

FONTES DE MOLIBDÊNIO APLICADAS EM SOJA VIA SEMENTE

MOLIBDENIUM SOURCE APPLIED IN SOYBEAN FOR SEEDS TREATMENT

PAULO AUGUSTO MANFRON^{1,7}MAGDA SULEIMAN SHAMA²SILVANA OHSE³OSMAR SOUZA DOS SANTOS^{4,7}SANDRO LUIS PETTER MEDEIROS⁵DURVAL DOURADO NETO^{6,7}

RESUMO

O papel dos micronutrientes na nutrição mineral das plantas é relativamente bem conhecido sendo que, na soja, o molibdênio favorece a assimilação e a utilização de nitrogênio. O presente trabalho objetivou avaliar a eficiência de diferentes fontes de molibdênio (Nectar, Molybdate, MIQL-Mo) no crescimento e desenvolvimento das plantas e seus efeitos na produtividade do cultivar BR-16. O experimento foi realizado no ano agrícola 1997/98, no campo experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, em solo ARGISSOLO VERMELHO distrófico, sendo que os tratamentos foram três fontes de molibdênio comparadas a uma testemunha

^{1,7} Dr. Prof. Titular. Departamento de Fitotecnia. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS. CCR, UFSM. CEP 97015-900, e-mail: pmanfron@esalq.usp.br

² MSc. Engenheira Agrônoma. Departamento de Fitotecnia. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS. CCR, UFSM. CEP 97015-900, e-mail: msshama@ccr.ufsm.br

³ Dr^a. Pesquisadora em Ciências Agrônomicas - FAPEU. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC. UFSC. CEP 88040-900, e-mail: ohse@hotmail.com

^{4,7} Dr. Prof. Titular. Departamento de Fitotecnia. Universidade Federal de Santa Maria, RS. CCR, UFSM. CEP 97015-900, e-mail: osmar_santos@hotmail.com

⁵ Dr. Prof. Adjunto. Departamento de Fitotecnia. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS. CCR, UFSM. CEP 97105-900, e-mail: sandro@ccr.ufsm.br

^{6,7} Dr. Prof. Associado. Departamento de Produção Vegetal. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Piracicaba, SP. ESALQ, USP. CEP 13418-900, e-mail: dourado@esalq.usp.br

⁷ Bolsista do CNPq

em condições naturais de cultivo. Os resultados mostraram que a aplicação de molibdênio via semente, independente da fonte utilizada, melhorou a emergência das plântulas, aumentou a massa de 1000 grãos e promoveu o aumento da produção de grãos de soja; e as diferenças de produtividade de grãos entre as fontes de molibdênio estudados, demonstram o grande avanço proporcionado pelo uso de melhor tecnologia na utilização de micronutrientes e no manejo de cultura.

Palavras chave: Nutrição mineral, manejo da cultura, produtividade de grãos.

ABSTRACT

The role of micronutrients in the mineral nutrition of plants is well-know, molybdenum support assimilation and use of nitrogen to the soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). The current work was to evaluate the efficacy from differents sources of molybdenum (Nectar, Molybdate, MIQL-Mo) on the growth, development and effects on the productivity of cultivar BR-16. The experiment was conducted during the 1997/1998 growing season in the field crop Department of the Federal University at Santa Maria, RS, on a Paleudalf soil. The treatments were three sources of molybdenum applying compared with a control group into natural tillage conditions. The results showed that the molybdenum applying by means of seed, independence of the sources used, improve the seedling soybean emergence, increased the mass of 1000 and grain production of the soybean. The differences of grain productivity among the molybdenum sources that were studied, demonstrate the great progress proportioned by the use of the best technology at the micronutrients utilization and the tillage handling.

Key words: Mineral nutrition, tillage handling, grain productivity

INTRODUÇÃO

Quanto à necessidade de nutrientes, pode-se dizer que a soja é capaz de fixar nitrogênio atmosférico que atenda às suas necessidades para produtividade elevada. O nitrogênio é um elemento chave na síntese de proteína, sua demanda é elevada na cultura, que acumula cerca de 100 a 200 kg de nitrogênio por hectare, sendo 67 a 75% alocados nas sementes. Esse nitrogênio pode ser absorvido diretamente do solo ou ser fornecido pela fixação biológica do nitrogênio (FBN), realizada pelas bactérias da família Rhizobiaceae. A leguminosa, em contrapartida, fornece carboidratos aos microrganismos. Entre os microrganismos da família Rhizobiaceae, comumente chamados de rizóbios, as espécies *Bradyrhizobium japonicum* e *Bradyrhizobium elkanii* nodulam a soja.

Vários fatores interferem na FBN, sendo que na nutrição mineral destaca-se o molibdênio, pois este está associado ao metabolismo do nitrogênio, por fazer parte da

enzima redutase do nitrato em todas as famílias vegetais, e da enzima nitrogenase na simbiose bactéria-leguminosa (Ferreira & Cruz, 1991). A soja requer grandes quantidades de N dado o seu elevado teor de proteína e, na ausência da simbiose com *Bradyrhizobium*, chegaria a ser uma cultura inviável diante dos custos elevados que o agricultor teria com fertilizantes (Vargas & Hungria, 1997).

O aumento progressivo das produções de soja, fruto do uso intensivo de técnicas agrícolas modernas, vem promovendo retirada crescente de micronutrientes dos solos, sem que se estabeleça uma reposição adequada. Este fato, aliado a problemas de manejo, tem causado deficiências de micronutrientes mesmos em regiões onde antes não havia problemas, como na região sul do Brasil. No Rio Grande do Sul ocorre deficiência de micronutrientes em vários tipos de solos. Para o molibdênio, a deficiência se manifesta nas condições de solo ácido, especialmente em pH menor do que 5,5. Além disso, quando o suprimento de molibdênio é baixo, ocorre a sua redistribuição das folhas para os nódulos, o que agrava ainda mais a deficiência.

O trabalho tem por objetivo avaliar a eficiência de diferentes fontes de molibdênio no crescimento e desenvolvimento da cultura da soja, cultivar BR-16, bem como seus efeitos na produtividade.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento com a cultura da soja foi conduzido a campo no ano agrícola 1997/1998, na área experimental do Núcleo de Pesquisa em Ecofisiologia e Hidroponia, Departamento de Fitotecnia, na Universidade Federal de Santa Maria, no município de Santa Maria, RS. As coordenadas geográficas do local são: latitude de 29°42'S; longitude de 53°42'W e altitude de 95m.

O solo onde foi realizado o ensaio segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999) é classificado como ARGISSOLO VERMELHO distrófico, textura média e de coloração avermelhada, são solos ácidos com saturação por bases baixas, pobres em matéria orgânica e na maioria dos nutrientes. Apresentam um horizonte B textural e são originalmente desenvolvidos sobre substrato arenito.

Antes da semeadura da cultura, foram realizadas as operações de preparo do solo, que constituíram de uma lavra e duas gradagens. A adubação da cultura seguiu o recomendado pela COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC (1995), tendo como base o resultado obtido da análise química do solo (Tabela 1). Para tal, foi utilizado o adubo 2-20-20 aplicado em uma proporção equivalente a 300 kg ha⁻¹. A Tabela 1 mostra os resultados obtidos na análise química realizada antes da instalação do experimento.

O ensaio realizado foi um monofatorial conduzido no delineamento blocos ao acaso, constituído de quatro tratamentos e oito repetições. O fator estudado foi

fonte de molibdênio, o qual foi constituído de três níveis, Nectar, Molybdate, MIQL, sendo que a composição dos tratamentos encontra-se na Tabela 2.

Cada tratamento constou de vinte linhas de semeadura espaçadas de 0,50 m com 100 m de comprimento. Ao total foram quatro tratamentos perfazendo, com as repetições trinta e duas parcelas. Cada parcela com 2 m de largura por 4 m de comprimento, em um total de 8 m². A área útil da parcela foi de 1 m de largura por 3,0 m de comprimento, ou seja, 3,0 m². Para formar a área útil da parcela descartaram-se as plantas cultivadas nos primeiros 50 cm das linhas consideradas como bordas laterais, da porção frontal e traseira da parcela.

Antes da semeadura foram aplicadas as fontes de molibdênio às sementes de soja, utilizando as seguintes doses: Nectar, 0,15 g kg⁻¹ de semente de Mo; Molybdate, 0,15 g kg⁻¹ de semente de Mo; MIQL, 0,15 g kg⁻¹ de semente de Mo. Também foi realizada a inoculação das sementes com *Bradyrhizobium japonicum*, através do inoculante de nome comercial Emerge, na dose de 15 g para 2,5 kg de sementes.

A semeadura da cultura foi realizada no dia 25 de novembro de 1997, no qual a densidade foi de 22 a 29 sementes por metro. Em 5/12/1997 ocorreu a emergência, onde a população inicial de plantas foi em média, para todos os tratamentos 425.600 plantas ha⁻¹.

No dia 5 de dezembro de 1997 (10 dias após semeadura – 10 DAS) foi realizada, em cada parcela, aleatoriamente a contagem do número de plântulas emergidas por metro. Para isso, era realizado um sorteio prévio à contagem, em que se casualizava a linha bem como a porção da linha a ser contada.

Segundo a escala fenológica de Costa & Marchezan (1982), considera-se pleno florescimento para a soja quando a planta estiver no estágio R2 (florês nos quatro últimos nós do caule com folha desenvolvida). Sendo que para os parâmetros avaliados neste estágio, foram tomadas, aleatoriamente, duas plantas de área útil da parcela, realizado no dia 27 de janeiro de 1998. Estas plantas eram colocadas individualizadas em sacos plásticos, previamente identificados, levadas ao laboratório e em seguida, separadas em folhas e caule + ramos + pecíolos + inflorescências. Das folhas eram tomados os discos foliares, obtendo-se dessa maneira mais uma porção. Todo o material vegetal após a separação era identificado, embalado em sacos de papel e levado até a estufa de ar quente com ventilação forçada (temperatura de $\pm 60^{\circ}\text{C}$), até fitomassa constante. Após a secagem realizou-se a pesagem em balança eletrônica de precisão com resolução de 0,001 g da fitomassa de: discos foliares, folhas inteiras + folhas perfuradas e haste + ramos + pecíolos + inflorescência.

Para se obter a fitomassa seca de folhas (FSF) somou-se a fitomassa dos discos foliares com o restante das folhas secas; para a fitomassa seca total da parte

aérea da planta (FST), somou-se a FSF com a fitomassa seca das hastes + ramos + pecíolos + inflorescências (FSH).

A área foliar (AF) foi estimada pelo método da pesagem dos discos foliares, que com auxílio de um vazador com diâmetro de 0,8 cm eram tomados 30 discos de folhas de diferentes posições da planta. Para se obter a área foliar aplicou-se a equação 1.

$$AF = \frac{30 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot FSF}{FSD} \text{ (cm}^2\text{)} \quad (1)$$

Onde:

R = raio do vazador (cm); FSF = fitomassa seca de folhas (g);

FSD = fitomassa seca dos discos (g).

Para o cálculo do Índice de Área Foliar (IAF) se aplicou a Equação 2.

$$IAF = \frac{AF}{AS} \quad (2)$$

Onde:

AF = área foliar (cm²) e AS = área de solo dominada pela planta (cm²)

A área de solo dominada pela planta (AS) foi obtida para cada tratamento, utilizando-se da equação 3.

$$AS = \frac{1}{PE/50} \text{ (cm}^2\text{)} \quad (3)$$

Onde:

PE = plantas emergidas por metro aos 10 dias DAS;

50 = espaçamento entre linhas (cm). A Razão de Massa Foliar (RMF) foi estimada pelo quociente entre a fitomassa seca de folhas pela fitomassa seca total da parte aérea da planta, como descrita pela equação 4.

$$RMF = \frac{FSF}{FST} \quad (4)$$

Onde:

FSF = fitomassa seca de folhas (g)

FST = fitomassa seca total da parte aérea da planta (g).

A cultura foi colhida no dia 20 de abril de 1998, sendo feito o corte manualmente, de todas as plantas da área útil da parcela ao nível do solo, amarradas em feixes e levadas até uma sala com ar quente e seco para uniformização da umidade.

Os parâmetros fenométricos foram medidos em dez plantas tomadas ao acaso do conjunto de plantas da área útil da parcela. Após cada determinação, os componentes remanescentes nas plantas, por ocasião da maturação, foram embalados separadamente, obtendo-se assim hastes, legumes chochos, legumes que continham grãos e grãos das dez plantas medidas. Tudo foi levado para a estufa de ar quente com ventilação forçada (temperatura de $\pm 60^{\circ}\text{C}$) até massa constante.

A determinação foi realizada com o auxílio de uma trena de 3,0 metros de comprimento e graduada em milímetros. A planta foi colocada sobre uma bancada e medida sua estatura, e a distância do ponto onde foi cortada, ao nível do solo, até onde se inseria o primeiro legume. Já o número de nós foi manualmente contado, sempre excluindo a cicatriz das folhas cotiledonares da planta.

Em cada planta medida, foi retirado individualmente cada legume e separados em legumes chochos, legume com um, dois e três grãos. Desta forma, pela contagem, foram obtidos tanto o número de legumes total produzido por uma planta, bem como, quando multiplicado o número de legumes formados pelo número de grãos em cada legume, o número de grãos por planta.

A produção por planta em cada tratamento foi estimada após a retirada da estufa dos grãos produzidos nas dez plantas amostradas (P_{10P}) em que se realizaram a fenometria. O total pesado foi dividido por dez, obtendo assim a variável desejada. Houve também a correção da umidade do grão para 13%, utilizando-se o método da secagem em estufa a $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$, que consiste na permanência de duas amostras de grãos de aproximadamente cinco gramas por 24 horas naquela temperatura. Dividindo-se por dez os componentes separados na contagem fenométrica foram obtidos: fitomassa seca de haste, dos legumes chochos, dos legumes que continham grãos e dos grãos por planta. Através da soma desses componentes foi obtida a produção de fitomassa seca da parte aérea por planta até a colheita.

Para a obtenção da produtividade (P) foi debulhado manualmente o restante das plantas presentes no feixe, sendo os legumes colocados em sacos de papel e levados à estufa para a secagem. Posteriormente, foram feitas a debulha dos legumes e a limpeza dos grãos e, pesando o total de grãos obtidos encontrou-se a produção restante (PR). Dela foi retirado amostra para determinação de umidade a $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$, corrigindo para 13% de umidade e aplicado a Equação 5.

$$P = \frac{(P_{10P} + PR) \cdot 10000}{3,0} \quad (\text{kg ha}^{-1}) \quad (5)$$

Onde:

$P10P$ = Produção nas 10 plantas (kg); PR = produção restante (kg); 10000 = fator de correção para um hectare; 3,0 = área útil da parcela.

A massa de mil grãos (MMG) foi obtida calculando-se a média aritmética da fitomassa de oito amostras de 100 grãos provenientes da PR . Houve também a correção da umidade da MMG para 13%.

Inicialmente foi realizada a análise de variância para verificar o efeito do fator em estudo, através do teste F. Como se verificou um efeito significativo ($p < 0,05$), posteriormente, procedeu-se à comparação múltipla de médias dos tratamentos através do teste de Tukey ($p < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, verificam-se níveis baixos de molibdênio no solo classificado como ARGISSOLO VERMELHO distrófico, característico da região da Depressão Central do Rio Grande do Sul. Valores estes que oscilaram entre 0,01 ppm para a camada do perfil de 0 a 20 cm e 0,02 ppm para a camada de 20 a 40 cm. Observa-se nesta Tabela, que o pH do solo estava baixo, revelando que este apresentava grande potencial para deficiência de molibdênio, pois em condições de pH baixo, a disponibilidade desse nutriente é diminuída. Provavelmente, isto é devido ao fato do MoO_4^{2-} ser adsorvido especificamente pelos óxidos de ferro e alumínio e não ser deslocado dos sítios pela hidroxila (Malavolta *et al.*, 1997).

A soja foi classificada como cultura de média resposta ao molibdênio (Malavolta & Kliemann, 1985), mas para as condições do Rio Grande do Sul, demonstra ser uma cultura com alto potencial de resposta à aplicação de molibdênio, chegando, em algumas situações, a duplicar sua produtividade (Santos, 1981). O efeito benéfico da aplicação do molibdênio pode ser verificado na emergência das plântulas e, no caso deste trabalho, aos 10 dias após a semeadura em função das fontes de molibdênio aplicadas (Tabela 3).

O cultivar BR-16 utilizado como planta padrão não respondeu satisfatoriamente na emergência das plântulas quando não foi aplicado o micronutriente molibdênio, isto é, no caso da testemunha, o que leva a inferir que os teores de molibdênio deste solo são deficientes. A explicação para tal tendência pode estar no fato de que a associação de outros micronutrientes pode não ter potencializado o efeito do molibdênio, devido às características do solo onde foi implantado o experimento e, ao fato do mesmo não apresentar deficiência destes elementos, entretanto, vários estudos têm demonstrado efeitos diferenciados quando se testa a aplicação de fontes de molibdênio (Lantmann *et al.*, 1989).

Em média, emergiram 11,3 plantas por meio metro de linha considerando-se todos os tratamentos e, 11,6 plantas para meio metro de linha quando não se considerou a testemunha, os quais produziram, respectivamente, uma população de 410.000 e 416.200 plantas ha⁻¹.

A ocorrência de altos teores de micronutrientes nas sementes e sua transferência para a plântula, durante a germinação e crescimento inicial, permite suprir total ou parcialmente a necessidade de planta (Ribeiro & Santos, 1996), devido ao fato da aplicação de micronutriente via semente proporcionar uniformidade de distribuição, obtendo-se uma boa eficiência agrônômica (Santos, 1981; Parducci *et al.*, 1989).

Na Tabela 4, em todos os casos analisados verificou-se que, houve para a variável fitomassa seca, diferenças significativas entre os tratamentos, sendo que os mesmos foram superiores à testemunha. Ocorreu aumento na fitomassa de planta, confirmando dessa maneira, os resultados obtidos por Aghatise & Tayo (1994) em que a aplicação de molibdênio aumenta a fitomassa e o número de folhas, devido ao melhor desenvolvimento da planta pelo aumento da atividade fotossintética e da FBN. Nesta mesma Tabela, verifica-se uma maior variabilidade nos dados de fitomassa seca das folhas em relação à fitomassa seca das hastes e pecíolos, devido à influência do ambiente no efeito dos tratamentos aplicados. Grassi Filho *et al.* (1992) verificaram que os tratamentos que continham Mo, B e Ca, atuaram positivamente no incremento da fitomassa verde e seca da raiz e da parte aérea, e positivamente na relação raiz/parte aérea em termos de fitomassa verde, e que vêm corroborar com os dados obtidos neste trabalho quando se analisa o efeito dos tratamentos utilizados frente à testemunha.

O cultivar BR-16 apresentou maior crescimento e desenvolvimento de folhas no tratamento Néctar, alcançando o valor de 8701 cm², enquanto para a testemunha este valor foi de 6986 cm² (Tabela 4). A constatação desta diferença nos valores da área foliar, entre os tratamentos com aplicação de micronutriente e a testemunha, já era esperada, uma vez que, o crescimento vegetativo deste cultivar foi plenamente satisfatório. O menor espaço aéreo pela população de plantas utilizada proporcionou uma competitividade maior entre plantas favorecendo sua maior estatura, e mesmo por ser uma planta de maior estatura que a média dos cultivares de soja utilizadas no Rio Grande do Sul (REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 1997) ocorreu uma perfeita e ampla cobertura do solo.

Para as demais análises efetuadas ocorreu a mesma tendência quando comparados com a fitomassa seca de folhas, hastes, pecíolos e total de plantas, bem como, para o índice de área foliar (IAF) e a razão de massa foliar (RMF) concordando com os resultados obtidos por Carvalho (1991), o qual estudou os efeitos metabólicos de micronutrientes na cultura do feijoeiro. Entretanto, os valores obtidos para os parâmetros área foliar, índice de área foliar e razão de massa foliar, apresentam a tendência de serem menores quando da não utilização de qualquer uma das fontes de molibdênio (Tabela 2). Para o cultivar BR-16, a veiculação de molibdênio na semente aumentou a área foliar das plantas em 19,72.

A variável índice de área foliar apresentou um coeficiente de variação de 24,90% para um valor de 2,76% da razão de massa foliar, mesmo assim foi possível evidenciar a melhora significativa neste parâmetro quando se compara qualquer tratamento com aplicação de micronutrientes em relação à testemunha (Tabela 5).

No caso específico da razão da massa foliar, tem-se a expressão do potencial genético do cultivar BR-16 a partir da influência do meio ambiente, mas certamente potencializada pela aplicação do molibdênio via semente (Tabela 5).

A estatura média das plantas foi de 86,1 cm, resultados que estão de acordo com o descrito pela REUNIÃO DA PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL (1997), na qual o cultivar utilizado neste trabalho (BR-16) apresenta uma estatura média de 95,0 cm. A diferença ocorrida entre as estaturas obtidas (Tabela 6) e as estaturas descritas pelas Recomendações Técnicas para a cultura de Soja no Rio Grande do Sul e Santa Catarina, foi provocada pelo manejo empregado. Grassi Filho *et al.* (1992) estudando o efeito do Ca, B, Mo e Zn na produção de fitomassa seca de soja encontraram valores de 27,18 cm a 43,93 cm para a estatura de plantas de soja, cultivar Paraná. Santos *et al.* (2000) consideram que a estatura ideal para a cultura da soja, tendo em vista a colheita mecanizada, deva variar de 70 a 100 cm, tolerando-se, porém, até 50 cm em terrenos planos.

Para a variável número de nós na haste principal por planta de soja (Tabela 7) ocorreu diferenças, proporcionando média de 17,3 nós contra 16,9 nós da testemunha. A utilização de qualquer fonte de micronutrientes provoca o surgimento de um maior número de nós por planta de soja (Santos, 1999).

O parâmetro altura de inserção do 1º legume (Tabela 6) apresentou variação dos fatores estudados para a testemunha, demonstrando que as formulações diferentes das fontes estudadas promoveram o surgimento de órgãos frutíferos em altura diferenciada ao que ocasionalmente ocorre no cultivar de soja BR-16. Já Buzetti *et al.* (1989) verificaram que a altura de inserção da primeira vagem, em condições de casa-de-vegetação, não diferiu, mas em condições de campo, as plantas apresentam-se em média cinco centímetros mais baixos, aproximadamente, 23,4 cm em vasos para 17,69 cm a campo.

Na análise da Tabela 7 não se obteve diferenças entre as fontes de molibdênio. Entretanto, ocorreu diferença entre as fontes de molibdênio e a testemunha, de 6,6%, na formação de frutos com apenas um grão em que o cultivar BR-16 formou em média 10,4 legumes por planta.

Resultado similar ao que foi encontrado por Menezes *et al.* (1997), quando descreveram a produção de legumes com diferente número de grãos em cada planta, sendo que para o referido cultivar foi de 12% do total de legumes produtivos. Verifica-se, neste caso, que o fator ambiente exerce forte pressão na determinação do número de grãos por legume e, por conseguinte, existe a necessidade de um manejo adequado, considerando-se o tipo de solo, o tipo de adubação, as práticas agrônômicas utilizadas e, principalmente, a escolha do cultivar.

Para o número de legumes com dois grãos, pode-se verificar na Tabela 7, que houve diferença entre as fontes de molibdênio, mas todas superiores à testemunha. O cultivar BR-16 apresentou maior número de legumes com três grãos para a fonte Nectar, mantendo a mesma tendência entre todos os fatores estudados. Ao se verificar este fato, percebe-se que houve um comportamento diferenciado no trato com o nutriente molibdênio considerando-se cada fonte.

Na produção de legumes com três grãos (Tabela 7) verifica-se menor variabilidade entre as fontes, mantendo o tratamento Nectar com o melhor resultado e a testemunha com o pior, entretanto, neste caso pode-se inferir que houve tendência do fator genético do cultivar BR-16 influir para tal resposta, a partir de suas características intrínsecas.

Os legumes chochos e totais de legumes (Tabela 7) nos tratamentos aplicados sempre foram superiores à testemunha. A formação de frutos sem sementes é característica intrínseca como sua propriedade genética em que, naturalmente ocorre a formação de legumes improdutivos e, também pode ter ocorrido que as condições ambientais não foram as mais adequadas em termos de produção, o que potencializou essas características genéticas.

Na Tabela 8, observa-se uma diminuição no número de vagens chochas quando se adicionou molibdênio através de qualquer uma das fontes utilizadas, contudo, o tratamento com molibdênio aplicado na semente mostrou sensível melhora, pois houve 17,7 legumes sem grão ou chochos na testemunha contra uma média de 16,8 legumes chochos das fontes de molibdênio. Já, no caso dos legumes com grão, as diferenças de comportamento das fontes mostraram ocorrer diferenças entre o Nectar, Molybdate, MiqL-Mo. Isso demonstra a variabilidade de resposta do fator fonte de micronutriente dentro da nutrição do molibdênio.

O número total de legumes com grãos, produzidos por planta de soja (Tabela 8) apresentou uma diferença de 7,0% favorável à aplicação do micronutriente. Deve-se salientar que, o resultado encontrado era esperado, devido à capacidade produtiva do cultivar utilizado no experimento, pois o mesmo veio a confirmar os encontrados por Menezes *et al.* (1997) em que o cultivar BR-16 apresenta a característica de produzir mais legumes por planta.

Na Tabela 9 o número total de grãos produzidos foi favorável às fontes de aplicação de molibdênio, pois apresentou uma produção de 141,6 grãos por planta contra 126,5 da testemunha, isto é, em condições naturais sem aplicação de molibdênio, aproximadamente 10,7% de incremento na produção. Este resultado vem complementar aqueles expressos nas Tabelas 8 e 9. A testemunha sem aplicação de micronutriente, mesmo molibdênio ou outra associação, apresentou 165,2g contra uma média de 168,7g das fontes de molibdênio. Também na Tabela 9, encontra-se a variável produção por planta de soja, em que o cultivar BR-16 apresentou uma produção média de 24,0g referente às fontes de aplicação do molibdênio e 21,1g da testemunha.

Neste trabalho, a aplicação de molibdênio via semente através de várias fontes em associação com outros micronutrientes, apresentou na sua totalidade uma maior eficiência do que o tratamento testemunha sem aplicação de micronutrientes.

Na Tabela 10 o cultivar BR-16 apresentou em média dos tratamentos 7,71g de fitomassa seca para os legumes chochos, sendo 7,70g o valor médio para os tratamentos referentes às fontes de aplicação e 8,71g para o tratamento testemunha. Tais resultados mostram claramente que genótipos diferentes apresentam respostas diferentes e, basicamente essas respostas dependem das características intrínsecas de cada cultivar.

A mesma tendência estatística ocorreu com a fitomassa de legumes produtivos onde o cultivar BR-16 apresentou uma fitomassa substancial de legumes produtivos, portanto, pode-se inferir que as fontes de molibdênio utilizadas neste experimento, de uma forma mesmo que indireta, promoveram ou ajudaram na formação de legumes com mais fitomassa.

Vitti *et al.* (1984) estudando o efeito do fertilizante com molibdênio e cobalto na cultura da soja, verificaram que os acréscimos obtidos na produção de grãos de soja foram, devidos provavelmente ao papel desempenhado pelo molibdênio na constituição da molécula da nitrogenase e do cobalto no transporte de oxigênio, promovendo, em consequência, maior atividade na fixação do nitrogênio atmosférico (Andrew, 1962), bem como pela influência do molibdênio na síntese da redutase do nitrato (Malavolta *et al.*, 1997). Bueno *et al.* (1979) estudando os efeitos do molibdênio em soja aplicados em forma de frita e de molibdato de amônio, verificaram que as duas formas de aplicação proporcionaram aumentos positivos na produção de grãos (Tabela 10).

Na Tabela 11 com relação às fontes de molibdênio, verifica-se que houve diferenças entre as fontes estudadas, e todas levaram a uma maior produção de fitomassa seca nas hastes do que a testemunha, em aproximadamente 15,5%. Quando da avaliação dos dados obtidos nas hastes das plantas em plena floração, constata-se que houve acúmulo diferenciado de metabólitos. Esse resultado vem contribuir com o que já foi discutido quanto à diferença fenotípica na promoção do crescimento, em que o fator genético estimulou o crescimento desigual entre as fontes de molibdênio, apesar de que, em todas as situações, obteve-se uma eficiência maior no desenvolvimento das plantas quando comparadas com a testemunha que foi semeada sem a aplicação de micronutrientes.

A fitomassa seca da parte aérea da planta nada mais expressa do que o efeito dos demais componentes de produtividade e, no caso específico, demonstrou que com a aplicação do molibdênio na semente, independentemente da fonte estudada, obteve-se uma melhoria das funções das metabólicas nas plantas, permitindo uma utilização melhor dos elementos do meio e, conseqüentemente, uma tendência positiva de acumular mais fitomassa seca.

Na Tabela 12 são apresentados os valores de produtividade total de grãos de soja, verificando-se que houve diferença entre os tratamentos estudados. Segundo Rubin (1995), os ganhos genéticos em produtividade de grãos vêm diminuindo com o

decorrer do tempo, em função do alto potencial já alcançado e da constante utilização do mesmo germoplasma básico nos cruzamentos artificiais, caracterizando diminuição da variabilidade genética pelo crescente relacionamento entre os genótipos.

CONCLUSÕES

A aplicação de molibdênio via semente, independente da fonte utilizada, melhorou a emergência das plântulas, aumentou a massa de 1000 grãos e promoveu o aumento da produção de grãos de soja.

As diferenças em produtividade de grãos, entre as fontes de molibdênio estudadas, demonstraram o grande avanço proporcionado pelo uso de melhor tecnologia na utilização de micronutrientes e no manejo da cultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aghatise, V.O. & Tayo, T.O. Response of soybean (*Glycine max*) to molybdenum application in de Nigeria. CROP PRODUCTION. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v.64, n.9, p.597-603. September 1994.
- Andrew, C.S. Influence of nutrition on nitrogen fixation and growth of legues. In: **Australia Commonwealth Scientific and Industrial Organization. Division of Tropical Pastures** – A revieww of nitrogen in the tropics with particular reference to pastures; a symposium. Farnham Royal, Bucks Commonwealth Agricultural Bureaux, p.130-146. 1962.
- Bueno, L.C. de S.; Rezende, P.M. de; Paula, M.B. de. Efeitos de molibdênio em soja (*Glycine max* (L.) Merrill) aplicado na forma de frita e de molibdato de amônio. **Ciênc. Prat.** Lavras, v.3, n.1, p. 85-89, jan./jun. 1979.
- Buzetti, S.; Nakagawa, J.; Muraoka, T. **Avaliação das necessidades de enxofre e micronutrientes na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill); em solo sob vegetação de cerrado** – II. Científica, v.17, n.1, p.15-24, 1989.
- Carvalho, V.L.M. **Efeitos metabólicos da interação zinco x boro sobre o desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Carioca)**. Piracicaba: ESALQ, 1991. 144P. Tese (Doutor em Agronomia) – Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 1991.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO-RS/SC. **Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: 3º Edição, Passo Fundo, 1995. 223p.
- COSTA, J.A. & MARCHEZAN, E. Características dos estádios de desenvolvimento da soja. **Boletim Técnico**. Campinas: Fundação Cargill, 1982.

- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**- Brasília: EMBRAPA Produção de Informações; RJ: EMBRAPA Solos, 1999. xxvi, 412p.
- Ferreira, M. E., Cruz, M. C. P. **Micronutrientes na Agricultura**. Assoc. Bras. para Pesq. da Potassa e do Fosfato. Piracicaba-SP. 1991. 734 p.
- Forestieri, E.F.; DE – Polli, H. Calagem, enxofre e micronutrientes no crescimento do milho e da mucuna – preta num podzólico vermelho – amarelo. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, n.14, p.167-172, 1990.
- Grassi Filho, H.; Lima, L.A. de; Soares, E.; Casselli Junior, A.; Pierri, J.C. de. Efeito do Ca, B, Mo e Zn na produção de matéria seca de soja (*Glycine max*, L.). **Rev. de Agricultura**, Piracicaba, vol.67, fasc.1, 1992.
- Lantmann; A.F.; Sfredo, G.J.; Borket, C.M. & Oliveira, M.C.N. de. Resposta da soja ao molibdênio em diferentes níveis pH do solo. **Rev. Bras. Ci. Solo**. v.13, p.45-9, 1989.
- Malavolta, E. & Kliemann, H.J. **Desordens nutricionais no cerrado**. Piracicaba: POTAFOS, 1985. 136p.
- _____; Vitti, G.C.; Oliveira, S.A. **Avaliação de Estado Nutricional das Plantas – Princípios e aplicações**. 2º ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.
- Menezes, N.L. de; Garcia, D.C.; Rubin, S. de A.L.; Bernardi, G.E. Caracterização de vagens e sementes de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v.27, n.3, p.387-391, 1997.
- REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL. Recomendações Técnicas para a Cultura da Soja no Rio Grande do Sul e Santa Catarina, 1997. **XXV Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul**, Passo Fundo, RS, EMBRAPA-CNPT, 1997. 130p.
- Ribeiro, N.D. & Santos, O.S. Aproveitamento do zinco aplicado na nutrição da planta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.26, n.1, p.159-165, 1996.
- Rubin, S. de A.L. **Progresso do Melhoramento Genético da Soja no Estado do Rio Grande do Sul**, Santa Maria, 1995. 73p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria.
- Santos, O. S. O zinco na nutrição de leguminosas. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.34, n.330, p.26-32, 1981.
- Santos, O.S. Micronutrientes na cultura da soja. Encarte técnico. In: POTAFOS. **Informações agrônômicas**, Piracicaba, 1999. V.85.
- Santos, L.P.; Vieira, C.; Sedyama, C.S.; Sedyama, T. Adubação nitrogenada e molibídica da cultura da soja em Viçosa e Coimbra, Minas Gerais. **Revista Ceres**, v.47, n.269, p.33-48, 2000.
- Vargas, M.A.T.; Hungria, M. (Ed.). **Biologia dos solos dos cerrados**. Planaltina : Embrapa-CPAC, 1997. p. 295-360.

TABELA 1 - Resultado da análise química do solo obtida antes da instalação do experimento. Santa Maria, RS – UFSM. 1997/1998.

Parâmetros/profundidades	0 – 20 cm	20 – 40 cm	0 – 40 cm
Argila (%)	29	34	31
pH	5,6	4,7	4,9
Índice SMP	5,9	5,2	5,4
P (ppm)	7,7	3,2	5,6
K (ppm)	96	52	67
Cu (ppm)	1,3	1,6	1,6
Mn (ppm)	12	9	9
B (ppm)	0,3	0,4	0,3
Mo (ppm)	0,01	0,02	0,03
S (ppm)	2,0	2,7	2,2
Zn (ppm)	0,8	0,5	0,6
Al (me/dl)	0,0	0,9	0,7
Ca (me/dl)	6,0	3,8	4,1
Mg (me/dl)	3,0	2,1	2,4
CTC (me/dl)	13,2	13,4	13,4
H + Al	3,8	7,2	6,9
M.O. (%)	3,2	2,6	2,7
Saturação de Bases (%)	70	45	49
Saturação de Al (%)	0,0	6,7	6,9

Análise realizada no laboratório de Análises do Departamento de Solos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

TABELA 2 - Composição dos tratamentos utilizados no experimento. Santa Maria, RS. 1997/1998

TRATAMENTO	COMPOSIÇÃO
T1 – testemunha	-
T2 – Nectar	250 g Mo + 25 g Co/L
T3 – Molybdate	250 g Mo/L
T4 – MIQL – Mo	250 g Mo/L

TABELA 3 - Plântulas de soja emergidas por metro aos 10 dias após a semeadura em Função das fontes de molibdênio. Santa Maria, RS – UFSM. 1997/1998.

Tratamento/variáveis	Emergência de plântulas ¹
Testemunha	9,3 b
Nectar	11,9 a
Molybdate	11,7 a
MIQL-Mo	11,6 a
C.V. (%)	16.83

¹ Em cada coluna, médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey $p < 0,05$.

TABELA 4 – Fitomassa seca de folhas, hastes, pecíolo e total de plantas de soja em floração plena, ocorrida em função das fontes de molibdênio. Santa Maria, RS – UFSM. 1997/1998¹.

Tratamento/ parâmetros	Fitomassa seca da parte aérea					
	Folhas ²		Hastes e pecíolos ²		Parte aérea total ²	
Testemunha	5,08	d	7,03	c	12,68	c
Nectar	5,83	a	7,97	a	13,99	a
Molybdate	5,57	b	7,76	b	13,57	b
MIQL-Mo	5,57	b	7,74	b	13,56	b
C.V. (%)	17,17		15,72		21,89	

¹ – Fitomassa seca em gramas por planta.

² – Em cada coluna, médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey $p < 0,05$.

TABELA 5 - Área foliar, índice de área foliar e Razão de massa foliar de plantas de soja em pleno florescimento em função das fontes de molibdênio. Santa Maria, RS. UFSM 1997/1998¹.

Tratamento/ parâmetros	Área foliar	Índice de área foliar	Razão de massa foliar
	(cm ²)	(g cm ²)	(g cm ²)
Testemunha	6986 b	4,20 b	0,37 b
Nectar	8701 a	5,23 a	0,46 a
Molybdate	8647 a	5,20 a	0,46 a
MIQL-Mo	8636 a	5,19 a	0,46 a
C.V. (%)	23,72	24,90	2,76

¹ – Em cada coluna, médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey $p < 0,05$.

TABELA 6 - Estatura da planta, número de nós na haste principal e altura de inserção do 1º legume em plantas de soja, ocorrida em função das fontes de molibdênio. Santa Maria, RS. UFSM. 1997/98¹.

Tratamento/ parâmetros	Características Fenométricas		
	Estatura de planta²	Número nós²	Altura de inserção do 1º Legume²
Testemunha	81,9 b	16,9 b	24,5 c
Nectar	87,3 a	17,3 a	26,1 a
Molybdate	86,7 a	17,3 a	26,1 a
MIQL-Mo	86,7 a	17,3 a	26,1 a
C.V. (%)	4,32	1,65	9,15

¹ – Estrutura da planta e Inserção do 1º legume em cm.

² – Em cada coluna, médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo Teste Tukey $p < 0,05$.

TABELA 7 - Legume com 1, 2 e 3 grãos por planta de soja, ocorrido em função das fontes de molibdênio. Santa Maria, RS. UFSM. 1997/1998¹.

Tratamento/ parâmetros	Características Fisiológicas		
	Legume com 1 grão¹	Legume com 2 grãos¹	Legume com 3 grãos¹
Testemunha	10,4 b	38,9 c	15,6 c
Nectar	8,3 a	33,1 a	19,2 a
Molybdate	8,8 a	34,2 b	17,4 b
MIQL-Mo	8,7 a	34,8 b	17,1 b
C.V. (%)	7,27	5,84	9,66

¹ – Em cada coluna, médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey $p < 0,05$.

TABELA 8 - Legumes chochos, totais de legumes com grão e total legumes por planta de soja, ocorrido em função das fontes de molibdênio. Santa Maria, RS. UFSM. 1997/1998.

Tratamento/ Parâmetros	Características Fisiológicas		
	Legume chochos ¹	Legume com grão ¹	Total de legumes ¹
Testemunha	17,7 b	57,2 c	77,2 b
Nectar	16,5 a	67,6 a	83,9 a
Molybdate	16,8 a	66,1 a	82,7 a
MIQL-Mo	16,8 a	65,7 ab	82,7 a
C.V. (%)	9,44	7,52	6,77

¹ - Em cada conjunto de valores, as médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5%

TABELA 9 - Grãos por planta, massa de mil grãos de soja e produção por planta, ocorrido em função das fontes de molibdênio. Santa Maria, RS. UFSM. 1997/1998¹.

Tratamento/ Parâmetros	Características Fisiológicas		
	Grãos por planta	Massa de mil grãos ²	Produção por planta ²
Testemunha	126,5 b	165,2 b	21,1 b
Nectar	142,3 a	169,7 a	24,3 a
Molybdate	141,7 a	168,6 a	24,1 a
MIQL-Mo	141,7 a	168,6 a	23,9 a
C.V. (%)	6,92	1,67	12,48

¹ - Em cada conjunto de valores, as médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5%.

² - Peso em gramas.

TABELA 10 - Fitomassa seca dos legumes chochos, dos legumes produtivos e dos grãos produzidos por planta, ocorrido em função das fontes de molibdênio. Santa Maria, RS. UFSM. 1997/1998¹.

Tratamento/ parâmetros	Características Fisiológicas		
	FS de legumes chochos ²	FS de legumes produtivos ²	FS dos produtivos ² grãos
Testemunha	8,71 b	57,43 b	17,87 b
Nectar	7,65 a	64,54 a	20,92 a
Molybdate	7,54 a	64,01 a	19,96 a
MIQL-Mo	7,52 a	63,97 a	19,82 a
C.V. (%)	17,57	19,23	15,41

¹ - Em cada colunas, médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey $p < 0,05$.

TABELA 11 - Fitomassa seca de hastes e a fitomassa seca total da parte aérea produzida até a colheita por planta de soja, ocorrido em função das fontes de molibdênio. Santa Maria, RS. UFSM. 1997/1998.

Tratamento/ parâmetros	Características Fisiológicas ¹	
	FS de hastes na colheita	FS da parte aérea total na colheita
Testemunha	124,45 c	209,12 b
Nectar	147,73 a	242,05 a
Molybdate	146,74 a	241,76 a
MIQL-Mo	145,97 ab	241,75 a
C.V. (%)	16,95	15,42

¹ - Em cada coluna, médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey $p < 0,05$.

² - Fitomassa seca em gramas por planta.

TABELA 12. Produtividade total de grãos de soja, ocorrida das fontes de molibdênio. Santa Maria, RS. UFSM. 1997/1998¹.

Tratamento/parâmetros	Produtividade total de grãos²
Testemunha	2911 b
Nectar	3672 a
Molybdate	3597 a
MIQL-Mo	3574 a
C.V. (%)	14,63

¹ – Em cada coluna, médias seguidas de mesma letra não diferiram entre si pelo Teste de Tukey $p < 0,05$.

² – Produtividade de grãos em Kg ha⁻¹