
CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES NAS SEMENTES: O PAPEL DO MOLIBDÊNIO

JORGE JACOB-NETO

PhD, Prof. Adjunto, IA - DF - UFRRJ

CLAUDIA A. V. ROSSETTO

Dr, Prof. Adjunto, IA - DF - UFRRJ

RESUMO

A concentração de nutrientes minerais das sementes pode afetar o seu potencial de armazenamento, bem como o desenvolvimento inicial, a fixação biológica de nitrogênio atmosférico (leguminosas), e a produção de grãos das plantas por elas geradas. O efeito de nutrientes aplicado ao solo ou através da aplicação foliar tem sido razoavelmente estudados em relação aos aspectos relativos à nutrição da planta. Todavia, os efeitos dos nutrientes minerais contidos nas próprias sementes sobre o estabelecimento das plantas não tem recebido a mesma atenção. Outros estudos, considerados como tratamentos de sementes, vem sendo realizados visando ser mais uma possibilidade de aumentar o conteúdo de nutrientes tanto através da aplicação diretamente às sementes, bem como da imersão destas em soluções contendo determinado nutriente. O objetivo deste trabalho foi avaliar a contribuição da reserva da própria semente no estabelecimento das plantas. Os resultados encontrados sugerem que sementes com concentração acima do nível crítico do elemento não respondem a adubação complementar. Análise mais detalhada foi dada aos estudos do conteúdo de Mo nas sementes e suas implicações.

Palavras-chaves: Mo, semente, concentração de nutriente, fixação biológica de nitrogênio

ABSTRACT

NUTRIENTS CONCENTRATION IN SEEDS: THE MOLIBDEN ROLE

The mineral nutrient content in the seeds can affect its potential of storage, the initial development, the biological nitrogen fixation and in the case of some species, the grain production. The effect in the seeds, of nutrients applied in the soil or foliar application in the leaves has been studied reasonably. However, in the literature there were no many information about the relation of nutrient mineral in the seeds and the establishment of the plant. Beside that, other studies were made to increase the nutrient content in the seeds through the directly application on the seeds, or the immersion of seeds in solution with different nutrients. The objective of this work was to evaluate the contribution of the seed content in the establishment of plant. Detailed analysis were given to the studies of the Mo content in the seeds and its implications.

Key words: Mo, seeds, content of nutrients, biological nitrogen fixation.

INTRODUÇÃO

A semente pode ser considerada um insumo de maior importância no processo produtivo, e sua qualidade considerada um elemento indispensável no sucesso de uma cultura (PERETTI, 1994). Entre os fatores que podem ter influência sobre o comportamento da própria semente e da planta resultante, o ambiente de crescimento e a composição química da mesma são os menos estudados. No entanto, parece também que a origem da semente pode ter certa influência sobre o comportamento desta durante, pelo menos, na fase de germinação (CARVALHO & NAKAGAWA, 1988).

As sementes, à semelhança dos demais órgãos da planta, apresenta composição química bastante variável por se tratar de um órgão que se forma no final do ciclo da planta. Durante o seu desenvolvimento, acumulam reservas de nitrogênio, carboidratos, lipídios e minerais. Uma gama muito ampla de minerais podem estar presentes na parede celular e nas organelas, mas a grande parte do fósforo e vários cátions são encontrados juntos como compostos de fitina (LOTT, 1984). Elemento tal como o Mo, apesar de sua importância, ainda não foi determinado em que parte constituinte da semente ele se encontra. Sabe-se apenas que do total de Mo absorvido pelas plantas de feijão, 24 a 65% é translocado para as sementes (JACOB-NETO *et al.*, 1988).

A reserva de nutrientes na semente é expressa pelos teores encontrados nas partes constituintes da semente. Esse valor varia entre espécies, cultivares e depende das condições do ambiente em que a semente é produzida (CARVALHO & NAKAGAWA, 1988).

Os nutrientes armazenados na semente irão suprir os elementos necessários para o estabelecimento da plântula em seus estádios iniciais. Entretanto, o desenvolvimento das plantas geradas pode também depender da fertilidade do solo. Assim, o meio pode compensar a necessidade de um dado

elemento, mesmo que a semente apresente baixo conteúdo deste, por ter sido originada de uma planta mãe não muito bem suprida. Por outro lado, com certas limitações, uma semente com alto conteúdo de um elemento, originará uma planta vigorosa, em um meio deficiente nesse elemento (CARVALHO & NAKAGAWA, 1988). Em alguns casos, especialmente para os micronutrientes como Mo, a reserva interna da semente é suficiente para que a planta originada desta possa crescer sem dependência externa. Para os macronutrientes como N, P, Ca e Mg é pouco provável que só a reserva interna da semente seja suficiente para a planta complementar seu ciclo. Isto ocorre devido a maior necessidade quantitativa destes elementos para o crescimento e desenvolvimento das plantas.

Com base no exposto acima, o conhecimento da composição química da semente é de interesse prático em tecnologia de sementes, pois tanto a germinação como o potencial de armazenamento, são influenciados pelo conteúdo dos compostos presentes nas mesmas (MAEDA *et al.*, 1986; NAKAGAWA *et al.*, 1990; NAUTYIAL *et al.*, 1991 e ROSSETTO, 1993). A concentração de nutrientes minerais nas sementes, também, pode afetar a fixação biológica de nitrogênio atmosférico das plantas por elas geradas, principalmente no caso das leguminosas (FRANCO & DAY, 1980; FRANCO & MUNNS, 1981; JACOB NETO & FRANCO, 1989). Além disso, pesquisas em várias espécies mostraram que a matéria seca das plântulas e a produção da planta subsequente podem ser incrementadas pelo aumento dos níveis de nutrientes da semente (TRIGO *et al.*, 1997). Estes ganhos podem variar de acordo com a plasticidade da espécie, incluindo aí, as práticas de manejo da cultura. Um exemplo clássico disso é a cultura da soja, onde dependendo das circunstâncias não há correlação entre a população inicial de plantas e a produtividade da cultura.

O aumento da concentração de nutrientes na semente obtido através da adubação com nutrientes no solo e da pulverização foliar com

nutrientes, ou seja, da aplicação à planta-mãe tem sido razoavelmente estudado. Todavia, o aumento da concentração de nutrientes minerais também pode ser alcançado através da aplicação diretamente às sementes via peletização (SFREDO *et al.*, 1997) ou via embebição em soluções contendo nutrientes (TEIXEIRA, 1995).

Este artigo objetiva abordar a contribuição da reserva da semente para a conservação das mesmas, assim como para o fornecimento de minerais visando o estabelecimento das plantas. Ênfase será dada ao Mo, devido ser este o elemento com maior número de relatos na literatura, mostrando que apenas a reserva da semente é suficiente para o crescimento da planta.

EFEITO DA CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES NAS SEMENTES

Através de experimentos, conduzidos em laboratório, casa de vegetação e campo, tem sido avaliado o efeito da concentração de nutrientes minerais das sementes sobre a germinação e a produção de grãos da planta subsequente. DURRANT (1958), AUSTIN (1966), TURKIEWICZ (1976), GEORGE *et al.* (1978), JACOB-NETO & FRANCO (1985), VIEIRA *et al.* (1987), BOLLAND *et al.* (1989) e BRODRICK & GILLER (1991a) observaram que a aplicação de nutrientes à planta-mãe aumentou o conteúdo de nutrientes da semente produzida.

Para ADAMS *et al.* (1993), a alta porcentagem de germinação das sementes de amendoim relacionou-se com o conteúdo de cálcio da própria semente. Em cultivar do grupo Virgínia, de sementes grandes, o teor mínimo de cálcio na semente para obter máxima germinação variou entre 368 e 420 mg kg⁻¹, em função do cultivar (COX *et al.*, 1982 e ADAMS *et al.*, 1993). Além disso, nas sementes pequenas do grupo Valência, também o conteúdo de cálcio nas sementes favoreceu a germinação (MAEDA *et al.*, 1986; NAKAGAWA *et al.*, 1993).

ROSSETTO (1993) observou que a calagem, visando o fornecimento de cálcio, ocasionou na cultivar do grupo Valência, a formação de sementes com maior vigor (classificação de plantas e primeira contagem do teste de germinação), o que não foi observado por NAKAGAWA *et al.* (1993). Quando o vigor foi avaliado pela condutividade elétrica, NAKAGAWA *et al.* (1990) não observaram efeito do calcário, enquanto que ROSSETTO (1993) observou efeito positivo. Na avaliação através do teste de envelhecimento acelerado, MAEDA *et al.* (1986) observaram maior vigor em sementes colhidas no tratamento com calcário. Na avaliação do vigor das sementes no campo, observou-se maior emergência inicial e final das plântulas (ROSSETTO, 1993), assim como maior índice de velocidade de emergência em sementes provenientes de tratamentos com calcário. Não foi notado efeito no peso de matéria seca das plântulas (VIEIRA *et al.*, 1986 e ROSSETTO, 1993). No entanto, para FERNANDEZ *et al.* (1997), a germinação não varia entre os tratamentos com e sem calcário, sendo que a falta de resposta no presente caso foi constatada como sendo devido ao alto conteúdo de cálcio nas sementes (11 g kg⁻¹), o dobro do valor encontrado por ROSSETTO *et al.* (1994).

Além disso, vários trabalhos tem demonstrando que as sementes de amendoim, originárias de plantas que crescem com maior disponibilidade de cálcio, mantêm elevada porcentagem de germinação e vigor após o armazenamento (MAEDA *et al.*, 1986; NAKAGAWA *et al.*, 1990; NAUTYIAL *et al.*, 1991 e ROSSETTO, 1993).

O conteúdo de fósforo da semente foi responsável pelo aumento significativo na matéria seca das plântulas de soja aos 21 dias, na altura, no número de vagens e no número de sementes por planta, estes dois últimos relacionados diretamente com o rendimento (BRITOS, 1985).

Para BOLLAND *et al.* (1989), o uso de sementes com maior conteúdo de fósforo

aumentou a eficiência da adubação fosfatada nos solos deficientes deste elemento. Elevando a concentração de fósforo das sementes de tremoço de 0,20 para 0,28% de fósforo, aumentou-se a produção de sementes de 20 a 40%, dependendo do nível desse elemento disponível no solo. Estes autores atribuíram estes aumentos de produção, ao desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea ou a uma maior nodulação e, ou, eficiência das plantas originadas de sementes com maior conteúdo de fósforo. Entretanto, é pouco provável que um aumento percentual de apenas 0,08 tenha aumentado a produção de sementes em até 40%. Outros fatores não analisados devem ter contribuído para este aumento.

TRIGO *et al.* (1997) constatou que o aumento da concentração de fósforo na semente de soja (de 0,58% para 1,10%) propiciou aumento de rendimento de aproximadamente 37%, em solo com adubação de fósforo e, de 20%, em solo sem adubação de fósforo. Isto também foi observado em sementes de aveia (ROBERTS, 1948), de ervilha (AUSTIN & LOGDEN, 1965), de tomate (GEORGE *et al.*, 1978), de *trifolium balansae* e *Medicago polymorpha* (BOLLAND & BAKER, 1989).

No entanto, TRIGO *et al.* (1997) verificaram que o efeito benéfico da alta concentração de fósforo na semente de soja manifesta-se melhor em solos com alta disponibilidade neste elemento, sendo que aquelas plantas originadas de sementes com maior conteúdo de fósforo atendem melhor à demanda metabólica inicial, tornando-as, portanto, menos dependentes dos teores existentes deste elemento no solo nessa fase. Em solos com menor disponibilidade de fósforo, a importância do conteúdo deste nutriente nas sementes poderá ser relevante para o estabelecimento das plantas. Para os autores isto não significa, entretanto, que as plantas originárias de sementes com alta concentração de fósforo possam prescindir de teores adequados desse nutriente no solo, pois os efeitos do fósforo no solo são maiores que os do fósforo nas sementes.

TEIXEIRA (1995) observou que as sementes de feijão com maior teor de fósforo, quando cultivadas em solos onde foram aplicadas doses crescentes desse elemento, mostraram-se menos dependentes deste nutriente no solo. Além disso, essas sementes quando cultivadas em solo adubados com 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ ha⁻¹ produziram maior número e peso de nódulos, acumularam mais nitrogênio e matéria seca na parte aérea e nas raízes que as originadas de sementes com menor teor, porém cultivadas em solo adubado com 180 kg ha⁻¹ de P205 ha⁻¹.

AUMENTO DA CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES ATRAVÉS DO TRATAMENTO DE SEMENTES

Outros estudos, considerados como tratamentos de sementes, também, tem sido realizados visando ser mais uma possibilidade de aumentar o conteúdo de nutrientes tanto através da aplicação diretamente às sementes (RIBEIRO, 1993), bem como via imersão destas em soluções contendo determinado nutriente (TEIXEIRA, 1995).

Em relação a concentração de micronutrientes das sementes, as pesquisas em várias espécies mostraram que a produção da planta subsequente pode ser incrementada, principalmente, pelo aumento dos níveis de zinco diretamente às sementes. A aplicação de zinco às sementes, em ambiente carente deste nutriente, proporcionou bom desenvolvimento às plantas de feijão (RASMUSSEN & BOAWN, 1969), de milho (SANTOS & RIBEIRO, 1986) e de arroz de sequeiro (LEÃO, 1990). Há, também, comprovações de que a aplicação de zinco às sementes aumenta o rendimento de grãos de soja (SANTOS & ESTEFANEL, 1986) e de milho (SILVA, 1989). Porém, o fornecimento de zinco na semente não é capaz de suprir a necessidade total da

planta, tendo de ser associado a doses menores deste nutriente aplicadas no solo (SANTOS & RIBEIRO, 1986).

A aplicação de zinco diretamente às sementes de trigo aumentou a germinação e a massa seca da parte aérea e de raízes das plântulas (CHENG, 1955). No entanto, RIBEIRO *et al.* (1992) observaram redução da germinação e do vigor de sementes de milho portadoras de diferentes níveis de qualidade e tratadas com diversas doses de Zn-MIQL-90 (produto líquido com 21% Zn). Esses efeitos negativos foram em função da interação entre baixa qualidade das sementes e doses elevadas de zinco. Como o zinco é um ativador enzimático, as sementes portadoras de menor nível de qualidade podem apresentar melhorias na germinação e no vigor, quando enriquecidas com esse micronutriente (RIBEIRO & SANTOS, 1996).

Para RIBEIRO (1993), na germinação de sementes de milho, ocorreu resposta diferencial para fontes de zinco. Com a aplicação de 2,50 g Zn/kg⁻¹ de sementes das fontes ZnSO₄ e Zn-Biocrop, a germinação das sementes foi similar a da testemunha, apesar de aumentar em cerca de 18 vezes o teor de zinco na semente (de 47 para 900 g g⁻¹ e 850 g g⁻¹, respectivamente). Com a fonte Zn-Triol, aumentou 24 vezes o teor de zinco da semente e com a fonte Zn-Diol, 31 vezes; neste caso observou-se efeito fitotóxico nas sementes, com prejuízo à germinação. As diferenças encontradas entre fontes são devidas aos componentes das formulações, que podem provocar alterações na dinâmica metabólica do micronutriente, tendo em vista que o zinco afeta indiretamente o transporte de assimilados (RIBEIRO & SANTOS, 1996). Percebe-se assim, a grande importância que deve ser dada a fonte de zinco a ser aplicada nas sementes, além da dose adequada.

Além disso, RIBEIRO & SANTOS (1996), também, constataram maior potencial de conservação das sementes de milho e arroz que foram tratadas com zinco, sendo que

esse tratamento não prejudicou a germinação e o vigor, pelo período de oito meses de armazenamento. Com o tratamento de sementes com zinco, pode-se minimizar o processo de deterioração das sementes, pelo fato deste micronutriente aumentar a atividade enzimática e o conteúdo de auxinas, parâmetros seriamente prejudicados quando as sementes permanecem armazenadas (RIBEIRO & SANTOS, 1996).

SANDHYA & SINGH (1994) constataram que quando as sementes de amendoim do grupo Spanish e do Virginia foram embebidas em solução de 0,25% de CaCl₂ por 8 horas, estas apresentaram melhor performance das plântulas resultantes, sob condições de estresse. A baixa germinação inicial das sementes foi atribuída ao baixo conteúdo de cálcio inicial, porém, com a embebição em Ca(OH)₂ a 0,15%, seguido de secagem, houve avanço no processo de germinação e no estabelecimento das plântulas. Estes autores citam que na literatura, sementes de amendoim do cultivar Florigiant contendo 0,08% de cálcio registraram germinação de 98% em comparação a 72% de germinação das sementes com 0,03% de cálcio.

ROBERTS (1948), ABDU & EL KOBBI (1976), BHATTACHARYYA *et al.* (1984) e TEIXEIRA (1995) mostraram que os rendimentos das plantas subsequentes de trigo, cevada, aveia, *Vigna mungo* e feijão vem sendo incrementados pela imersão das sementes em uma solução de fosfato.

Para ZANG *et al.* (1990), as sementes de cevada com menor teor de fósforo, quando embebidas em solução com ortofosfato, produzem maior quantidade de matéria seca na parte aérea quando comparadas com aquelas originadas de sementes não embebidas. No entanto, nenhum efeito da embebição tem sido observado em sementes que já continham alto teor de fósforo.

Em feijão, TEIXEIRA (1995) verificou que o processo de embebição das sementes em solução de 100mM de KH₂PO₄, no tempo de duas horas de embebição, propicia aumento

do conteúdo de fósforo nas sementes favorecendo a germinação, o comprimento da raiz primária, o número de nódulos e o peso das sementes, denotando a importância do conteúdo interno no processo de nodulação do feijoeiro. Para o autor, o período de embebição interferiu na metodologia utilizada, sugerindo a partir desses resultados, novos estudos para adequar essa tecnologia.

Estes novos estudos devem incluir soluções de diferentes forças iônicas, com outros elementos, tais como o potássio. Novas metodologias de aplicação destas soluções devem ser testadas, como a pulverização direta às sementes, bem como técnicas, que sejam práticas e econômicas.

A IMPORTÂNCIA DA CONCENTRAÇÃO DE MOLIBDÊNIO NAS SEMENTES

O molibdênio é um dos elementos minerais requeridos em menor quantidade pelas plantas. Sua ação principal, em termos de processo metabólico está restrita a sua participação em algumas enzimas, tais como nitrogenase, redutase do nitrato e xanthine oxidase/dehydrogenase. A participação do Mo na oxidação do sulfito pela sulfito oxidase, ainda não é clara em plantas superiores, como ocorre em microorganismos (MARSCHNER, 1995). Devido a sua configuração eletrônica, o Mo possui propriedades semelhantes a dos metais como o vanádio e o tungstênio. O Mo é muito provavelmente transportado em MoO_4^{-2} . Esta forma aniônica é muito próxima a de outros metais tais como SO_4^{-2} e HPO_4^{-2} , portanto esta aproximação química pode trazer implicações na disponibilidade de Mo no solo e na absorção pelas plantas.

Do ponto de vista agrícola, as enzimas nitrogenase e redutase do nitrato são as mais importantes. O Mo faz parte do "cluster" da enzima nitrogenase, que é a enzima mais importante na fixação biológica de N_2 em todos os organismos fixadores. Na atividade da enzima redutase do nitrato, o Mo também

atua como doador de elétrons na redução do nitrato a nitrito (GUPTA & LIPSET, 1981). Portanto, seu papel está diretamente ligado ao metabolismo de nitrogênio. Não faz parte dos objetivos deste trabalho, discutir a participação deste elemento nos complexos processos bioquímicos de absorção de nitrogênio.

Para alguns autores, as leguminosas fixando nitrogênio atmosférico, requerem uma maior concentração de Mo para a enzima nitrogenase funcionar eficientemente, do que a quantidade de Mo requerido para atividade da redutase do nitrato. (PARKER & HARRIS, 1977). Esta hipótese ainda necessita de maiores estudos para sua comprovação. De qualquer maneira, é com as leguminosas que a maioria dos trabalhos com Mo tem sido realizados desde que BORTELS (1937) mostrou a importância deste elemento para soja, algodão e trevo.

A adição direta do adubo contendo Mo ao solo é muitas vezes ineficaz pôr sua adsorção a matéria orgânica e aos óxidos de ferro e de alumínio, tornando-se assim não disponível às plantas (HOROWITZ, 1978; KARIMIAN & COX, 1978). Além disso, a quantidade total de Mo necessário por unidade de área para um bom desenvolvimento das plantas é muito pequena (PARKER & HARRIS, 1977; FRANCO & DAY, 1980; JACOB-NETO & FRANCO, 1989; BODRICK & GILLER, 1991a e JACOB-NETO & FRANCO, 1995b). Outras formas de aplicação visando suprir as necessidades da planta parecem ser mais adequadas que a adubação ao solo. Exemplo disso, é o envolvimento das sementes com produtos que conttenham Mo, como FTE (Fritted trace element), molibdato de sódio ou de amônio e ácido molibdico, que podem constituir uma forma de aumentar a eficiência da aplicação de Mo (JACOB-NETO & FRANCO, 1984 e FARIAS *et al.*, 1985). Desta maneira, entretanto, podem ocorrer as mesmas perdas que normalmente ocorrem no solo.

Outra forma eficiente de aplicação de Mo, consiste em embeber as sementes em

soluções que contenham Mo (REISENAUER, 1963; GURLEY & GIDDENS, 1969; GUPTA, 1979; SHERRELL, 1984). Contudo, o contato direto das sementes com estas soluções tem provocado a perda do poder germinativo, reduções do crescimento e da produção (REISENAUER, 1963) ou até mesmo aumentado a mortalidade de *Rhizobium* e, diminuindo, com isso, a nodulação (GAULT & BROCKWELL, 1980). Para FERNANDES (1996), a adição de molibdênio diretamente às sementes de mamona antes da semeadura, mesmo após 12 meses da colheita, proporcionou aumento da germinação e do vigor e, redução da acidez no óleo e da porcentagem de sementes dormentes. O nível de 100g ha⁻¹ de molibdato de sódio (aproximadamente 40g ha⁻¹ de molibdênio adicionado), indiferente da saturação em bases utilizada, foi suficiente para proporcionar aumento na qualidade das sementes de mamona produzidas, sendo que estas sementes apresentavam teor médio de 2,78 g kg⁻¹.

Um método mais prático de aplicar Mo sem causar maiores danos, seria a utilização das próprias reservas da semente, desde que esta possua concentração adequada do elemento (GURLEY & GIDDENS, 1969). Este é o assunto a ser discutido a seguir.

Segundo WILSON (1949), apenas o cultivo de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em áreas não deficientes de Mo, houve a possibilidade que as sementes produzidas, possuíssem concentrações deste nutriente suficiente para a futura planta não mostrar sintomas de deficiência quando plantada. Posteriormente, um pesquisador chamado Meagher e seus colaboradores em 1952, relataram que sementes de algumas plantas podem conter até 10 vezes mais a quantidade de Mo requerida para o crescimento de sua descendência. Resposta ao Mo contido nas sementes tem sido encontradas em ervilha (*Pisum sativum* L.) e soja (*Glycine max* (L.) Merrill) (HAGSTRON & BERGER, 1965, HARRIS *et al.*, 1965).

HARRIS *et al.* (1965) salientaram a

importância da seleção de sementes com diferentes concentrações de Mo, em estudos que visam medir os efeitos da aplicação deste elemento. Estes mesmos autores verificaram que a concentração de 22,4 ppm de Mo nas sementes de soja foi suficiente para sua progênie se desenvolver normalmente em solos com diversos graus de deficiência do elemento.

BURKIN (1971) cita que plântulas de feijão provenientes de sementes, com maiores concentrações de Mo, foram mais resistentes às doenças e pragas, que plântulas provenientes de sementes com baixo teor de Mo nas sementes. FRANCO & MUNNS (1981), BODRICK & GILLER (1991b) e JACOB-NETO & FRANCO (1995a) encontraram diferentes concentrações de Mo nas sementes de feijão provenientes de distintos ambientes de crescimento e de diferentes cultivares. Foi relatado por esses autores e por SHERRELL (1984) a importância do tamanho das sementes na concentração total de Mo nas sementes.

A maioria dos trabalhos citados acima, estabeleceram a concentração de Mo nas sementes sem se preocupar em estabelecer o seu nível crítico. Isto foi realizado por JACOB-NETO (1985) e JACOB-NETO & FRANCO (1986) que verificaram que a concentração de 3,51 µg Mo. semente⁻¹ é suficiente para as plantas de feijão se desenvolverem sem adubação complementar. Segundo JACOB-NETO & FRANCO (1995b), as concentrações de molibdênio nas sementes das cultivares Doko (7,05ppm) e Emgopa 301 (2,95 ppm) não foram suficientes para as plantas se desenvolverem sem adubação complementar com Mo. O nível crítico para soja foi encontrado recentemente, como sendo semente⁻¹ em torno de 3,5 µg Mo.semente⁻¹ (JACOB-NETO *et al.*, 1997). Esta concentração de Mo nas sementes ou acima, possibilitou o aumento do número de grãos e de vagens por planta e o peso das plantas secas, quando crescidas em solos ácidos. Na cultura da soja, o estabelecimento do nível crítico foi mais difícil, devido ao efeito do

fotoperíodo limitando sua época de semeadura, causando problemas operacionais, como também foi observado a sua maior capacidade de extrair Mo do solo, o que dificultou o estabelecimento do nível crítico.

Para aumentar a concentração de molibdênio nas próprias sementes é necessário que as plantas cresçam em solos com alta disponibilidade do elemento. Entretanto, nas condições brasileiras predominam solos ricos em óxidos de ferro e de alumínio, ácidos, com pouca disponibilidade de Mo, que são condições que propiciam a produção de sementes quase sempre com baixo teor de Mo (BATAGLIA *et al.*, 1976; HOROWITZ, 1978; FRANCO *et al.*, 1978; JACOB-NETO, 1985). Além disso, a adubação de Mo ao solo pode ser prejudicada por sua adsorção aos colóides do solo, reduzindo assim sua disponibilidade às plantas. Em levantamento realizado por JACOBSON *et al.* (1996), com plantas de soja crescidas em diferentes condições de campo, foram encontradas sementes com baixos teores de molibdênio (100 a 3900 ppb), implicando que as plantas originadas dessas sementes não teriam auto-suficiência nesse micronutriente.

JACOB-NETO (1985) trabalhando com dois solos ácidos, mostrou que aplicação foliar é mais eficiente em aumentar a concentração de Mo nas sementes que a adição de Mo ao solo. Este autor relatou que nas maiores dosagens de Mo aplicadas via foliar, acima de 800 g Mo.ha⁻¹ em solo LVA, existiu a tendência de causar fitotoxicidade às plantas de feijão. A eficiência da adubação foliar em aumentar a concentração de Mo nas sementes foi relatado por vários outros autores (WEIR *et al.*, 1976; GUPTA & MACLEOD, 1978; GUPTA, 1979; BURKIN, 1971; ROBITAILLE, 1975).

Outra questão importante relacionada à aplicação foliar, é relacionado a escolha da melhor época de aplicação de Mo. Foi encontrado por JACOB-NETO & FRANCO (1988), que a melhor época de aplicação foliar de Mo em feijão situou-se entre a floração e

o enchimento de grãos. Para a soja, também foi encontrado que este período é como a melhor época de aplicação de Mo (JACOB-NETO & FRANCO, 1995b). Estes autores verificaram aumento de produtividade da soja e do feijão com a aplicação foliar, no campo. Entretanto, isto ocorreu em dependência da cultivar e da disponibilidade de Mo no solo. Isto pode caracterizar que a aplicação foliar de Mo, além de aumentar o conteúdo de Mo nas sementes, pode também aumentar a produtividade das culturas.

Os resultados mostrados acima caracterizam o Mo como um dos elementos mais estudados, contudo ainda é comum encontrar trabalhos na literatura com erros clássicos neste tema. Por exemplo estudar a resposta deste elemento em solos com semente que já contenha a concentração acima do nível de crítico de Mo.

CONCLUSÃO

Apesar de um número razoável de informações na literatura sobre este tema, questões importantes ainda permanecem obscuras. É preciso ajustar as metodologias de aplicação direta (adubação) ou indireta (embebição, por exemplo) de nutrientes a sementes com o objetivo de aumentar o conteúdo destes elementos. Existem poucos estudos relacionando em que forma o elemento está armazenado na semente, e como ele exerce influência na germinação. Com a aprovação de legislação de proteção de cultivares no Brasil, provavelmente a venda de sementes com conteúdo ideal de um determinado elemento deverá ter valor comercial.

LITERATURA CITADA

- ABDOU, F. M.; EL KOBBI, T. Effect of seed pretreatments with phosphorus on the yield and phosphorus uptake by barley. *Agrochimica*, 20:29-36, 1976.
- ADAMS, J. F.; HARTOZOG, D. L.; NELSON, D. B. Supplemental calcium

- application on yield, grade, and seed quality of runner peanut. *Agronomy Journal*, 85:86-93, 1993.
- AUSTIN, R. B. The growth of water cress (*Radippa nastortum aquaticum* L.) from seed as affect by the phosphorus nutrition of the mother plant. *Plant and Soil*, 24:113-120. 1996.
- AUSTIN, R.B. & LOGDEN, P.C. The influence of the phosphorus and nitrogen nutrition of pea plants on the growth of their progeny. *Plant and Soil*. 24:359-368, 1965.
- BATAGLIA, O. C.; FURLANI, P. R & VALADARES, J. M. A. S. O molibdênio em solos do Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15, Campinas, 1975. *Anais...* Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1976. p..107-111.
- BHATTACHARYYA, K. K.; SENGUPTA, K. & CHATTERJEE, B. N. Seed treatment for increasing blackgram (*Vigna mungo*) in rainfed agriculture. *Seed Research*, 12:40-47, 1984.
- BOLLAND, M. D. A ; BAKER, M. J. High phosphorus concentration in *Trifolium balansae* and *Medicago polymorpha* seed increases herbage and yields in the field. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 29:791-795,1989.
- BOLLAND, M. D. A ; PAYTER, B. H. & BAKER, M. J. Increasing phosphorus concentration in lupin seeds increases grain yields on phosphorus deficient soil. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 29:797-801, 1989.
- BORTELS, J. Uber die wirkung von molybdan und vanadiumdiingungen auf leguminosen. *Arch. Mikrobiol.*, 8:13-26, 1937.
- BRITOS, E. R. A; *Estudo da importância de alguns caracteres no rendimento da soja (Glycine max (L). Merrill) visando a eficiência da seleção de cultivares para o sudeste do Rio Grande Sul.* do Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 1985. 75p. (Dissertação de Mestrado).
- BRODRICK, S. J. & GILLER, K. E. Root nodules of *Phaseolus vulgaris*: efficient scavengers of molybdenum for N₂-fixation. *Journal of Experimental Botany*, 42: 679-686, 1991a.
- _____. Genotypic difference in molybdenum accumulation affects N₂-fixation in tropical *Phaseolus vulgaris* L). *Journal Experimental Botany*, 42:1339-1343, 1991b.
- BURKIN, I. A. Use of molibden fertilizers under the growing of bean plants. *Fisiologia Rast.*, 18:840-847. 1971.
- CARVALHO, N. M. & NAKAGAWA, J. *Sementes: Ciência, Tecnologia e Produção*. 3 ed. Campinas: Fundação Cargill, 1988. 424p.
- CHENG, T. The effect of seed treatment with microelements upon the germination and early growth of wheat. *Scientia Sinica*, 4:129-135, 1955.
- COX, F. R.; ADAMS, F. & TUCKER, B. B. Liming, fertilization and mineral nutrition. In: PATTEE, H.E. & YOUNG, C.T. *Peanut: science and technology*, ed. Yoakum, TX:APRES, 1982, cap.6, p.139-163.
- DURRANT, A . Enviromental conditioning of flax. *Nature*, 181:928-929, 1958.
- FARIA, S. M.; DE-POLLI, H. & FRANCO, A. A. Adesivos para inoculação e revestimento de sementes de leguminosas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 20(2):169-

176, 1985.

- FERNANDES, D.M. *Efeitos de níveis de molibdênio e calcário na cultura da mamona (Ricinus communis, L.) cultivar guarani*. Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, 1996. 72p. (Tese de Doutorado).
- FERNANDEZ, E. M.; ROSOLEM, C. A & NAKAGAWA, J. Produtividade e qualidade de sementes de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) em função da calagem e do método de secagem. *Revista Brasileira de Sementes*, 19(1):34-40, 1997.
- FRANCO, A. A.; PERES, J.R.R.& NERY, M. The use of *Azotobacter paspali* N₂-ase (C₂H₂ reduction activity) to measure molybdenum deficiency in soils. *Plant Soil*, 50:1-11, 1978.
- FRANCO, A. A.& DAY, J. M. Effects of lime and molybdenum on nodulation and nitrogen fixation of *Phaseolus vulgaris* L. in acid soils of Brasil. *Turrialba*, 30:99-105, 1980.
- FRANCO, A. A.& MUNNS, D.N. Response of *Phaseolus vulgaris* L. to molybdenum under acid conditions. *Soil Science Society American Journal*. 45:1144-1148, 1981.
- GAULT, R.R.& BROCKWELL, J. Studies on seed pelleting as na aid to legume inoculation. 5. Effects of incorporation of molybdenum compounds in the seed pellet on inoculant survival, seedlings nodulation and plant growth of lucerne and subterranean clover. *Austrian Journal Experimental Agriculture Anim. Husb.*, 20:63-71, 1980.
- GEORGE, R. A T.; STEPHENS, R. J.; VARIS, S. Efecto de los nutrientes minerales sobre el rendimiento y calidad de la semilla de tomate. In: HEBBLETHWAITE, P.D. Producción moderna de semillas. Ed Montevideo: Editorial Hemisfério Sur, 1978. P.668-675.
- GUPTA, V. C. & LIPSET, J. Molybdenum in soils, plants and animals. *Adv. Agron.*, 34:73-115, 1981.
- GUPTA, U. C.& McLEOD, J.A. Response to molybdenum and limestone on wheat and barley grown on podzol soils. *Communication Soil Science and Plant Analysis*, 9(9): 897-904, 1978.
- GUPTA, U. C. Effect of methods of application and residual effect of molybdenum on the molybdenum concentration and yield of forages on Podzol soils. *Cannadian Journal Soil Science*, 59:183-189. 1979.
- GURLEY, W. H.& GIDDENS, J. Factors affected uptake, yield response, and carry over of molybdenum in soybean seed. *Agronomy Journal*, 61:7-9, 1969.
- HAGSTROM, G. R.& BERGER, K. G. Molybdenum deficiencies of Wisconsin soils. *Soil Science*, 100: 52-56, 1965.
- HARRIS, H. B.; PARKER, M. B.& JOHNSON, B. J. Influence of molybdenum content of soybean seed and other factors associated with seed source on progeny response to applied molybdenum. *Agronomy Journal*, 57:397-399, 1965.
- HOROWITZ, A. Os íons do molibdênio no solo. Um exemplo da aplicação das diagramas Eh-pH. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 2:98-103, 1978.
- JACOB-NETO, J. *Variação estacional, concentração nas sementes e níveis críticos de molibdênio nos nódulos de feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.)*. Itaguaí: UFRRJ, 141p. 1985 (Tese de Mestrado).

- JACOB-NETO, J. & FRANCO, A. A. Resposta da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) a molibdênio, zinco e a inoculação em latossolo vermelho-escuro no campo. In: REUNIÃO LATINO-AMERICANA SOBRE Rhizobium, XII, 1984, *Resumo*. Campinas-SP, ALAR, 1984. P. 123.
- _____. Adubação de molibdênio em feijoeiro. EMBRAPA-CNPAB (Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia). Comunicado Técnico nº. 12, 4p. Seropédica, julho, 1986.
- _____. Época de aplicação foliar visando aumentar a concentração de Mo em sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) XVIII Reunião Brasileira de Ciência do Solo- Guarapari-Es. Anais., 1988.
- _____. Determinação do nível crítico de Mo nos nódulos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). *Turrialba*, 39(2):215-223, 1989.
- _____. Adubação de molibdênio em soja (*Glycine max* (L.) Merrill.). XXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Viçosa, MG, 23 a 29 de julho, p.1305-1307, 1995a.
- _____. Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and soybean (*Glycine max* (L.) Merrill): response to molybdenum in tropical soils. International Symposium on Sustainable Agriculture for the Tropics. The role of Biological Nitrogen Fixation. 1:1, 1995b.
- JACOB-NETO, J.; THOMAS, R. J. & FRANCO, A. A. Variação estacional da concentração de molibdênio nos nódulos e demais partes da planta de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). *Turrialba*, 38(1): 51-58, 1988.
- JACOB-NETO, J., TAKETA, S. T. SANTOS, A.V. & FRANCO, A.A. Soybean seed enrichment with molybdenum to supply the plant requirement. Proceedings of the 11 th International Congress on Nitrogen Fixation. Institut Pasteur-Paris-France. p. 630, 1997.
- JACOBSON, L. A.; VOSS, M. Adubação com molibdênio em soja no RGS, nas safras 1994/5 e 1995/96. In: I Reunião Sul-brasileira de Ciência do Solo, 09 e 10/10 de 1996 - Lages/SC. p.24 a 26. 1996.
- KARIMIAN, N.; COX, F.R. Adsorption on extractability of molybdenum in relation to some chemical properties of soil. *Soil Science Society American Journal*, 42:757-761, 1978.
- LEÃO, R. M. A. *Efeitos de fósforo e do zinco no comportamento do arroz de sequeiro em Latossolo Vermelho-escuro sob vegetação de cerrado*. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1990. 121p. (Dissertação de Mestrado).
- LOTT, J. N. A. Accumulation of seed reserves of phosphorus and other minerals. In: MURRAY, D. R. , ed. *Seed Physiology*. New York: Academic Press, 1984. P.139-166.
- MAEDA, J.A, LAGO, AA; TELLA, R. Efeito de calagem e adubação com NPK na qualidade de sementes de amendoim. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 21:941-944, 1986.
- MARSCHER, H. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 2 ed.. London: Academic Press Limited, p.889. 1995.
- NAKAGAWA, J.; NAKAGAWA, J.; IMAIZUMI, I.; ROSSETTO, C.A.V. Efeitos de algumas fontes de fósforo e da calagem na qualidade de sementes de amendoim. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 25(4):505-

- 512, 1990.
- NAKAGAWA, J.; NAKAGAWA, J.; IMAIZUMI, I. & ROSSETTO, C.A.V. Efeitos de algumas fontes de fósforo e da calagem na produção de sementes de amendoim. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 28(4):421-31, 1993.
- NAUTIYAL, P.C.; VASANTHA, S.; SUNEJA, S. K. & THAKKAR, A. N. Physiological and biochemical attributes associated with the loss of seed viability and vigour in groundnut (*Arachis hypogaea* L.) *Seed Science and Technology*, 19:451-459, 1991.
- PARKER, M.B. & HARRIS, H.B. Yield and leaf nitrogen of nodulating and nonnodulating soybeans as affected by nitrogen and molybdenum. *Agronomy Journal*, 69:551-554, 1977.
- PERETTI, A. *Manual para análisis de semillas*. Buenos Aires: Editorial Hemisfério Sur, 1994. 282p.
- RASMUSSEN, P. F.; BOAWN, L.C. Zinc seed treatment as source of zinc for beans (*Phaseolus vulgaris*). *Agronomy Journal*, 61(5):674-676, 1969.
- REISENAUER, H. M. Relative efficiency of seed and soil applied molybdenum fertilizer. *Agronomy Journal*, 55:459-460, 1963.
- RIBEIRO, N. D. *Germinação e vigor de sementes de milho tratadas com fontes de zinco e boro*. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1993. 83p. (Dissertação de Mestrado).
- RIBEIRO, N. D. & SANTOS, O. S. Aproveitamento do zinco aplicado na semente na nutrição da planta. *Ciência Rural*, 26(1):159-165. 1996.
- RIBEIRO, N.D.; SANTOS, O S.; MENEZES, N.L. Aplicação de doses de zinco em sementes de milho com diferentes níveis de qualidade. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 19. Porto Alegre, 1992. Anais... Rio Grande do Sul, 1992. P. 148-160.
- ROBERTS, W. O. Prevention of mineral deficiency by soaking seed in nutrient solution. *Journal of Agricultural Science*, 38:458-468, 1948.
- ROBITAILLE, H. A. Effect of foliar molybdenum sprays on nitrogen fixation in *Phaseolus vulgaris* L. *Annual Report Bean Improvement Cooperative*, 18:65, 1975.
- ROSSETTO, C. A. V. *Efeitos da colheita e da calagem na produção e qualidade de sementes de amendoim (Arachis hypogaea L.) cv. Botucatu*. Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônomicas, 1993. 114p. (Dissertação de Mestrado).
- ROSSETTO, C.A.V.; NAKAGAWA, J.; ROSOLEM, C.A.V. Efeito do momento de colheita e da calagem na qualidade fisiológica de sementes de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) cv. Botucatu. *Revista Brasileira de Sementes*, 16(2):138-146, 1994.
- SANDHYA, K. P.; SINGH, B. G. Effect of pre-sowing seed treatment with calcium containing compounds on emergence index in groundnut (*Arachis hypogaea* L.) *Seed Research*, 22(2):170-171, 1994.
- SANTOS, O. S.; ESTEFANEL, V. Efeito de micronutrientes e do enxofre aplicados nas sementes de soja. *Ciência Rural*, 16(1):5-17, 1986.
- SANTOS, O S. & RIBEIRO, N. D. Fontes de zinco aplicadas em sementes de milho, em solução nutritiva. *Ciência Rural*, 1:39-44, 1986.
- SFREDO, G. H.; BORKET, C. M.; LANTMANN, A. F.; MEYER, M. C.; MONDARINO, J. M. G. & OLIVEIRA,

- M. C. N. Molibdênio e cobalto na cultura da soja. Londrina: EMBRAPA -CNPSO, 1997. 18P. (EMBRAPA - CNPSO. Circular Técnica, 16).
- SILVA, E. S. *Produção de grãos de milho em função de níveis de adubação com zinco e boro aplicados nas sementes e no solo*. Rio Verde: Escola Superior de Agricultura do Rio Verde, 1989. 43 p. (Monografia de Graduação).
- SHERRELL, C.G. Effect of molybdenum concentration in the seed on the response of pasture legumes to molybdenum. N. Z. J. *Agriculture Research*, 27:417-423, 1984.
- TEIXEIRA, M. G. *Influência do conteúdo de fósforo da semente na nodulação do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.)*. Itaguaí: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1995 205 p. (Tese de Doutorado).
- TRIGO, L.F.N.; PESKE, S.T.; GASTAL, M.F.; VAHL, L.C.; TRIGO, M.F.O Efeito do conteúdo de fósforo na semente de soja sobre o rendimento da planta resultante. *Revista Brasileira de Sementes*, 19(1):111-115. 1997.
- TURKIEWICZ, I. *Efeito da calagem e adubação fosfatada sobre a germinação e o vigor de sementes de soja (Glycine max (L.) Merrill)*. Piracicaba: ESALQ, 1976. 82p. (Dissertação de Mestrado).
- VIEIRA, R. D.; FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J. L.; DECARO, S. & FERREIRA, M. E. Efeito da aplicação de calcário e gesso na qualidade de sementes de amendoim. *Revista Brasileira de Sementes*, 5(2):99-109, 1986.
- VIEIRA, R. F.; FONTES, R. A & CARVALHO, J. R. P. Desempenho de sementes de feijão colhidas de plantas não adubadas com macronutrientes e com macronutrientes + micronutrientes. *Revista Ceres*, 34(192):162-179, 1987.
- ZANG, M.; NYBORG, M.; MCGILL, W.B. Phosphorus concentration in barley (*Hordeum vulgare* L.) seed: Influence on seedling growth and dry matter production. *Plant and Soil*, 122:79-83, 1990.
- WEIR, R.G.; NAGLE, R.K. NOONAN, F.B.; TOWNER, A.G.W. The effect of foliar and soil applied Mo treatment on the molybdenum concentration of maize grain. *Australian Journal Experimental Agriculture Anim. Husb.*, 16:761-764, 1976.
- WILSON, R. D. Molybdenum in relation to the scald disease of beans. *Australian Journal Science*, 11:209-211, 1949.