acima de 3,5  $\mu\text{g}$  semente<sup>-1</sup> (JACOB NETO e FRANCO, 1986), pode ser a forma mais eficiente para suprimento das necessidades das plantas. A obtenção de sementes com essa característica é possível, uma vez que o Mo é translocado para esse órgão em quantidades correspondentes à sua concentração no tecido. Assim, o nutriente estaria disponível para a planta no momento em que ela necessitasse, evitando a

ocorrência de deficiência mesmo por curto tempo. Além disso, seria eliminada a operação de aplicação do nutriente, o que reduz, os custos de produção da cultura e incentiva uso de sementes de alta qualidade pelo produtor.

Nas sementes a quantidade de molibdênio é altamente variável, mas, em geral, ela é muito mais alta em leguminosas.

A quantidade exigida de um determinado nutriente, macro ou micro, é, normalmente, função da cultura. A determinação de possíveis deficiências e, ou, toxicidades pode ser realizada por diversos critérios, dentre eles o nível crítico. Nesse sentido, o nível crítico correspondente à concentração abaixo da qual a taxa de crescimento, ou a produção da planta ou a qualidade do produto colhido, diminui, significativamente e a partir da qual é muito baixa a probabilidade de resposta à cultura a aplicação do nutriente. No entanto, há necessidade de se especificar o órgão da planta a ser analisado, bem como o estágio de amostragem (PESSOA, 1998). Porém, a determinação do nível crítico foliar de Mo tem sido dificultada pelos baixos teores do nutriente encontrados em diversas partes da planta.

A exigência de Mo pelas plantas é bastante pequena, de modo que, como citado anteriormente, a sua quantidade exigida é a menor entre todos os micronutrientes necessários para o crescimento normal da planta (ZIMMER e MENDEL, 1999), à exceção do níquel (MARSCHNER, 1995). Contudo em espécies leguminosas ou não, mas que sejam dependentes da fixação biológica de  $N_2$  atmosférico, a quantidade de molibdênio requerida é maior, principalmente nos nódulos radiculares. A visualização dos sintomas de toxicidade na planta é rara, mesmo em condições de absorção do nutriente em doses elevadas, sobretudo em condições de campo, como reportado por Leite et al. (2002). Segundo esses autores, o rendimento de grãos de feijão não foi significativamente reduzido por doses de até  $2.560 \text{ g ha}^{-1}$  de Mo, sendo estas doses aplicadas de forma parcelada e via foliar apesar de MARSCHNER (1995) afirmar que a absorção de quantidades elevadas desse nutriente pode reduzir o rendimento de grãos.

A faixa de concentração em que o molibdênio se encontra na planta é bastante ampla, variando de 0,1 a 300 mg kg<sup>-1</sup>, em função do nutriente no solo (MARTINEZ et al., 1996). No entanto, as concentrações comumente reportadas situam-se na faixa de 0,1 a 0,2 mg/kg (HAQUE, 1987), sendo as concentrações de 1,0 a 10,0 mg/kg consideradas como faixa normal (MARTINEZ et al., 1996).

A influência de componentes químicos da semente sobre o seu vigor e potencial de armazenamento, torna fundamental o conhecimento da sua composição química desta (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000). A avaliação da qualidade fisiológica da semente tem como atributos fundamentais o vigor e a viabilidade, sendo esta determinada principalmente pelo teste Padrão de Germinação - TPG - (FERREIRA, 2001). Este teste tem como objetivos a obtenção de informações sobre o valor das sementes para fins de semeadura, além de fornecer dados para a comparação de lotes distintos. No entanto, uma falha desse teste consiste no fato de ela não predizer o desempenho das sementes no campo, uma vez que é realizado sob condições ótimas em laboratório.

Vários autores citam a adubação como uma forma de aumentar o conteúdo de nutrientes nas sementes (VIEIRA et al, 1987; BRODRICK e GILLER, 1991; JACOB NETO e ROSSETO, 1998). Dentre os micronutrientes, o Mo é o único cujo conteúdo na semente, dependendo da espécie é suficiente para promover o crescimento normal da planta.

A influência do conteúdo de molibdênio na semente sobre as respostas das plantas à sua aplicação tem sido mencionada na literatura, porém sem consenso entre os pesquisadores. Ferreira (2001) relatou que o conteúdo de Mo nas sementes de feijão não influenciou a sua qualidade fisiológica das mesmas, contradizendo o resultado obtido por Brodrick et al (1992). Esses autores determinaram que a viabilidade das sementes de feijão foi inferior naquelas que apresentavam menor conteúdo de Mo (1,41  $\mu\text{g semente}^{-1}$ ), em relação à de sementes com conteúdo elevado do micronutriente (1,64 - 3,57  $\mu\text{g semente}^{-1}$ ). Entretanto, o conteúdo mínimo experimentado nesse trabalho foi superior ao máximo utilizado no trabalho de FERREIRA (2001) - maior conteúdo de 0,535  $\mu\text{g semente}^{-1}$ . Em soja, as sementes com maior conteúdo de molibdênio

apresentam melhor qualidade fisiológica, suprimindo melhor a demanda metabólica inicial das plântulas e, posteriormente, possibilitando maior e mais rápido crescimento do sistema radicular, o que resulta no aumento da absorção de nutrientes e, conseqüentemente, no crescimento e desenvolvimento da planta (TRIGO et al., 1997).

A demanda de Mo pela planta de milho por, no mínimo, uma geração pode ser suprida por reservas desse micronutriente na semente acima de  $0,5 \mu\text{g semente}^{-1}$ , sem prejuízos à produtividade (VIDOR e PERES, 1988). Entretanto, FERREIRA (2001) relatou que plantas originadas de sementes com o conteúdo de  $0,535 \mu\text{g semente}^{-1}$  de Mo apresentam produtividade semelhante às das originadas de sementes com menores conteúdos desse micronutriente.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos na Estação Experimental de Coimbra (Coimbra-MG), pertencente à Universidade Federal de Viçosa, situada na Zona da Mata do Estado de Minas Gerais, utilizando milho comum (variedade, UFVM 100 nativo) e a variedade de milho-pipoca (UFVM 2), durante o período de outubro de 2003 a abril de 2004. O local do ensaio é caracterizado pelas coordenadas geográficas 20° 50' 30" de latitude sul e 42° 48' 30" de longitude oeste, com altitude de 715 metros. O solo da área é classificado com Argisolo Vermelho-Amarelo distrófico, fase terraço. Anteriormente à instalação do experimento, foram coletadas amostras de solo à profundidade de 0-20 cm, para caracterizações físicas e químicas (Tabela 1).

Para os dois experimentos, utilizou-se o delineamento em blocos casualizados com sete tratamentos, tendo sido usadas as doses de molibdênio (0, 50, 100, 200, 400, 800, 1.600 g.ha<sup>-1</sup>) e quatro repetições. As análises estatísticas foram determinadas pela análise de regressão, submetidas ao teste F a 1 e 5% de probabilidade. Cada parcela foi constituída de cinco fileiras, medindo 5 m de comprimento cada uma, distanciadas de 0,90 m entre si, sendo a área útil de 9 m<sup>2</sup> representada por duas fileiras centrais. A terceira fileira da esquerda para direita foi usada para coleta de material foliar para análise e avaliação do índice SPAD. Todo o experimento foi circundado com duas fileiras que atuaram como bordadura. A população foi obtida de acordo com o número de plantas contadas na parcela.

Foram aplicados 420 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 8-28-16 na adubação de plantio. No entanto, não foi realizada adubação de cobertura com nitrogênio.

Tabela 1 – Características químicas e físicas da camada de 0-20 cm de profundidade do solo da área experimental

Características	Valor	Interpretação
Carbono orgânico (dag/kg) <sup>1/</sup>	1,75	Médio <sup>6/</sup>
pH em água (1:2,5)	5,60	Acidez média <sup>6/</sup>
P (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>2/</sup>	5,80	Médio <sup>6/</sup>
K (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>2/</sup>	18,00	Baixo <sup>6/</sup>
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ) <sup>3/</sup>	0,00	Muito baixo <sup>6/</sup>
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ) <sup>3/</sup>	1,90	Médio <sup>6/</sup>
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ) <sup>3/</sup>	0,60	Médio <sup>6/</sup>
Zn <sup>2+</sup> (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>2/</sup>	23,30	Alto <sup>7/</sup>
H + Al <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ) <sup>4/</sup>	4,20	Médio <sup>6/</sup>
SB <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	2,57	Médio <sup>6/</sup>
V (%)	37,90	Baixo <sup>6/</sup>
m (%)	0,00	Muito baixo <sup>6/</sup>
CTC efetiva (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	2,57	Médio <sup>6/</sup>
CTC total (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	6,77	Médio <sup>6/-</sup>
Areia <sup>5/</sup>	24,00	
Silte <sup>5/</sup>	18,00	
Argila <sup>5/</sup> (%)	58,00	
Classificação textural		Argiloso

<sup>1/</sup> Método de Walkley-Black (DEFELIPO e RIBEIRO, 1981).

<sup>2/</sup> Extrator Mehlich-1 (VETTORI, 1969).

<sup>3/</sup> Extrator KCL 1 mol/l (VETTORI, 1969).

<sup>4/</sup> Extrator CaOAc mol/l, pH 7,00 (VETTORI, 1969).

<sup>5/</sup> Método da Pipeta (EMBRAPA, 1979).

<sup>6/</sup> COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (1999).

<sup>7/</sup> COUTO et al. (1992).

O preparo do solo para condução do experimento foi o convencional, com aração e gradagem do terreno, e os tratos culturais realizados foram os normais para a cultura do milho.

O molibdênio foi aplicado via foliar, tendo como fonte o molibdato de amônio (54% de Mo). As doses foram aplicadas da seguinte forma: 0, 50, 100, 200 e 400 g ha<sup>-1</sup>, aplicadas de uma só vez, aos 15 dias após emergência das plântulas (DAE); a dose de 800 g ha<sup>-1</sup> foi aplicada em três vezes, sendo 400 g aos 15, 200 g aos 20 e 200 g aos 25 DAE; e a dose de 1.600 g ha<sup>-1</sup> foi parcelada em quatro vezes iguais, aos 15, 20,25 e 30 DAE. O volume de calda utilizado foi de 600 l ha<sup>-1</sup>, tendo a aplicação sido feita com pulverizador manual com bico tipo leque.

Para os dois experimentos foram analisados os seguintes caracteres:

Índice SPAD (teor de clorofila nas folhas), utilizando-se um clorofilômetro portátil, com leituras realizadas aos 30, 40 e 50 dias após a emergência, em dez folhas por parcela, sendo uma folha por planta, na terceira fileira, na última folha completamente aberta.

Por ocasião da maturação fisiológica do milho comum e do milho-pipoca, foram avaliadas a altura de plantas e a altura de inserção das espigas.

Durante a colheita, foram contados, na parcela útil, o número de plantas, o número de plantas acamadas, o número de plantas quebradas e o número de espigas. Após a colheita, contou-se o número total de grãos por parcela e obteve-se o peso de 1.000 grãos.

No laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, foram avaliados os teores de N, P, K, Ca, Mg, S e Mo, nas folhas e nos grãos. As folhas utilizadas para análise foram coletadas durante a fase de floração, onde foram coletadas cinco folhas por parcela, sendo uma folha por planta, utilizando-se a terceira fileira e a folha oposta e abaixo da espiga. Logo após a coleta, as folhas foram colocadas para secar em estufa de ventilação forçada, até atingir peso constante, sendo depois moídas. Nos grãos foram analisados os mesmos nutrientes das folhas, tendo sido utilizados os mesmos procedimentos para as folhas. O teor de N-orgânico foi determinado pelo método do reagente de Nessler (JACKSON,



1958). O teor de nitrato foi determinado conforme metodologia descrita por Cataldo et al (1975). Após digestão nítrico-perclórica, determinou-se o K por fotometria de chama; o Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica; o P em espectrofotômetro, pelo método da vitamina C, modificado por Braga e Defelipo (1974); e o S por espectrofotometria. Para análise do molibdênio foi utilizado o método do iodeto de potássio, realizado de acordo com metodologia proposta por Yatsimirskii (1964), modificada por Fuge (1970), Eivazi et al. (1982), Dallpai (1996) e Pessoa (1998).

Somente para o milho-pipoca, foi realizado o teste de capacidade de expansão, que determina a qualidade final da pipoca. Os grãos foram passados em peneira 15, 14, 13 e 12, com a finalidade de se avaliar o efeito do Molibdênio na qualidade da pipoca estourada e no tamanho do grão. Neste teste, foram pesadas 100 ml de grãos colocados em pipoqueira elétrica, com o volume de pipoca estourada medido em proveta de 1.000 ml, sendo o valor da capacidade de expansão expresso em volume por peso (ml/g).

Também para o milho-pipoca, foram realizados testes para análise da germinação e do vigor das sementes (qualidade fisiológica das sementes). Para determinar a germinação das sementes, foram utilizados o teste-padrão de germinação e o teste de germinação em areia (BRASIL, 1992).

Na determinação do vigor foram utilizados os testes de condutividade elétrica (AOSA, 1983), teste de envelhecimento acelerado, pelo método do gerbox, desenvolvido por McDonald e Pha Neendranath (1978) e adotado pela AOSA (1983), índice de velocidade de germinação (IVG), realizado juntamente com o teste de germinação em areia (AOSA, 1983) e, o peso de matéria de seca de plântulas (AOSA, 1983).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Milho comum

Encontram-se na Tabela 2, os resultados médios de algumas das características avaliadas no experimento.

A altura da planta foi significativamente afetada pela aplicação das doses de molibdênio, tendo a dose de  $420 \text{ g ha}^{-1}$ , proporcionado altura máxima (Figura 1). Resultados contrários foram obtidos por PEREIRA (1997) e FERREIRA (1997), que constataram que a aplicação de Mo não influenciou significativamente na altura das plantas, obtendo valores médios de 2,68 e 2,38 m, respectivamente. Com a aplicação de Mo, pode ter ocorrido aumento do metabolismo do N, já que o micronutriente influencia diretamente esse metabolismo, proporcionando assim respostas significativas na altura das plantas.

A altura de inserção das espigas, o número de plantas por parcela, o número de plantas acamadas e quebradas, o número de espigas por planta e o número total de sementes por parcela, não foram influenciados pela aplicação de Mo. Resultados semelhantes foram obtidos por FERREIRA (1997), para o número de plantas por parcela (48), número de espigas por planta (1,14), número de plantas acamadas (0,63) e quebradas (4,88).

O peso de 1000 grãos, bem como o peso hectolitro foi significativamente influenciado pela aplicação de Mo, apresentando valores máximos com as doses de 704 e de  $709 \text{ g ha}^{-1}$  de Mo, respectivamente (Figuras 2 e 3). Com o incremento de Mo, pode ter ocorrido o aumento da atividade da nitrato redutase, que acelera

o metabolismo do N, e prolonga o tempo de enchimento dos grãos aumento o período de stay green, obtendo-se efeito no peso destes. Outro fato que pode vir a explicar o aumento dessas características é, em relação à resposta significativa do teor de potássio à aplicação de Mo, devendo ser ressaltado que o K, participa do transporte de sacarose e fotoassimilados no sentido da fonte para o dreno (MARSCHNER, 1995).

Tabela 2 – Resultados médios referentes às características de produção, altura de plantas e inserção de espigas, número de plantas por parcela, de plantas acamadas, de plantas quebradas, de espigas por planta, peso de 1.000 grãos e peso hectolitro, do milho comum, em função de doses de molibdênio

Doses (g ha <sup>-1</sup> )	Altura das plantas (m)	Altura de inserção de espigas (m)	Nº de plantas por parcela	Nº de plantas acama- das	Nº de plantas quebra- das	Nº de espigas por planta	Peso de 1.000 grãos (g)	Peso hectolitro (mg m <sup>-3</sup> )
0	2,88	1,35	47,25	0,00	2,00	1,05	254,7	725,1
50	2,89	1,28	52,00	0,75	4,75	0,93	256,9	725,7
100	2,90	1,35	52,75	0,75	2,25	1,02	258,8	726,2
200	2,90	1,31	48,75	1,00	2,50	1,01	262,3	727,1
400	2,91	1,34	46,50	0,50	3,00	1,01	267,3	728,1
800	3,89	1,29	45,25	0,00	4,25	1,01	269,8	726,9
1.600	2,75	1,21	48,25	1,75	2,75	0,91	245,2	711,6

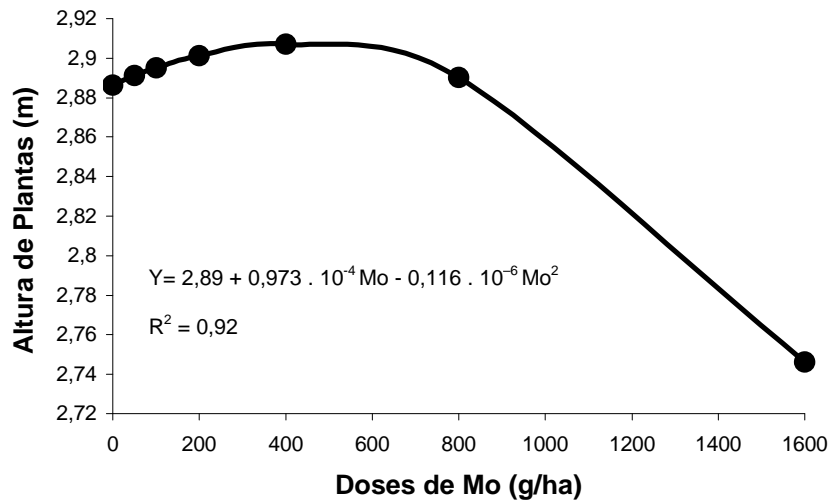


Figura 1 – Altura de plantas de milho, em função de doses de Mo.

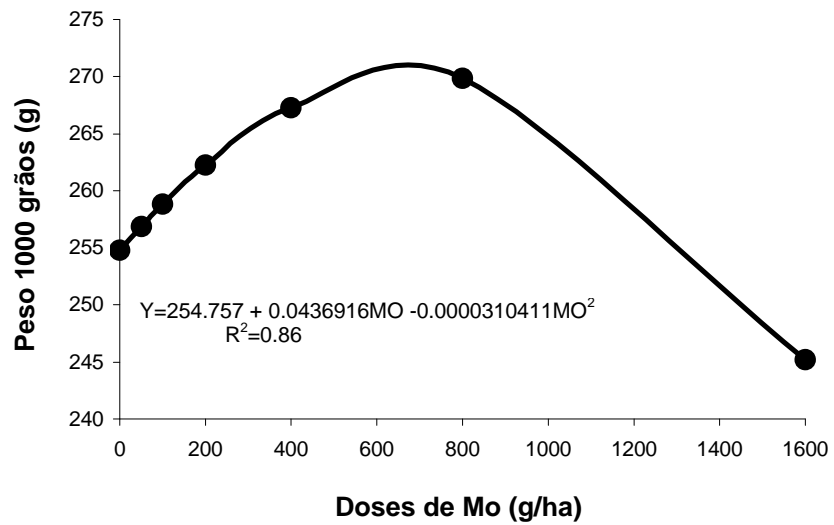


Figura 2 – Peso de 1.000 grãos de milho, em função de doses de Mo.

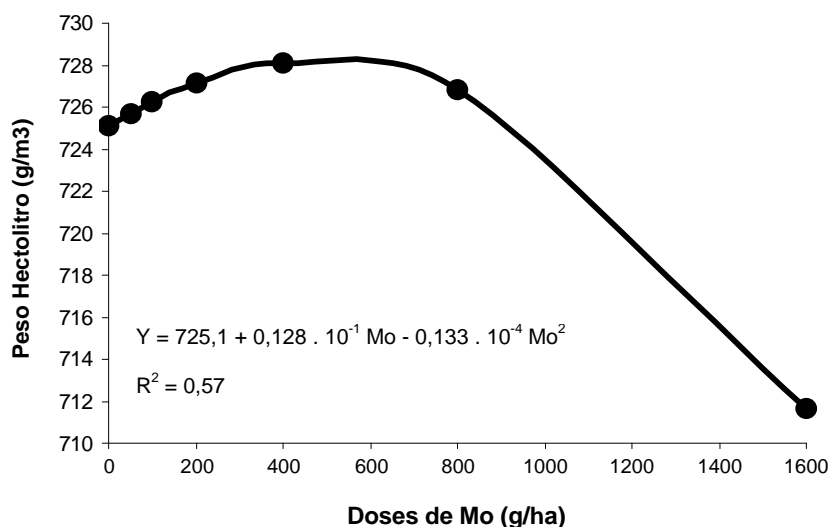


Figura 3 – Peso hectolitro de grãos de milho, em função de doses de Mo.

O teor de clorofila para as três épocas de avaliação (30, 40 e 50 DAE) não foi significativamente afetado pela aplicação de Mo, apresentando valores médios de 47,53; 51,23 e 52,08, respectivamente (Tabela 3). Argenta et al. (2001) sugerem que níveis adequados de N em plantas de milho são indicados por valores de SPAD de 45,4; 52,1; 55,3 e 58,0, nos estádios de três a quatro folhas, seis a sete folhas, 10 a 11 folhas completamente expandidas e de espigamento, respectivamente.

O estande final e a produtividade do milho, não foram significativamente afetados pela aplicação de doses de molibdênio, obtendo-se valores médios de 58.254 plantas ha<sup>-1</sup> e 5.109 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 3). Esse fato pode ter ocorrido em virtude de os teores de Mo nas folhas estarem perto dos ideais para o milho (0,15 a 0,20 mg kg<sup>-1</sup>), pela reserva do micronutriente nas sementes pois de acordo com TANNER (1982) o teor de 0,08 mg kg<sup>-1</sup> de Mo nas sementes de milho é suficiente para possibilitar o crescimento e desenvolvimento normal das plantas, e também pela alta adubação fosfatada utilizada na adubação de plantio, devendo ser lembrado que esse tipo de adubação propicia aumento da disponibilidade deste micronutriente nos solos para as plantas. Resultados

mais expressivos foram obtidos por Araújo et al (1996), com incremento de 14,3% na produção com aplicação de 90 g ha<sup>-1</sup> de Mo, e por Coelho (1997), com incremento de 39,5% na produção, utilizando a dose de 50 g ha<sup>-1</sup> de Mo.

Tabela 3 – Resultados médios referentes ao teor de clorofila nas folhas, número de plantas por hectare e produtividade do milho comum, em função de doses de molibdênio

Doses (g ha <sup>-1</sup> )	Teor de clorofila (SPAD)			Estande final (N <sup>o</sup> plantas ha <sup>-1</sup> )	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )
	30 DAE	40 DAE	50 DAE		
0	49,71	52,11	53,57	54.722	5.061
50	46,55	50,05	46,69	63.889	4.859
100	46,98	50,47	51,42	61.944	5.379
200	49,59	51,64	54,09	58.056	5.507
400	47,13	54,20	53,88	55.556	4.881
800	45,99	51,90	52,09	55.000	5.300
1.600	46,74	48,26	50,35	58.611	4.781

Os teores foliares de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, P, Ca, Mg, S e Mo não foram afetados, significativamente, pela aplicação de Mo (Tabela 4). De acordo com a Comissão de Fertilidade de Solos do Estado de Minas Gerais para o milho comum, os teores de N, K e S são considerados não-satisfatórios para o bom desenvolvimento da cultura, sendo que os valores satisfatórios se encontram numa faixa de 2,75-3,25; 1,75-2,97 e 0,15-0,21 dag kg<sup>-1</sup>, respectivamente, para o N, K e S. Já para o P, Ca, Mg e Mo, os teores são considerados satisfatórios para o bom desenvolvimento da cultura, sendo considerados satisfatórios os valores entre 0,19-0,35; 0,23-0,40; 0,15-0,40 dag kg<sup>-1</sup> e 0,15-0,20 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente, para P, Ca, Mg e Mo. No entanto o teor foliar de K foi significativamente influenciado pela aplicação de Mo, apresentando valor máximo com a dose de 330 g ha<sup>-1</sup> de Mo (Figura 4). Já com relação aos teores dos nutrientes nos grãos, nenhum deles apresentou resposta significativa à aplicação de Mo (Tabela 5).

Tabela 4 – Resultados médios dos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S e Mo, em função das doses de molibdênio aplicadas no milho comum.

Doses de Mo	Milho Comum (folhas)						
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	P	K	Ca	Mg	S	Mo
g ha <sup>-1</sup>	dag kg <sup>-1</sup>					mg kg <sup>-1</sup>	
0	2,692	0,264	1,414	0,466	0,327	0,143	0,928
50	1,838	0,121	1,439	0,452	0,289	0,127	0,761
100	2,387	0,229	1,226	0,516	0,391	0,110	1,602
200	2,639	0,254	1,401	0,547	0,325	0,121	0,987
400	3,178	0,253	1,551	0,564	0,340	0,119	0,943
800	2,675	0,248	1,313	0,536	0,337	0,109	1,096
1.600	2,536	0,219	1,113	0,551	0,395	0,118	1,999

Tabela 5 – Resultados médios dos teores nos grãos de N, P, K, Ca, Mg, S e Mo, em função das doses de molibdênio aplicadas no milho comum .

Doses de Mo	Milho Comum (grãos)						
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	P	K	Ca	Mg	S	Mo
g ha <sup>-1</sup>	dag kg <sup>-1</sup>					mg kg <sup>-1</sup>	
0	1,226	0,361	0,361	1,395	0,002	0,071	0,703
50	1,189	0,392	0,392	1,401	0,002	0,064	0,287
100	1,212	0,396	0,396	1,405	0,002	0,068	0,206
200	1,644	0,270	0,270	1,412	0,003	0,071	0,328
400	1,393	0,256	0,256	1,415	0,003	0,066	0,149
800	1,260	0,294	0,294	1,373	0,007	0,070	0,414
1.600	1,305	0,329	0,329	1,105	0,001	0,069	0,256

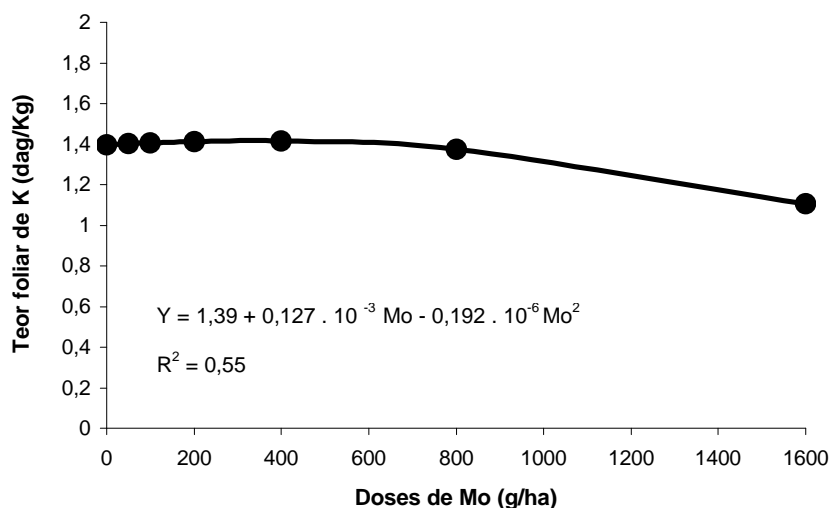


Figura 4 – Teor de potássio nas folhas de milho, em função de doses de Mo.

## 4.2. Milho-pipoca

As características de altura de plantas e altura de inserção de espigas, número de plantas por parcela, número de plantas acamadas e quebradas, número de espigas por planta e peso hectolitro não foram significativamente influenciadas pela aplicação de molibdênio (Tabela 6). Resultados semelhantes foram obtidos por NUNES (2002), que constatou resultados de altura de plantas e espigas, plantas acamadas, número de espigas por planta; com valores médios de 1,75 e 0,95 m; 5,65 plantas e 1,20 espiga; respectivamente, sem o uso do micronutriente.

Tabela 5 – Resultados médios referentes às características de produção, altura de plantas e inserção de espigas, número de plantas por parcela, de plantas acamadas, de plantas quebradas, de espigas por planta e peso hectolitro do milho-pipoca, em função de doses de molibdênio.

Doses (g ha <sup>-1</sup> )	Altura das plantas (m)	Altura de inserção de espigas (m)	Nº de plantas por parcela	Nº de plantas acamadas	Nº de plantas quebradas	Nº de espigas por planta	Peso hectolitro (mg m <sup>-3</sup> )
0	2,43	1,14	35,25	4,50	5,00	1,39	831,3
50	2,46	1,15	33,50	4,50	4,50	1,27	830,0
100	2,46	1,14	30,50	3,00	3,00	1,28	837,5
200	2,42	1,10	39,25	5,00	5,00	1,29	831,3
400	2,40	1,14	31,00	3,80	3,80	1,28	833,8
800	2,48	1,12	30,75	4,50	4,50	1,24	833,8
1.600	2,46	1,13	39,50	4,50	4,50	1,03	830,0



O peso hectolitro não foi afetado pela aplicação de Mo, apresentando valores médios de 126 g (peneira 15), 106 g (peneira 14), 96 g (peneira 13), 67 g (peneira 12) e 833 kg m<sup>-3</sup>, respectivamente.

Da mesma forma, a capacidade de expansão do milho-pipoca não foi afetada significativamente pela aplicação de Mo, apresentando valores médios de 20,67 (peneira 15), 22,45 (peneira 14), 23,42 (peneira 13) e 22,86 (peneira 12), valores expressos em volume/peso (Tabela 7). Resultados semelhantes foram obtidos com a mesma variedade em estudo (UFVM 2), porém sem aplicação de Mo, nos anos agrícolas 2000/01 e 2001/02, nas localidades de Lavras, Sete Lagoas, Viçosa, Coimbra e Ijaci, obtendo-se valor médio de capacidade de expansão de 23,4 volume/peso. De posse desses resultados, pode-se dizer que a aplicação de Mo não afetou a qualidade da pipoca para as doses estudadas e para os diferentes tamanhos de grão utilizados nesta análise.

O teor de clorofila para as épocas amostradas não foi significativamente afetado pela aplicação das doses de Mo (Tabela 7).

Tabela 7 – Resultados médios referentes ao teor de clorofila nas folhas, ao peso de 1.000 grãos por peneira e à capacidade de expansão por peneira do milho-pipoca, em função de doses de molibdênio.

Doses (g ha <sup>-1</sup> )	Teor de clorofila (SPAD)			Peso de 1.000 grãos (g)				Capacidade de expansão (volume peso <sup>-1</sup> )			
	30 DAE	40 DAE	50 DAE	P15	P14	P13	P12	P15	P14	P13	P12
0	41,43	47,37	48,24	127,5	107,5	96,3	66,3	22,26	25,17	25,58	23,01
50	42,36	48,99	47,14	125,0	102,5	90,0	66,3	19,63	23,86	22,81	24,79
100	41,70	47,14	49,01	126,3	106,3	96,3	68,8	19,32	20,70	22,46	22,95
200	39,41	49,72	49,26	126,3	105,0	91,3	67,5	19,64	23,02	22,60	22,81
400	42,85	47,15	51,94	127,5	105,0	96,3	63,8	18,82	19,19	21,38	19,39
800	41,53	48,07	48,41	125,0	107,5	66,3	66,3	23,50	24,77	24,38	22,44
1.600	42,23	46,76	50,53	122,5	107,5	102,5	70,0	21,52	20,43	24,73	24,65

Os teores foliares e nos grãos de  $\text{NH}_4^+$ , P, K, Ca, Mg e S para o milho-pipoca não foram significativamente influenciados pela aplicação de doses de Mo (Tabela 8). De acordo com a Comissão de Fertilidade de Solos do Estado de Minas Gerais, todos os teores foliares analisados para o milho-pipoca foram considerados satisfatórios para o bom desenvolvimento da cultura. Tanto o teor de molibdênio foliar como nos grãos aumentaram significativamente com a aplicação do micronutriente, tendo os maiores teores encontrados nos dois casos sido obtidos fora do intervalo estudado (Figuras 5 e 6). De acordo com TANNER (1982), doses superiores a  $800 \text{ g ha}^{-1}$  de Mo podem suprir a demanda da planta de milho-pipoca, pela geração seguinte. Para isto, teria de ser feito o plantio destas sementes colhidas, para avaliar seu efeito. O milho-pipoca apresenta capacidade maior de responder ao Mo do que o milho comum, daí esta resposta tão positiva.

Tabela 8 – Resultados médios dos teores foliares e nos grãos de N, P, K, Ca, Mg, S e Mo, em função das doses de molibdênio aplicadas no milho – pipoca.

Doses de Mo	Milho - pipoca (folhas)								Milho - pipoca (grãos)						
	$\text{NH}_4^+$	P	K	Ca	Mg	S	Mo	$\text{NH}_4^+$	P	K	Ca	Mg	S	Mo	
$\text{g ha}^{-1}$	dag $\text{kg}^{-1}$					mg $\text{kg}^{-1}$			dag $\text{kg}^{-1}$					mg $\text{kg}^{-1}$	
0	2,692	0,264	1,414	0,466	0,327	0,143	0,928	1,910	0,901	0,837	0,002	0,346	0,083	0,208	
50	1,838	0,121	1,439	0,452	0,289	0,127	0,761	1,678	0,780	1,787	0,002	0,313	0,082	0,227	
100	2,387	0,229	1,226	0,516	0,391	0,110	1,602	1,900	0,788	0,787	0,002	0,315	0,081	0,247	
200	2,639	0,254	1,401	0,547	0,325	0,121	0,987	1,855	0,560	0,561	0,002	0,237	0,081	0,285	
400	3,178	0,253	1,551	0,564	0,340	0,119	0,943	1,671	0,713	0,721	0,002	0,287	0,078	0,360	
800	2,675	0,248	1,313	0,536	0,337	0,109	1,096	1,922	0,732	0,509	0,002	0,292	0,081	0,503	
1.600	2,536	0,219	1,113	0,551	0,395	0,118	1,999	1,835	0,633	0,630	0,003	0,256	0,079	0,756	

O número total de sementes por parcela também foi significativamente influenciado pela aplicação de Mo, apresentando maior número de sementes com a dose de  $680 \text{ g ha}^{-1}$  (Figura 7). Com a aplicação de Mo, provavelmente tenha ocorrido um aumento da atividade da redutase do nitrato, enzima que contém molibdênio em sua estrutura e que participa diretamente do metabolismo do nitrogênio. Este por sua vez, tem efeito direto na formação do grão de pólen e na redução do abortamento de óvulos, influenciando diretamente a formação dos

grãos (LEMCOFF e LOOMIS,1986). O estande final de plantas não foi influenciado pela aplicação das doses de Mo, no entanto, a produtividade aumentou significativamente com as doses aplicadas (Tabela 9). Esse aumento pode ter ocorrido em função da resposta positiva dos teores de Mo, tanto nos grãos como nas folhas, à aplicação do micronutriente, promovendo aumento da atividade da nitrato redutase, melhorando o metabolismo do nitrogênio, favorecendo o aumento do número de grãos por espiga e refletindo na produtividade. O maior valor de produtividade foi obtido fora das doses estudadas (Figura 8). Para os anos agrícolas 2000/01 e 2001/02, nas localidades de Lavras, Sete Lagoas, Viçosa e Coimbra, foi obtida produtividade média da variedade UFV M 2, de 2.699 kg ha<sup>-1</sup>, bem inferior às médias encontradas neste trabalho, para a mesma variedade.

Tabela 9 – Resultados médios referentes ao número de plantas por hectare, produtividade e número total de sementes por parcela do milho-pipoca, em função de doses de molibdênio.

Doses (g ha <sup>-1</sup> )	Estande final (Nº plantas ha <sup>-1</sup> )	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	Nº total de sementes por parcela
0	49.722	3.550	19.099
50	47.222	3.578	19.433
100	40.556	3.606	19.741
200	54.722	3.659	20.280
400	42.888	3.761	21.054
800	44.167	3.945	21.378
1.600	53.889	4.229	17.139

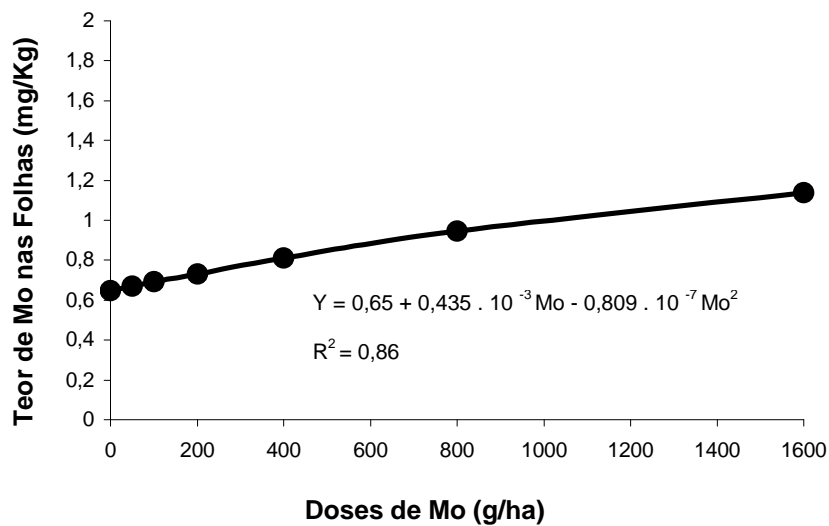


Figura 5 – Teor de Mo nas folhas de milho-pipoca, em função de doses de Mo.

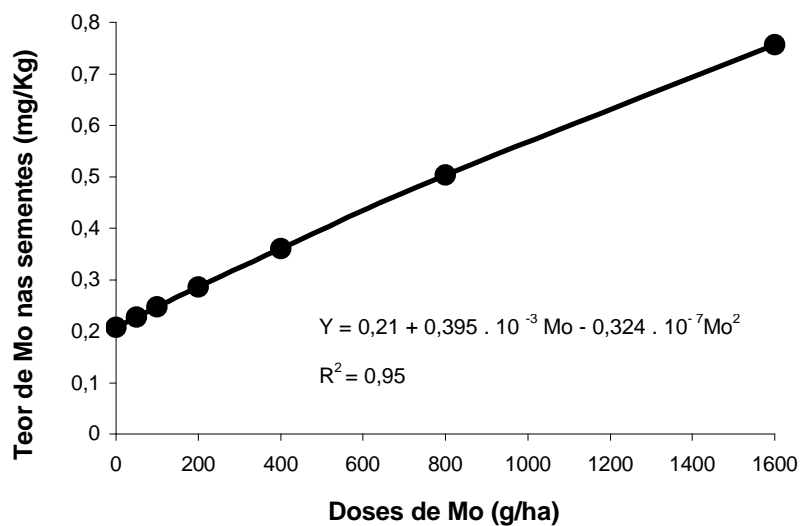
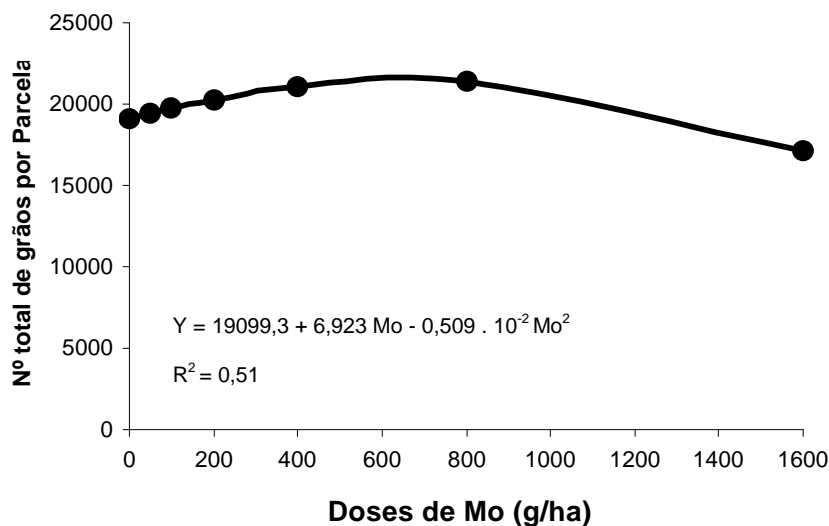


Figura 6 – Teor de Mo nos grãos de milho-pipoca, em função das doses de Mo.



\* significativo pelo teste F, a 5% de probabilidade.

Figura 7 – Número total de sementes por parcela, em função de doses de Mo.

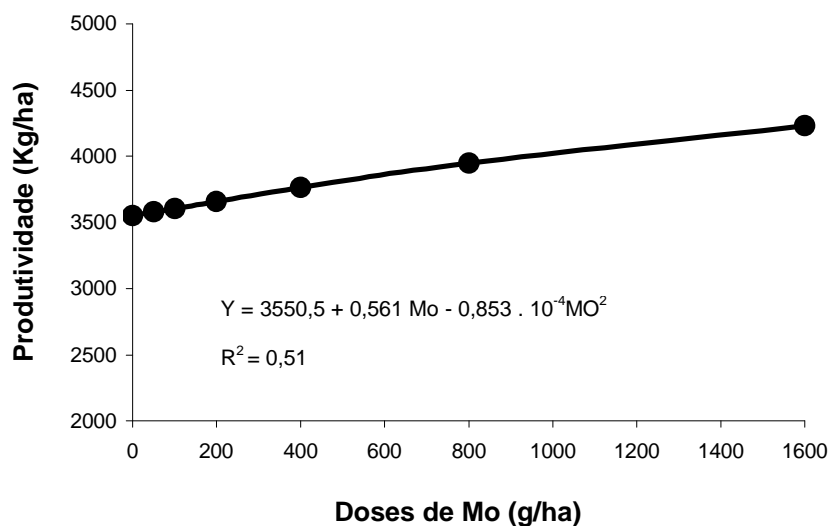


Figura 8 – Produtividade do milho-pipoca, em função de doses de Mo.

Com relação à qualidade fisiológica das sementes, podemos dizer que as doses de Mo aplicadas não promoveram efeito significativo neste caractere avaliado, apresentando valores médios dos testes de germinação padrão (TPG) e germinação em areia; envelhecimento acelerado, condutividade elétrica, índice de velocidade de germinação e peso de matéria seca (Tabela 10).

Tabela 10 – Resultados médios referentes ao teste-padrão de germinação (TPG), teste de envelhecimento acelerado, teste de condutividade elétrica, índice de velocidade de germinação e germinação em areia, para o milho-pipoca.

Doses de Mo (g ha <sup>-1</sup> )	Teste-Padrão de Germinação (%)	Teste de Envelhecimento Acelerado (%)	Teste de Condutividade Elétrica (ms cm <sup>-1</sup> g <sup>-1</sup> )	Índice de Velocidade de Germinação	Germinação em Areia (%)
0	80	76	19,68	10,69	81
50	81	73	24,17	10,62	80
100	86	78	18,39	10,09	78
200	79	75	21,65	10,27	79
400	82	77	21,53	10,22	78
800	81	75	23,74	10,31	77
1.600	82	77	19,91	10,38	80

Dados semelhantes foram obtidos por FERREIRA (2001), que estudando o efeito do conteúdo de molibdênio nas sementes de feijão não obteve resposta significativa em relação à qualidade fisiológica de sementes para os testes de germinação (TPG), envelhecimento acelerado e primeira contagem do TPG, exceção feita para o teste de condutividade elétrica que apresentou resposta significativa para o conteúdo de Mo presente nas sementes. Segundo Leite (2004), o conteúdo de Mo da semente de feijão têm influência sobre o potencial de germinação, e que sementes pobres em molibdênio têm a sua germinação reduzida, em comparação à daquelas com reservas expressivas. Bassan et al. (2001), citam que a germinação de sementes de feijão Pérola foi prejudicada pela adubação molíbdica, tendo a dose de 75 g ha<sup>-1</sup> de Mo reduzido à germinação. Binneck (1999) também não verificou influência da adubação molíbdica, na dose de 40 mg ha<sup>-1</sup> de Mo, sobre a germinação de sementes de trevo-branco. Segundo Modi (1994), a aplicação de Mo influencia significativamente na germinação do trigo, ocorrendo prolongamento do período de dormência das sementes com maior conteúdo do micronutriente, o que foi posteriormente confirmado em

trabalho do mesmo autor (MODI, 2002). Efeito positivo do molibdênio sobre o vigor da semente tem sido relatado em alguns poucos trabalhos com feijão. Leite (2004), constatou que para os cultivares de feijão Novo Jalo e Meia Noite, tanto pelo envelhecimento acelerado quanto pela condutividade elétrica, o vigor foi significativamente influenciado pelo conteúdo de Mo na semente. As sementes produzidas sem adubação molíbdica apresentaram menor vigor que às produzidas com essa adubação.

## 5. CONCLUSÕES

Após análise dos resultados obtidos neste trabalho, pode-se concluir que:

- A produtividade do milho-pipoca foi aumentada pela aplicação das doses de Mo, apresentando maior valor fora das doses estudadas. No milho comum as doses de Mo não promoveram nenhum efeito neste caractere avaliado.
- A qualidade fisiológica das sementes não foi afetada significativamente pela aplicação das doses de Mo.
- No milho comum, o teor foliar de K, o peso de 1000 grãos, o peso hectolitro e a altura de plantas, foram aumentados significativamente pela aplicação das doses de Mo.
- No milho-pipoca, os teores foliares e nos grãos de Mo foram afetados significativamente pela aplicação das doses de Mo.



## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, G. A. de. A; VIEIRA, C.; BERGER, P. G.; GALVÃO, J. C. C. Épocas de aplicação de molibdênio na cultura do milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 21., Londrina, 1996. **Anais...** Londrina: IAPAR, 1996. 160 p.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; BORTOLINI, C. G. Clorofila na folha como indicador do nível de nitrogênio em cereais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.4, p 715-722, 2001.

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS – AOSA. **Seed vigor testing had book**. AOSA, 1983. 93p.

BASSAN, D.A.Z; ARF, O.; BUZETTI, S.; CARVALHO, M.A.C.; SANTOS, N.C.B.; SÁ, M.E. Inoculação de sementes e aplicação de nitrogênio e molibdênio na cultura do feijão de inverno: produção e qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**. v.23, n.01, p.76-83, 2001.

BINNECK, E. Peletização e aplicação de molibdênio em sementes de trevo branco. **Revista Brasileira de Sementes**. Brasília, v.21, n.2, p.203-207.

BORKERT, C. M. **Micronutrientes na planta**. In: BULL, L. T. & ROSOLEM, C. A. (Ed.) Interpretação de análise química de solo e planta para fins de adubação. Botucatu, Fundação de estudos e pesquisas agrícolas e florestais, 1989. p. 309-329,1989.

BRAGA, J. M.; DEFELIPO, B. V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solos e plantas. **Rev. Ceres**, v. 21, p. 73-85, 1974.

BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília, 1992.

BRODRICK, S. J.; GILLER, K. E. Genotypic difference in molybdenum accumulation affects N<sub>2</sub> fixation by *Phaseolus vulgaris* L. **Journal of Experimental Botany**, v. 42, n. 243, p. 1339-1343, 1991.

BRODRICK, S. J.; SAKALA, M. K.; GILLER, K. E. Molybdenum reserves of seed, and growth and N<sub>2</sub> fixation by *Phaseolus vulgaris* L. **Biology and Fertility of Soils**, v. 13, n. 1, p. 39-44, 1992.

BUCHANAN, B. B.; GRUSSEIN, W.; JONES, R. L. **Biochemistry & molecular biology of plants**. Rockville, Maryland: American Society of Plant Physiologists, 2000.1.367 p.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. FUNEP: Jaboticabal, 2000. 588 p.

CATALDO, D. A.; HAROON, M.; SCHARDER, M.; YOUNGS, V. L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitrification of salicylic acid. **Comm. Soil Sci. Plant Anal.**, v. 6, n. 1, p. 71-81, 1975.

COELHO, F. C.; VIEIRA, C.; MOSQUIM, P. R.; CASSINI, S. T. A. Nitrogênio e molibdênio nas culturas do milho e do feijão, em monocultivo e em consórcio. **Revista Ceres**, v. 45, 1998.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª aproximação. Viçosa, MG, 1999. 359 p.

COUTO, C.; NOVAIS, R. F.; TEIXEIRA, J. L.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. Níveis críticos de zinco no solo e na planta para o crescimento de milho em amostras de solo com diferentes valores de fator capacidade. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v. 16, p. 79-87, 1992.

DALLPAI, O.L. **Determinação espectrofotométrica de molibdênio em solo e tecido vegetal e adsorção de molibdato em alguns solos de Minas Gerais**. Viçosa, 1996. 56f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa.

DEFELIPO, B. V.; RIBEIRO, A. C. **Análise química do solo (metodologia)**. Viçosa, MG: UFV, Imp. Univ., 1981. 17 p. (Boletim de extensão, 29).

EIVAZI, F.; SIMS, J.L.; CRUTHFIELD, J. Determination of molybdenum in plant materials using a rapid automated method. **Soil Science and plant analysis**. V.23, p.135-150, 1982.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de solos. **Manual de métodos de análises de solo**. Rio de Janeiro, 1979. [n.p.]

FERREIRA, A. C. de B. **Efeitos da adubação com N, Mo e Zn sobre produção, qualidade de grãos e concentração de nutrientes no milho.** Viçosa, 1997. 74 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

FERREIRA, A. C. de B. **Nutrição e produtividade do feijoeiro em função do molibdênio contido na semente e da sua aplicação via foliar.** Viçosa, 2001. 53 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. **Micronutrientes na agricultura.** Piracicaba, SP: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991. p. 289-308.

FUGE, R. Na automated method for the determination of molybdenum in geological and biological samples. **Analytical.** V.95, p.171-176, 1970.

GALRÃO, E. Z. Efeito de micronutrientes e do cobalto na produção e composição química do arroz, milho e soja em solo de cerrado. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v. 8, n. 1, p. 111-116, 1984.

GALRÃO, E. Z.; MESQUITA FILHO, M. V. Efeito de micronutrientes na produção e composição química do arroz (*Oryza sativa* L.) e do milho (*Zea Mays* L.) em solos de cerrado. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v.5, n.1, p. 72-75,1981.

GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V. **Tecnologias de produção do milho.** Viçosa: UFV, 2004. 366 p.

HAQUE, I. Molybdenum in soils and plant its potential to livestock nutrition, with special reference to sub-Saharan Africa. **Ilca Bulletin**, v. 26, p. 20-28, 1987.

JACKSON, M. L. Nitrogen determinations for soil and plants tissue. In: JACKSON, M. L. (Ed.) **Soil chemical analysis.** Englewood Chiffis: Prentice Hall, 1958. p. 183-204.

JACOB-NETO, J.; FRANCO, A. A. Conteúdo de molibdênio nas sementes para auto-suficiência do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Anais da Academia Brasileira de Ciência**, v. 58, n. 3, p. 508, 1986.

JACOB-NETO, J.; ROSSETO, C. A. V. Concentração de nutrientes nas sementes. O papel do molibdênio. **Floresta e Ambiente**, v. 5, n. 1, p. 171-183, 1998.

LEITE, U. T. **Produção e qualidade de sementes de feijão enriquecidas com molibdênio**. Viçosa, 2004. 83 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

LEITE, U. T.; PIRES, A. A.; ARAÚJO, G. A. de A.; VIEIRA, R. F. Absorção de molibdênio e de nitrogênio em diferentes variedades de feijão em função de doses de Mo. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7., 2002, Viçosa. **Resumos expandidos**. Viçosa: UFV, 2002. 814 p.

LEMCOFF, J.H; LOOMIS, R.S. Nitrogen influences in yield determination in maize. **Crop Science**. 26. 1817-1022.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. New York: Academic Press, 1995. 889 p.

MARTINÉZ, E. L.; BARRACHINA, A. C.; CARBONELL, F. B.; POZO, M. A.; GARCIA, M. A.; BENEYTO, J. M. Molybdenum uptake, distribution and accumulation in bean plants. **Fresenius Environbull**, v. 5, p. 73-78, 1996.

MODI, A. wheat seed quality in response to molybdenum and phosphorus. **Journal of Plant Nutrition**, v. 25, n. 11, p. 2409-2419, 2002.

NUNES, H. V. **Comportamento, adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho-pipoca em diferentes épocas de semeadura**. 2002. 46 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

PEREIRA. L. S. **Efeitos da adubação nitrogenada e molíbdica sobre a produtividade, teor de nitrogênio, atividade da redutase do nitrato e outras características da cultura do milho**. 1997. 89 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

PESSOA, A. C. dos S. **Atividades da nitrogenase e redutase do nitrato e produtividade do feijoeiro em resposta à adubação com molibdênio e fósforo**. 1998. 151 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS PARA O CULTIVO DO MILHO. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1993. 204 p.

SALYSBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Plant Physiology**. 4<sup>a</sup> Ed. California, Wadsworth Publishing Company, 1991. 682 p.

TANNER, P. D. The effect of molybdenum on maize seed quality. **Rhod. J. Agric. Res.**, v. 17, p. 125-130, 1979.

TANNER, P. D. The molybdenum requirements of maize in Zimbabwe. **Zimbabwe Agric. J.**, v. 79, n. 2, p. 61-64, 1982.

TRIGO, L. F. N.; PESKE, S. T.; GASTAR, M. F.; VAHL, L. C.; TRIGO, M. F. O. Efeito do conteúdo de fósforo na semente de soja sobre rendimento da planta resultante. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 19, n. 1, p. 111-115, 1997.

TROCCOLI, I.R. Milho: Prognósticos de safra 1994-95. **Agroanalysis**. P.76-83, 2001.

VETTORI, L. **Métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: EPE, 1969. 24 p. (Boletim Técnico, 7).

VIDOR, C.; PERES, L. R. R. Nutrição de plantas com molibdênio e cobalto. In: SIMPÓSIO SOBRE ENXOFRE E MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA. **Anais...** Londrina: EMBRAPA-CNPQ/IAPAR\SBCS, p. 179-203, 1988.

VIEIRA, R. F.; FONTES, R. A.; CARVALHO, J. R. P. Desempenho de sementes de feijão colhidas de plantas não adubadas, adubadas com macronutrientes + micronutrientes. **Revista Ceres**, v. 34, n. 192, p. 162-179, 1987.

WEIR, R. G.; HUDSON, A. Molybdenum deficiency in maize in relation to seed reserves. **Aust. J. Exp. Agric. Hasb.**, v. 6, n. 20, p. 35-41, 1966.

YATSIMIRSKII, K.B. Catalytic and chemical kinetics: **The use of catalytic reactions involving hydrogen peroxide in the study of the formation of complexes and in development of curyosintive analytical methods** ( s.l.: s.n), 1964, não paginado.

ZIMMER, W.; MENDEL, R. Molybdenum metabolism in plants. **Plant Biology**. v. 1, p. 160-168, 1999.

## **APÊNDICE**

## APÊNDICE A

Tabela 1A – Análise de variância referente à característica altura de plantas do milho comum, em função de doses de molibdênio

Fonte de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Signific.
Regressão	2	0,07723428	0,03861714	8,850	*
Independe da regressão	4	0,00705862	0,00176465	2,680	ns
Tratamento	(6)	0,08429296	0,01404883	3,221	*
Repetição	3	0,03506789	0,01168930	2,680	ns
Resíduo	18	0,07850721	0,004361512		

CV (%) = 2,564

Tabela 2A – Análise de variância referente ao teor de potássio (K) nas folhas do milho comum, em função das doses de molibdênio

Fonte de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Signific.
Regressão	2	0,30288867	0,15144338	4,55	*
Independe da regressão	4	0,24375744	0,06093936	1,83	ns
Tratamento	(6)	0,5466443	0,09110738	2,74	*
Repetição	3	0,1991156	0,06637186	1,99	ns
Resíduo	18	0,5984673	0,03324818		

CV (%) = 13,427

Tabela 3A – Análise de variância do peso de mil grãos do milho comum, em função de doses de molibdênio

Fonte de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Signific.
Regressão	2	1636,1468	818,0734	6,58	*
Independe da regressão	4	264,06772	66,01693	0,53	ns
Tratamento	(6)	1900,214	316,7024	2,547	ns
Repetição	3	535,7142	178,5714	1,436	ns
Resíduo	18	2237,786	124,3214		

CV (%) = 4,300.

Tabela 4A – Análise de variância do peso hectolitro do milho comum, em função de doses de molibdênio

Fonte de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Signific.
Regressão	2	784,4184	392,2092	4,37	*
Independe da regressão	4	580,0104	145,0026	1,61	ns
Tratamento	(6)	1364,429	227,4048	2,536	ns
Repetição	3	2380,393	793,4643	8,850	*
Resíduo	18	1613,856	89,65869	-	

CV (%) = 1,307.

Tabela 5A – Análise de variância do teor de molibdênio nas folhas do milho-pipoca, em função de doses do micronutriente

Fonte de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Signific.
Regressão	2	2,5325912	1,2662956	11,29	*
Independe da regressão	4	0,3962998	0,0990749	0,883	ns
Tratamento	(6)	2,928891	0,4881486	4,355	**
Repetição	3	0,074674	0,0248913	0,222	ns
Resíduo	18	2,017716	0,1120953	-	

CV (%) = 37,886.

Tabela 6A – Análise de variância do número total de sementes por parcela do milho-pipoca, em função de doses de molibdênio

Fonte de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Signific.
Regressão	2	51720160	25860080	6,31	*
Independe da regressão	4	73846680	18461670	4,50	*
Tratamento	(6)	12556680	2092781	5,110	*
Repetição	3	37677030	1255901	3,067	ns
Resíduo	18	73718860	4095493	-	

CV (%) = 11,641.



Tabela 7A – Análise de variância do teor de molibdênio nos grãos de milho-pipoca, em função de doses do micronutriente

Fonte de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Signific.
Regressão	2	0,9440436	0,4720218	7,558	*
Independe da regressão	4	0,0464873	0,0116218	0,1861	ns
Tratamento	(6)	132,8223	22,13705	0,945	ns
Repetição	3	9,080948	3,026983	0,129	ns
Resíduo	18	421,6832	23,42685	-	

CV (%) = 21,575.

Tabela 8A – Análise de variância da produtividade do milho-pipoca, em função de doses de molibdênio

Fonte de Variação	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Signific.
Regressão	2	1461656,8	730828,4	8,804	*
Independe da regressão	4	1387602,8	346900,7	4,178	*
Tratamento	(6)	2847719	474619,8	5,722	*
Repetição	3	461167,8	153722,6	1,853	ns
Resíduo	18	1493080	82948,88	-	

CV (%) = 8,624.