

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

EFEITOS DA APLICAÇÃO DE NUTRIENTES NA PRODUTIVIDADE E
QUALIDADE DE SEMENTES DE SOJA

SANDRA APARECIDA DE SOUZA

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Câmpus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia (Agricultura)

BOTUCATU/SP

Outubro - 2008

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÔNICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

EFEITOS DA APLICAÇÃO DE NUTRIENTES NA PRODUTIVIDADE E
QUALIDADE DE SEMENTES DE SOJA

SANDRA APARECIDA DE SOUZA

ORIENTADOR: Prof. Dr. CLÁUDIO CAVARIANI

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agrônômicas da UNESP – Câmpus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia (Agricultura)

BOTUCATU/SP

Outubro – 2008

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: EFEITOS DA APLICAÇÃO DE NUTRIENTES NA PRODUTIVIDADE E
QUALIDADE DE SEMENTES DE SOJA.

ALUNA: SANDRA APARECIDA DE SOUZA

ORIENTADOR: PROF. DR. CLAUDIO CAVARIANI

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. CLAUDIO CAVARIANI



PROF. DR. JOÃO NAKAGAWA



PROF. DR. JOSÉ DE BARROS FRANÇA NETO



PROFA. DRA. ANA DIONISIA DA L. COELHO NOVEMBRE



PROF. DR. MARCO EUSTAQUIO DE SA

Data da Realização: 19 de dezembro 2008.

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Souza, Sandra Aparecida de, 1973-
S723e Efeitos da aplicação de nutrientes na produtividade e qualidade de sementes de soja / Sandra Aparecida de Souza.- Botucatu : [s.n.], 2008.
viii, 56 f. : gráfs., tabs.

Tese (Doutorado)-Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2008
Orientador: Cláudio Cavariani
Inclui bibliografia

1. Soja. 2. Sementes - Qualidade. 3. Produtividade. 4. Nutrientes. I. Cavariani, Cláudio. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu) Faculdade de Ciências Agronômicas. III. Título.

Ao meu marido, Flávio Augusto Silveira Amaral, que sempre esteve ao meu lado,
A minha mãe Ana Aparecida de Souza,
E a minha querida sogra Dina do Amaral, sempre presente, mesmo nos seus momentos
mais difíceis.

A vocês dedico este trabalho

As minhas filhas Yasmín e Nicole,
Jóias preciosas do Senhor,
Ofereço

AGRADECIMENTOS

À Deus por me conceder mais uma oportunidade de aprender.

Ao Prof. Dr. Cláudio Cavariani, pela orientação no trabalho que gerou esta tese.

À Faculdade de Ciências Agrônômicas, pelo curso de Pós Graduação.

A CAPES, pela concessão da bolsa de estudos durante o curso de doutorado.

Aos Professores Drs. Ana D. Novembre, José de Barros França Neto, Marco Eustáquio de Sá e João Nakagawa, pela disponibilidade e sugestões na elaboração final desta Tese;

À Profa. Dra. Cibele Chalita Martins, pela amizade, apoio e sugestões.

Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal – Agricultura, em especial à Valéria, Vera e Lana, pela amizade e incentivo.

Aos funcionários da Biblioteca Paulo Carvalho de Matos.

Aos funcionários do Laboratório de Relação Solo-Planta, pelo auxílio na avaliação da composição química das sementes.

Aos funcionários de campo, pela contribuição na instalação e condução do experimento em campo.

Às amigas do Laboratório de Análise de Sementes, Carolina, Carla, Nara, Fabiany, Líbia e Camila.

E a todos aqueles que, de alguma maneira, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	VII
LISTA DE FIGURAS.....	VIII
RESUMO.....	1
SUMMARY.....	3
1. INTRODUÇÃO.....	5
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	7
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	14
3.1 Avaliações no campo.....	15
3.2 Avaliações em laboratório.....	19
3.2.1 Determinação do teor de água das sementes.....	19
3.2.2 Massa de 100 sementes.....	20
3.2.3 Teste de germinação.....	20
3.2.4 Primeira contagem do teste de germinação.....	20
3.2.5 Teste de Comprimento de plântulas.....	20
3.2.6 Envelhecimento acelerado.....	21
3.2.7 Teste de condutividade elétrica.....	21
3.2.8 Teste de emergência de plântulas no campo.....	22
3.3 Composição química das sementes.....	22
3.3.1 Teor de nutrientes nas sementes.....	22
3.3.2 Teor de proteína nas sementes.....	22
3.4 Análise estatística.....	22
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
4.1 Experimento em campo.....	23
4.2 Componentes da produção e produtividade de sementes.....	24
4.3 Qualidade fisiológica das sementes.....	29
4.4 Composição química das sementes.....	34
4.5 Considerações gerais.....	41
5. CONCLUSÕES.....	43
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44

LISTA DE TABELAS

		Página
1	Características químicas iniciais do solo da área experimental, na profundidade de 0-20 cm.	15
2	Tratamentos fitossanitários realizados no experimento em campo.	16
3	Valores médios de comprimento da parte aérea de plantas (CP), comprimento de inserção da primeira vagem (CIPV), número de vagens/planta (V/P), número de vagens chochas/planta (CH/P), número de sementes por vagem (S/V), massa de 100 sementes (M100) e produção de sementes (P) de soja, em função dos tratamentos aplicados. Botucatu – SP, 2006/2007.	21
4	Valores médios imediatamente após a colheita de teor de água (TA), primeira contagem da germinação (PCG), germinação (GERM), e dos testes de vigor: condutividade elétrica (CE), envelhecimento acelerado (EA), comprimento de raiz (CR), comprimento da parte aérea (CPA) e da emergência de plântulas no campo (EPC) de sementes de soja, cultivar BRS 232, em função dos tratamentos aplicados. Botucatu-SP, 2006/2007.	29
5	Valores médios, seis meses após a colheita, de teor de água (TA), primeira contagem da germinação (PCG), germinação (GERM), e dos testes de vigor: condutividade elétrica (CE), envelhecimento acelerado (EA), comprimento de raiz (CR), comprimento da parte aérea (CPA) e da emergência de plântulas no campo (EPC) de sementes de soja, cultivar BRS 232, em função dos tratamentos aplicados.	33
6	Valores médios dos teores dos macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), e de proteína bruta (PB), de sementes de soja cv. BRS 232, em função dos tratamentos aplicados. Botucatu-SP, 2006/2007.	35
7	Valores médios dos teores de micronutrientes cobre (Cu), ferro (Fe), zinco (Zn), manganês (Mn), boro (B) e molibdênio (Mo) de sementes de soja cv. BRS 232 em função dos tratamentos aplicados. Botucatu-SP, 2006/2007.	38

LISTA DE FIGURAS

	Página
1 Dados médios de precipitação pluvial total e de temperaturas médias máximas e mínimas mensais durante o período de condução do experimento em campo. Botucatu/SP, 2006/2007.	15

RESUMO

A nutrição das plantas progenitoras pode afetar a produção e a qualidade fisiológica das sementes tendo em vista que a disponibilidade de nutrientes influencia a formação do embrião e o acúmulo de reservas da semente. No presente trabalho, objetivou-se avaliar a produtividade, qualidade fisiológica e composição química de sementes de soja (*Glycine max* L. Merrill), em resposta à adubação via sementes com Mo e Co, foliar com Mo, Co, Zn, Mn, B, Cu e K e a adubação do solo em cobertura com K. Utilizou-se o esquema em blocos casualizados, com quatro repetições, sendo os tratamentos estabelecidos da seguinte forma: T1 - testemunha – inoculação; T2 - inoculação + sementes tratadas com Co e Mo; T3 - inoculação + sementes tratadas com Co e Mo + 400 g.ha⁻¹ de Mo no estágio R3 + 400 g.ha⁻¹ de Mo no estágio R5-4, via foliar; T4 - inoculação + sementes tratadas com Co e Mo + 2 g.ha⁻¹ de Co + 25 g.ha⁻¹ Mo no estágio V4, via foliar; T5 - inoculação + sementes tratadas com Co e Mo + 500 g.ha⁻¹ de sulfato de manganês + 500 g.ha⁻¹ de nitrato de potássio nos estádios R2, R2 + 10 dias e R2 + 25 dias, via foliar; T6 - inoculação + sementes tratadas com Co e Mo + 500 g.ha⁻¹ de sulfato de zinco + 300 g.ha⁻¹ de nitrato de potássio nos estádios R2, R2 + 10 dias e R2 + 25 dias, via foliar; T7 - inoculação + sementes tratadas com Co e Mo + 400 g.ha⁻¹ de ácido bórico nos estádios R2, R2 + 10 dias e R2 + 25 dias, via foliar; T8 - inoculação + sementes tratadas com Co e Mo + 300 ml.ha⁻¹ de cobre quelatizado com EDTA (6,5% - d=1,38g/mL) nos estádios R2, R2 + 10 dias e R2 + 25 dias, via foliar; T9 - inoculação + sementes tratadas com Co e Mo + 150 kg.ha⁻¹ de sulfato de potássio no estágio R2, aplicado

no solo e T10 - inoculação + sementes tratadas com Co e Mo + 500 g.ha⁻¹ de sulfato de manganês + 500 g.ha⁻¹ de sulfato de zinco + 200 g.ha de ácido bórico + 100 g.ha⁻¹ de molibdênio + 550 ml.ha⁻¹ de cobre quelatizado com EDTA, via foliar via foliar nos estádios R2, R2 + 10 dias e R2 + 25 dias, mais 500 g.ha⁻¹ de nitrato de potássio + 250 kg.ha⁻¹ de cloreto de potássio no estágio R2, aplicado no solo. Avaliou-se a produção, os componentes da produtividade, a qualidade fisiológica das sementes pelos testes de germinação, e vigor, incluindo a primeira contagem de germinação, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica, comprimento de plântulas e emergência de plântulas no campo. A qualidade fisiológica das sementes foi avaliada imediatamente após a colheita e aos seis meses da colheita. Em relação à produção, verificou-se que houve diferenças significativas entre os tratamentos aplicados e a testemunha. Aplicações foliares de ácido bórico e de cobre quelatizado com EDTA influenciam negativamente a qualidade fisiológica das sementes de soja. Os teores de macronutrientes e de proteína de sementes de soja não são influenciados pela aplicação de nutrientes às plantas, com excessão do P. Os teores de boro e molibdênio de sementes de soja foram influenciados, positivamente, por aplicações foliares de ácido bórico e de molibdênio, respectivamente.

Palavras-Chave: soja, sementes, produtividade e qualidade .

EFFECTS OF NUTRIENT APPLICATION ON PRODUCTIVITY AND QUALITY OF SOYBEAN SEEDS. Botucatu, 2008. p.

Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: SANDRA APARECIDA DE SOUZA

Adviser: CLÁUDIO CAVARIANI

SUMMARY

Nutrition of mother plants may also affect production and physiological quality of seeds considering that nutrient availability influences embryo formation as well as accumulation of reserve compounds. The present research had the objective of evaluating productivity, physiological quality and chemical compound of soybean seeds [*Glycine max* (L.) Merrill] responding to seeds fertilization with Mo and Co, leaf fertilization with Mo, Co, Zn, Mn, B, Cu and K and top dressing fertilization with K. Randomized complete blocks were used with four replication. Treatments were organized as: T1 - control – seeds treated with inoculant; T2 - seeds treated with inoculant, Co and Mo; T3 - seeds treated with inoculant, Co and Mo + 400 g Mo applied at R3 + 400 g Mo at R5-4; T4 - seeds treated with inoculant, Co and Mo + 32 mL.ha⁻¹ Co buffered with EDTA and 25 g.ha⁻¹ Mo at V4; T5 - seeds treated with inoculant, Co and Mo + 500 g.ha⁻¹ manganese sulfate + 500 g.ha⁻¹ potassium nitrate at R2, R2 + 10 days e R2 + 25 days; T6 - seeds treated with inoculant, Co and Mo + 500 g.ha⁻¹ zinc sulfate + 300 g.ha⁻¹ potassium nitrate at R2, R2 + 10 days e R2 + 25 days; T7 - seeds treated with inoculant, Co and Mo + 400 g.ha⁻¹ boric acid at R2, R2 + 10 days e R2 + 25 days; T8 - seeds treated with inoculant, Co and Mo + 300 mL.ha⁻¹ buffered copper with EDTA at R2, R2 + 10 days e R2 + 25 days; T9 - seeds treated with inoculant, Co and Mo + 150 kg.ha⁻¹ potassium sulfate applied in soil at R2 level and T10 - seeds treated with inoculant, Co and Mo + 100 g.ha⁻¹ molybdenum + 550 mL.ha⁻¹ buffered copper with EDTA + 500 g.ha⁻¹ manganese sulfate + 500 g.ha⁻¹ zinc sulfate + 200 g.ha⁻¹ boric acid, applied at R2, R2 + 10 days and R2 + 25 days + 500 g.ha⁻¹ of potassium nitrate + 250 kg.ha⁻¹ potassium chlorate applied to soil at R2 level.

Production and productivity compounds were determined and seed physiological quality was evaluated by means of germination and vigor test, including first count germination, accelerated aging, electrical conductivity, seedling field emergence and seedling length. Seed physiological quality was evaluated immediately after harvest and six months later. Concerning productivity, it was observed a significant difference between of control treatment and the treatments with fertilization. Leaf application of B e Cu provided less physiological quality of soybean seeds. Contents of macronutrients and protein in seeds were not influenced by treatments with the exception of P. Content of B and Mo in seeds were influenced positively by applications of these elements.

Key words: soybean, seeds, productivity and quality

1. INTRODUÇÃO

A qualidade fisiológica das sementes, de fundamental importância para obtenção de elevadas produtividades, pode ser influenciada negativamente pela deterioração provocada por fatores climáticos adversos verificados ao longo do processo de produção. As alterações bioquímicas e fisiológicas decorrentes da deterioração podem determinar reduções no período de viabilidade, na capacidade germinativa e no vigor, como consequência, entre outras, da desestruturação dos sistemas de membranas celulares e, assim, elevação da permeabilidade celular (CARVALHO, 1994).

A nutrição das plantas progenitoras pode afetar o rendimento de grãos e também a qualidade fisiológica das sementes, tendo em vista que a disponibilidade de nutrientes influencia a formação do embrião e o acúmulo dos componentes de reserva.

Os nutrientes exercem papel fundamental durante as fases de formação, de desenvolvimento e de maturação das sementes por influenciar, principalmente, a constituição das membranas e o acúmulo de carboidratos, de lipídios e de proteínas (SÁ, 1994).

Os micronutrientes exercem diversas funções importantes na planta e uma das mais relatadas é a de participação como ativadores de algumas enzimas que promovem a permeabilidade das membranas e o crescimento das plantas.

Os micronutrientes vêm sendo estudados em função dos benefícios que promovem na produção e na qualidade das sementes, no entanto, os resultados nem sempre

são consistentes, variando em função do tipo de nutriente aplicado, da fase de desenvolvimento em que foi aplicado, da dosagem, entre outros (SÁ, 1994).

Os problemas com micronutrientes podem ocorrer por indução, ou seja: o excesso de adubação fosfatada promovendo deficiências de zinco e de manganês; a calagem, excessiva insolubilizando formas de zinco e de manganês; a calagem em quantidade sub-estimada ou mal incorporada, comprometendo a disponibilidade de molibdênio e, baixos níveis de matéria orgânica no solo, induzindo às deficiências de zinco, molibdênio e cobre (SFREDO, 2008).

O objetivo do presente trabalho foi verificar os efeitos da aplicação de Co e Mo nas sementes, Co, Mo, Zn, Mn, B, Cu e K em aplicações foliares e K em cobertura do solo na produtividade, na qualidade fisiológica e na composição química das sementes de soja.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A soja, nos últimos 10 anos, tornou-se a maior geradora de divisas do agronegócio brasileiro. A cultura ocupa uma área e produção de aproximadamente 21 milhões de hectares e de 51 milhões de toneladas de grãos respectivamente. Com essa produção, a demanda por sementes foi em torno de um milhão de toneladas (IBGE, 2006).

A utilização de sementes de alta qualidade constitui prática relevante ao estabelecimento e desenvolvimento da cultura no campo. Conforme Dickson (1980), sementes de alta qualidade são aquelas que apresentam germinação elevada, rápida e uniforme, produzem plantas vigorosas e sem defeitos, com alta produção e sob diferentes condições ambientais.

A qualidade é entendida como um conjunto de atributos, ou características, das sementes que influencia o desempenho esperado delas. Em termos de cada semente, individualmente, estes atributos incluem pureza genética, dano mecânico, viabilidade, vigor, infecções por patógenos, danos causados por insetos, uniformidade de tratamento, tamanho e aparência. Em termos de uma população de sementes, ou lote, as características de qualidade incluem o teor de água, incidência de contaminantes, uniformidade e potencial de rendimento.

Estes atributos determinam o estabelecimento adequado das plantas no campo e, sob condições ambientais satisfatórias, rendimentos elevados. Trabalhos na literatura têm demonstrado relação entre qualidade das sementes e desempenho em condições de campo

para milho (GRABE, 1966), soja (POPINIGIS, 1973), amendoim (CARVALHO e TOLEDO, 1978), entre outros.

A soja é uma cultura exigente em termos nutricionais e bastante eficiente em absorver e translocar nutrientes, principalmente nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca), fósforo (P), magnésio (Mg) e enxofre (S). Os nutrientes exportados em maior quantidade são: N, K, S e P. O período de absorção de maiores quantidades dos nutrientes, correspondente à fase de desenvolvimento da planta, estende-se desde V2 (folha trifoliolada completamente desenvolvida) até R5 (início de enchimento de grãos). A velocidade de absorção aumenta durante a floração e o início de enchimento dos grãos (EMBRAPA, 2007).

Os efeitos dos nutrientes minerais para o crescimento e para a produção são estudados, usualmente, em termos das suas funções no metabolismo das plantas e no seu crescimento. Qualquer alteração no nível e ou equilíbrio destes nutrientes implica na alteração no metabolismo, alterando a morfologia, a anatomia e a composição das sementes.

O estado nutricional das plantas, estudado em vários trabalhos, influencia o tamanho, a massa e o vigor das sementes e, em muitas situações, os efeitos podem estar ligados à permeabilidade e integridade das membranas dos tecidos das sementes, se considerando que diversos nutrientes atuam como ativadores enzimáticos ou constituem os componentes dessas membranas (SOUZA, 1988; KRZYZANOWSKI et al., 1991; SILVA FILHO, 1994; LIMA, 1996; BECKERT et al., 2000).

A adubação potássica é citada como de fundamental importância para a produção de sementes de soja. Os principais benefícios do potássio na cultura da soja são redução da deiscência das vagens, redução do nível de *Phomopsis* sp. na semente (FRANÇA NETO et al., 1985), uniformização da maturação das plantas, aumento da germinação e aumento da massa de 100 sementes.

O potássio tem, também, influência positiva sobre as características de qualidade de sementes em milho, trigo e centeio, como maior velocidade de germinação em função da aplicação do K devido, possivelmente, à ação do nutriente sobre o conteúdo de enzimas das sementes (ALTENS e SCHULTE, 1942 citado por SÁ, 1994).

França Neto et al. (1985) estudaram os efeitos de doses e formas de aplicação de potássio sobre a qualidade física, fisiológica e sanitária de sementes de soja; foi

observado que a qualidade fisiológica, avaliada pelos testes de germinação, de emergência de plântulas em areia, de envelhecimento acelerado e de tetrazólio, foi significativamente superior nos tratamentos com doses iguais e superiores a 80 kg/ha de K₂O. A qualidade sanitária das sementes foi também melhorada com a aplicação de potássio, mediante a significativa redução dos índices de infecção das sementes por *Phomopsis* sp. Aumentos na produtividade da soja também foram observados por Jeffers et al. (1982) com a aplicação de potássio. No entanto, o efeito da aplicação sobre a qualidade das sementes nem sempre é concordante, com respostas variáveis em função da espécie, das condições ambientais, bem como do estágio de desenvolvimento da planta e do nutriente aplicado (SÁ, 1994).

Os micronutrientes têm múltiplas funções e, dentre elas, são ativadores de algumas enzimas que promovem o crescimento da planta. A deficiência de micronutrientes ocorre, comumente, em situações de cultivo em solo com baixa fertilidade, em solos com utilização intensiva de técnicas agrícolas que contribuem para a retirada crescente desses elementos e, também, a utilização de fosfatos no solo que contribui para a baixa disponibilidade dos micronutrientes.

O molibdênio é um micronutriente de importantes funções nas plantas, como nas reações de transferência de elétrons, participação como cofator das enzimas nitrogenase, redutase do nitrato e oxigenase do sulfato e na formação da proteína Mo-Fe-S. Pode ser fornecido às plantas, de acordo com Vidor e Peres (1988), como adubo de solo, por pulverização foliar, ou juntamente com as sementes.

O molibdênio, assim como a maioria dos micronutrientes, torna-se indisponível em solos ácidos, ou seja, quanto maior a acidez do solo mais insolúvel e menor a disponibilidade para a planta; por outro lado, a correção da acidez do solo pode corrigir a deficiência de Mo para as plantas (QUAGGIO et al., 1988), aumentando, assim, as condições para a maior absorção de Mo.

Rubin et al. (1995) constataram, na condição do solo sem adição de calcário, resposta positiva do tratamento de sementes com molibdênio sobre o rendimento de grãos; na condição com calcário não ocorreu resposta à aplicação de molibdênio, de zinco, de boro e de cobalto nas sementes. Assim, a utilização de molibdênio aplicado nas sementes de soja pode ser uma alternativa para disponibilizar este nutriente para a planta quando não for feita a perfeita correção de acidez do solo.

Resposta positiva da soja à aplicação de molibdênio, via semente, em função da ausência de calcário, foi observada quando os solos apresentavam acidez (LANTMANN et al., 1985). No entanto, em trabalhos realizados no CNPSo, a partir da safra de 1992/1993, obteve-se respostas a alguns produtos comerciais contendo cobalto e molibdênio, aplicados via semente, mesmo em pH acima de 5,3 em CaCl_2 . Provavelmente, devido ao maior potencial produtivo da soja, quando comparado com cultivares utilizados em anos anteriores e à falta de reposição dos nutrientes extraídos pelas plantas, nas quantidades exigidas (SFREDO, 2008).

Voss e Pottker (2001) verificaram que a calagem realizada na superfície de um solo argiloso, em sistema de plantio direto, promoveu elevação da produção de grãos de soja, mas inferior à obtida com a aplicação apenas do molibdênio via foliar ou nas sementes.

É recomendado o fornecimento de 2 a 3 $\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$ de cobalto e de 12 a 30 $\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$ de molibdênio, que são nutrientes essenciais para a fixação biológica do nitrogênio e, também, o molibdênio é essencial para a redução de nitrato a amônio, na planta (SFREDO et al., 1997). A aplicação desses micronutrientes pode ser realizada via semente ou foliar, nos estádios de desenvolvimento V3 a V5 (SFREDO, 2008).

As quantidades de molibdênio requeridas pelas plantas são pequenas. Portanto, segundo alguns pesquisadores, sua aplicação juntamente com o tratamento fungicida de sementes constitui a forma mais prática e econômica de correção da deficiência (PARDUCCI et al., 1989). Conforme Voss e Pottker (2001), em experimento realizado com adubação com molibdênio em soja, as aplicações foliares ou nas sementes apresentaram resultados equivalentes quanto a sua eficiência. Todavia, experimentos realizados por Santos et al. (2004) revelaram eficiência superior da adubação com molibdênio no tratamento de sementes, em relação à aplicação foliar, por requerer doses menores para resultados semelhantes.

Buzetti et al. (1981) encontraram aumentos significativos no rendimento de grãos de soja com a aplicação de 400 $\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$ de molibdato de Na no solo. Aumentos na produtividade de soja também foram observados por Vitti et al. (1984).

Sfredo et al. (1997) verificaram aumento na produtividade e na porcentagem de proteína nas sementes da soja com a aplicação de molibdênio nas sementes.

Constataram acréscimos na média de 29% na produtividade em experimentos realizados em três anos em diferentes locais.

Contrariamente, Gris et al. (2005) não constataram aumento na produtividade da soja com a aplicação de molibdênio foliar ou na semente; no entanto, foi observada redução da produção em relação à testemunha, em função de aplicações de altas doses de molibdato de amônio (160 g.ha^{-1}).

Efeito significativo da aplicação de Mo foliar na produção de soja foi verificado por Santos et al. (2000) em experimentos realizados em Viçosa e Coimbra - MG, com incrementos de 19,7% e 32,4%, proporcionado por doses de 93 e 100 g.ha^{-1} de Mo, respectivamente, mas com tendência de aumento do rendimento com as maiores doses de Mo. Foi constatado, ainda, resultados positivos da aplicação de Mo no teor de proteínas das sementes e ausência de efeitos na altura de plantas e na altura da inserção da primeira vagem.

Segundo Tanaka et al. (1993), maior produtividade de soja foi proporcionada pelo tratamento correspondente à aplicação de 20 g.ha^{-1} de Mo, na forma de Quimol. Neste mesmo experimento não foram observados acréscimos significativos na produtividade com a aplicação de boro, cobre e zinco e a aplicação de molibdênio não alterou a concentração de nitrogênio das folhas, coletadas na época do florescimento.

Assim como para a cultura da soja, diversos trabalhos de pesquisa têm relatado os efeitos da aplicação do molibdênio e outros micronutrientes na produtividade e qualidade de sementes do feijoeiro.

Trabalhos desenvolvidos por Araújo (1987) em feijoeiro mostraram que a produção de grãos, o número de vagens e o de grãos/planta não foram influenciados por doses de molibdênio ($10, 20$ e 30 g.ha^{-1}) aplicadas às sementes.

Machado et al. (1979) estudaram os efeitos de fósforo, molibdênio e cobalto no rendimento do feijoeiro comum, somente o fósforo proporcionou aumento no rendimento de grãos. Conforme Braga (1972), em experimento com feijão variedade Rico 23, avaliando os efeitos da aplicação de enxofre, boro e molibdênio na produção do feijoeiro, o melhor resultado obtido foi com a aplicação do boro, seguido do molibdênio, cuja produção máxima foi alcançada com a dosagem de $13,5 \text{ g de Mo.ha}^{-1}$.

Efeitos positivos da aplicação foliar com molibdênio na produtividade do feijoeiro também foram observados por Berger (1996), Vieira et al. (1992), Amane et al.

(1994) e Diniz et al. (1995). Também Ambrosano et al. (1996) verificaram aumento significativo na produtividade do feijoeiro, cultivar IAC-Carioca, em relação à testemunha em estudo sobre aplicação de micronutrientes via solo e foliar. No entanto, os tratamentos não influenciaram a porcentagem de germinação e de plântulas anormais.

Outros micronutrientes foram objeto de estudos para avaliação de seus efeitos na produtividade e na qualidade das sementes, como o manganês, o zinco, o cobre e o cobalto (ROCHA e COSTA, 2008; TEIXEIRA et al, 2005; CAMPO e LANTMANN, 1998; LANTMANN et al., 1989; VITTI et al., 1984).

O manganês desempenha papel fundamental na alongação celular, na biossíntese da clorofila, de glicolipídios e de ácidos graxos da membrana dos cloroplastos (CONSTANTOPOULOS, 1970), manutenção da integridade funcional da membrana cloroplasmática (TEICHLER-ZALLEN, 1969), controle hormonal (AIA) (MORGAN et al., 1976) e síntese de proteínas e RNA (LYTTETON, 1960). Em situação de deficiência, podem inibir a síntese de lipídios ou metabólitos secundários, como o ácido giberélico e os isoprenóides (MALAVOLTA et al., 1997).

Segundo Burnell (1988), o manganês participa como catalizador em atividades enzimáticas, como malato desidrogenase, fosfatase ácida, superóxidesmutase, entre outras.

De acordo com resultados constatados por Teixeira et al. (2005) em feijoeiro, a adubação foliar com manganês e zinco correspondeu a acréscimos lineares nos teores de Mn e Zn nas sementes; a qualidade fisiológica das sementes não foi influenciada pela adubação com zinco, mas a adubação mangânica determinou maior vigor das sementes avaliado pelo teste de condutividade elétrica.

A aplicação de zinco no sulco de semeadura causou, conforme os dados de Vieira et al. (1987), elevação da produção de grãos de soja, mas não afetou a qualidade fisiológica das sementes, avaliada pelas determinações da massa de 100 sementes, da porcentagem de germinação e do vigor (primeira contagem e índice de velocidade de emergência).

Mann et al. (2002) realizaram aplicações foliares e no solo de manganês em duas cultivares de soja, Conquista e Garimpo; os tratamentos com rendimentos superiores à testemunha corresponderam às doses de 300, 450 e 600 g.ha⁻¹ de Mn, e maior

produtividade nas doses parceladas de 450 e 600 g.ha⁻¹, via foliar. A aplicação de Mn proporcionou sementes com maior vigor, em relação à testemunha, nos testes de envelhecimento acelerado, de condutividade elétrica e de emergência de plântulas; para ambas as cultivares, a elevação de doses de Mn significou também elevação dos teores de proteína nas sementes, superiores à testemunha.

Em condições de laboratório, Ribeiro e Santos (1994) observaram incrementos de 25% e 14% na germinação, como consequência da redução na porcentagem de plântulas anormais, quando aplicadas doses de 0,5 e 1,0 g de Mn.kg⁻¹ de sementes de soja, respectivamente. O manganês aplicado conjuntamente com o cobre, nas doses de 0,5 g Mn.kg⁻¹ e 0,5 g Cu.kg⁻¹ semente, reduziu a porcentagem de plântulas anormais.

Resultados positivos da aplicação de Mn no solo e via foliar sobre a massa de mil sementes e o vigor, avaliado pelo teste de condutividade elétrica, foram relatados por Melarato et al. (2002). Foram identificados os tratamentos via foliar como superiores, embora não tenham diferido estatisticamente dos tratamentos via solo e testemunha. Neste trabalho, o manganês não influenciou a germinação das sementes produzidas.

Os resultados encontrados na literatura mostram efeito positivo da aplicação de micronutrientes, principalmente do molibdênio, via foliar ou no tratamento das sementes e de K em cobertura do solo, com aumentos significativos na produtividade da soja. Para a qualidade fisiológica das sementes os resultados de literatura com a aplicação de micronutrientes não são consistentes, no entanto, devido ao papel que exercem nos processos fisiológicos relacionados às sementes, espera-se melhor desempenho das sementes nos tratamentos com a sua aplicação.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento de campo foi instalado e conduzido durante o ano agrícola de 2006/2007, em área experimental do Departamento de Produção Vegetal da Faculdade de Ciências Agrônômicas/ UNESP – Campus de Botucatu-SP, que apresenta latitude de 22° 51' S, longitude de 48° 26' W e 740 metros de altitude e solo classificado como Nitossolo Vermelho Estruturado (EMBRAPA, 1999).

Segundo a classificação de Koeppen, o clima da região é do tipo Cfa, definido como clima temperado (mesotérmico), região constantemente úmida (LOMBARDI NETO E DRUGOWICH, 1994).

Na Figura 1 são apresentados os dados de temperaturas e precipitações pluviiais durante o período de cultivo da soja, cultivar BRS 232, obtidos pelo Departamento de Recursos Naturais da FCA/UNESP.

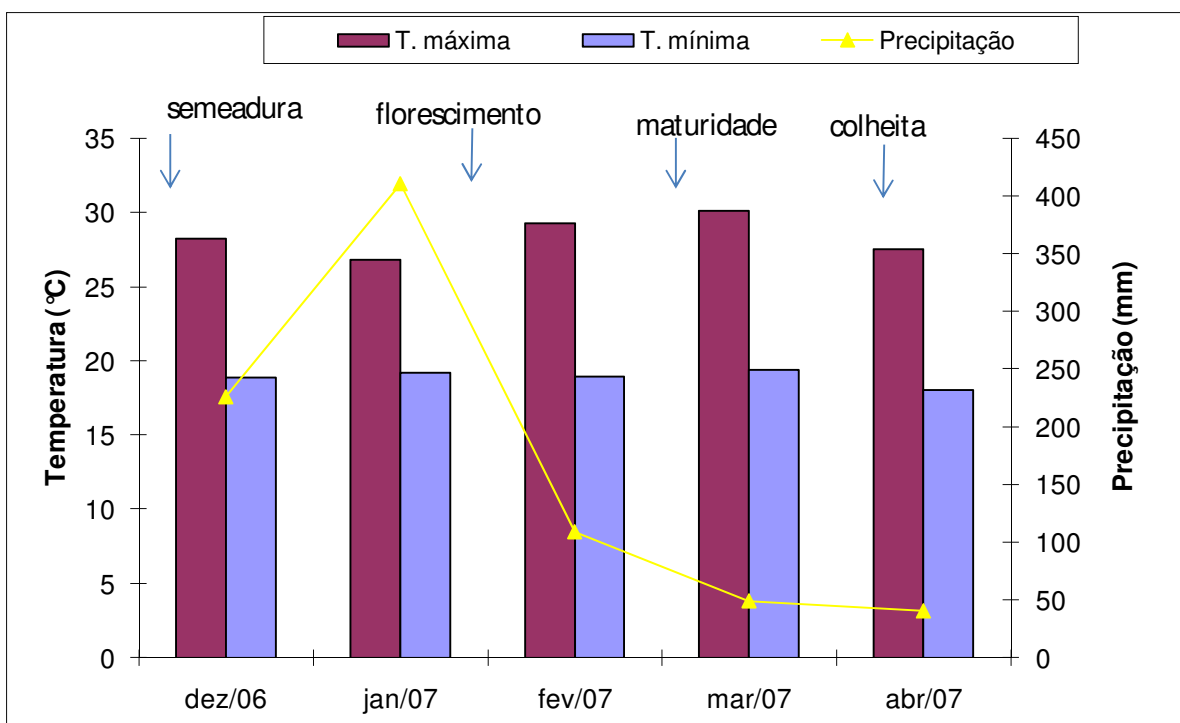


Figura 1. Dados médios de precipitação pluvial total e de temperaturas médias máximas e mínimas mensais durante o período de condução do experimento em campo. Botucatu/SP, 2006/2007.

Anterior à instalação do experimento foi realizada amostragem do solo, para determinação de suas propriedades químicas e posterior correção e adubação de acordo com a recomendação para a cultura da soja.

Os resultados da análise química do solo da área experimental, na profundidade de 0-20 cm, realizada de acordo com a metodologia de Raij e Quaggio (1983), apresentaram os valores dispostos na Tabela 1.

TABELA 1. Características químicas iniciais do solo da área experimental, na profundidade de 0-20 cm.

pH	M.O.	P	K	Ca	Mg	H+Al	CTC	SB	V
(CaCl ₂)	(g.kg ⁻¹)	(mg.dm ⁻³)	mmolc.dm ⁻³						(%)
4,8	25,7	13,0	1,1	14,5	9,6	78,5	103,7	25,2	24,3

A aplicação de 2,5 t.ha⁻¹ de calcário dolomítico com PRNT = 85% foi realizada à lanço em início de outubro de 2006 e na adubação mineral de semente foram utilizados 300 kg.ha⁻¹ do formulado 04-20-10 (N-P-K), em todos os tratamentos, levando-se em consideração os resultados da análise química do solo e as recomendações de Mascarenhas e Tanaka (1997) para a soja.

O solo foi preparado de modo convencional e consistiu de uma aração e duas gradagens; foi realizada a aplicação de trifluralina, em pré-plantio-incorporado, na dose de 2,0 l.ha⁻¹.

A sementeira foi realizada em 12/12/2006, sendo utilizadas sementes da cultivar BRS 232 de ciclo semiprecoce (121 a 132 dias), todas as sementes utilizadas foram previamente tratadas com Vitavax + Thiram 200 SC, na dose de 250 mL do produto comercial por 100 kg de semente, inoculadas com o inoculante Nitragin, na dose de 150 mL por 50 kg de semente. As sementes também foram tratadas com os micronutrientes Co e Mo, na dose de 120 mL.ha⁻¹ do produto comercial COMO (6% de Mo e 0,5% de Co), com excessão da testemunha.

As parcelas, com 11,25 m², foram constituídas por cinco linhas de cinco metros de comprimento, espaçadas 0,45 m entre si, considerando-se úteis as três linhas centrais, exceto 0,50 m de suas extremidades (5,40 m²). A densidade de sementeira foi de 20 sementes por metro.

O controle de pragas, de doenças e de plantas daninhas, com base no monitoramento da cultura, foram realizados nas datas e mediante o emprego dos produtos, e respectivas doses, indicados na Tabela 2.

Tabela 2. Tratamentos fitossanitários realizados no experimento em campo.

Data de Aplicação	Nome técnico	Produto comercial	Dose (p.c.)*
10/01/2007	Metamidofós	Agrophos 400	0,8 l.ha ⁻¹
	Setoxidim	Poast	1,0 l.ha ⁻¹
	Basagran	Basagran 600	1,2 l.ha ⁻¹
26/01/2007	Metamidofós	Agrophos 400	0,8 l.ha ⁻¹
	Epoxiconazole +	Opera	0,5 l.ha ⁻¹

Pyraclostrobin			
02/02/2007	Metamidofós	Agrophos 400	0,8 l.ha ⁻¹
6/02/2007	Deltametrina	Keshet	0,3 l.ha ⁻¹
	Cercobin	Cercobin 500 SC	1,0 l.ha ⁻¹
14/03/2007	Metamidofós	Agrophos 400	0,8 l.ha ⁻¹
	Orius		

*p.c.: produto comercial

O delineamento do experimento foi o de blocos com quatro repetições, num total de dez tratamentos.

Os tratamentos constaram de aplicações de macro e micronutrientes, na seguinte conformidade:

- 1- testemunha - inoculação
- 2- inoculação + sementes tratadas com Co e Mo
- 3- inoculação + sementes tratadas com Co e Mo + 400 g.ha⁻¹ de Mo no estádio R3 + 400 g.ha⁻¹ de Mo no estádio R5-4, via foliar.
- 4- inoculação + sementes tratadas com Co e Mo + 2 g.ha⁻¹ de Co + 25 g.ha⁻¹ Mo no estádio V4, via foliar.
- 5- inoculação + sementes tratadas com Co e Mo + 500 g.ha⁻¹ de sulfato de manganês + 500 g.ha⁻¹ de nitrato de potássio nos estádios R2, R2 + 10 dias e R2 + 25 dias, via foliar.
- 6- inoculação + sementes tratadas com Co e Mo + 500 g.ha⁻¹ de sulfato de zinco + 300 g.ha⁻¹ de nitrato de potássio nos estádios R2, R2 + 10 dias e R2 + 25 dias, via foliar.
- 7- inoculação + sementes tratadas com Co e Mo + 400 g.ha⁻¹ de ácido bórico nos estádios R2, R2 + 10 dias e R2 + 25 dias, via foliar.
- 8- inoculação + sementes tratadas com Co e Mo + 300 ml.ha⁻¹ de cobre quelatizado com EDTA (6,5% - d=1,38g/mL) nos estádios R2, R2 + 10 dias e R2 + 25 dias, via foliar.
- 9- inoculação + sementes tratadas com Co e Mo + 150 kg.ha⁻¹ de sulfato de potássio no estádio R2, aplicado no solo.
- 10- inoculação + sementes tratadas com Co e Mo + 500 g.ha⁻¹ de sulfato de manganês + 500 g.ha⁻¹ de sulfato de zinco + 200 g.ha de ácido bórico + 100 g.ha⁻¹ de molibdênio + 550

ml.ha⁻¹ de cobre quelatizado com EDTA, via foliar nos estádios R2, R2 + 10 dias e R2 + 25 dias, mais 500 g.ha⁻¹ de nitrato de potássio + 250 kg.ha⁻¹ de cloreto de potássio no solo no estádio R2, aplicado no solo.

As aplicações foliares foram realizadas com pulverizador costal de CO₂, com vazão de 300 l.ha⁻¹.

Anteriormente à colheita foram coletadas ao acaso dez plantas da área útil de cada parcela para avaliação do comprimento da parte aérea de plantas, altura de inserção da primeira vagem e os componentes da produção.

A colheita foi realizada em 06/04/2007 com colheitadeira de parcelas e o preparo e o beneficiamento das sementes foram feitos manualmente, passando-se as sementes através de peneira para retirada de impurezas.

Após o preparo, as sementes foram mantidas em condições de laboratório, onde registrou-se temperatura média de 25% aproximadamente e umidade relativa do ar de 45%.

3.1. Avaliações em campo:

3.1.1. Após a instalação do experimento foram avaliados o período de emergência das plântulas, o florescimento, a maturidade fisiológica e a população final de plantas.

3.1.2. Comprimento da parte aérea de plantas (cm)

O comprimento da parte aérea de plantas foi avaliado em 10 plantas ao acaso na área útil de cada parcela experimental, medindo-se, com uma régua, a distância compreendida entre a superfície do colo e a extremidade apical da haste principal de cada planta.

3.1.3. Comprimento de inserção da primeira vagem (cm)

O comprimento de inserção da primeira vagem foi determinado no final do ciclo da cultura, avaliando-se 10 plantas ao acaso na área útil de cada parcela experimental, medindo-se, com régua graduada em mm, a distância do nível do colo da planta à inserção da primeira vagem.

3.1.4. Produção de sementes ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)

Para avaliação da produção de sementes foram colhidas as plantas da área útil de cada parcela experimental, com auxílio de colhedora mecânica de parcelas, e posterior pesagem das sementes e transformação dos dados em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, a 13% de água, após determinação pelo método da estufa a $105^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ por 24 horas (BRASIL, 1992). Foram consideradas, também, as sementes das dez plantas coletadas anteriormente para avaliações do comprimento da parte aérea de plantas e de inserção da primeira vagem.

As dez plantas coletadas ao acaso da área útil de cada parcela experimental foram avaliadas quanto aos componentes da produção.

3.1.5. Número de vagens por planta

Foi representado pela relação entre o número de vagens e o número total de plantas da amostra, no caso 10 plantas.

3.1.6. Número de vagens chochas por planta

Correspondeu à relação entre o número de vagens chochas e o número total de plantas da amostra, no caso 10 plantas.

3.1.7. Número de sementes por vagem

O número de sementes por vagem foi obtido pela relação entre o número total de sementes e o número total de vagens.

3.2. Avaliações em laboratório

As determinações da qualidade física, fisiológica e bioquímica foram realizadas imediatamente e seis meses após a colheita no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Produção Vegetal – Agricultura da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Campus de Botucatu, Unesp, e constaram de:

3.2.1. Teor de água das sementes

O teor de água das sementes foi determinado pelo método da estufa, sem ventilação forçada, a $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas, com a utilização de duas subamostras para cada parcela, e conforme metodologia indicada pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992).

3.2.2. Massa de 100 sementes

Para o cálculo da massa de 100 sementes, oito subamostras de 100 sementes foram contadas e suas massas determinadas em balança de precisão 0,001g, conforme adaptação de instruções das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992), para cada parcela.

3.2.3. Teste de germinação

O teste de germinação foi realizado com quatro subamostras de 50 sementes para cada parcela, em germinador com temperatura constante de 25°C . O substrato utilizado foi o papel toalha da marca Germitest, previamente umedecido com água destilada na proporção de duas vezes e meia a massa do papel, em forma de rolos. As contagens foram feitas aos cinco e aos oito dias após serem colocadas no germinador, conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992). Os resultados foram expressos em porcentagem.

3.2.4. Primeira contagem de germinação

A primeira contagem de germinação correspondeu à porcentagem de plântulas normais observadas aos cinco dias após a instalação do teste de germinação.

3.2.5. Teste de comprimento das plântulas

O teste de comprimento de plântulas foi realizado com substrato de papel, umedecido conforme indicado para o teste de germinação, empregando-se quatro repetições de 15 sementes por parcela. A semeadura foi efetuada em papel de germinação sobre uma linha traçada no terço superior, no sentido transversal. Os substratos na forma de rolos foram colocados em sacos plásticos de 0,033 mm de espessura, agrupados por repetições de cada parcela, mantidos verticalmente em germinador regulado a 25°C , por cinco dias, na ausência de luz. Decorrido esse período, foram realizadas medições, com o auxílio de uma

régua graduada em mm, da parte aérea e da raiz principal das plântulas normais e calculado o comprimento médio de cada parte representado pelo quociente entre as somas das medidas das plântulas em cada repetição e o número de plântulas normais obtidas no teste. Os resultados foram expressos em cm, com uma casa decimal, e a média da parte da plântula de cada parcela foi a média aritmética das repetições (NAKAGAWA, 1999).

3.2.6. Envelhecimento acelerado

O teste de envelhecimento acelerado foi desenvolvido utilizando-se 250 sementes de cada parcela, sobre tela no interior de caixas plásticas com dimensões de 11x11x3,5 cm, em camada única, sem contato com os 40 mL de água destilada contidos no fundo (McDonald Jr & Phaneendranath, 1978). As caixas foram fechadas e mantidas a 42°C por 72 horas (AOSA, 1983) em câmara de envelhecimento Hitachi, modelo MTIO. Decorrido esse período, 200 sementes foram divididas em 4 subamostras de 50 sementes e instalado o teste de germinação conforme descrito no item 3.2.3. A contagem do número de plântulas normais foi realizada após cinco dias de permanência das sementes no germinador, mantido a 25°C. Após o envelhecimento das sementes foi realizada a determinação do teor de água das sementes, utilizando-se 50 sementes que foram divididas em duas subamostras, conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992).

3.2.7. Teste de condutividade elétrica

Para avaliação da condutividade elétrica, pelo método do sistema de massa, quatro repetições de 50 sementes de cada parcela, com massas conhecidas, foram dispostas em copos plásticos com capacidade de 200 mL, adicionando-se 75 mL de água destilada. Os recipientes foram mantidos em germinador regulado a 25°C por 24 horas para, a seguir, proceder-se a leitura da condutividade elétrica da solução do exsudato das sementes com condutivímetro, de acordo com metodologia descrita por Vieira & Krzyzanowski (1999). O resultado foi obtido em $\mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$, dividindo-se a leitura verificada pela massa das sementes.

3.2.8. Teste de emergência de plântulas em campo

O teste de emergência de plântulas em campo foi realizado empregando-se 200 sementes por parcela, distribuídas em quatro repetições de 50 sementes, semeadas em sulcos de 2 m de comprimento, espaçados, 0,50 m entre linhas, à profundidade de 0,03 m. A contagem das plântulas normais emersas foi efetuada no vigésimo primeiro dia após a semeadura e as médias expressas em porcentagem (NAKAGAWA, 1994).

3.3. Composição química das sementes

As determinações da composição química das sementes foram realizadas aos 30 dias após a colheita no Laboratório de Relação Solo - planta do Departamento de Produção Vegetal - Agricultura e constaram de:

3.3.1. Teores de nutrientes nas sementes

A determinação dos teores de nutrientes nas sementes foi realizada empregando-se amostras de sementes, correspondentes aos blocos de campo, e submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada a 70°C, moídas e posteriormente analisadas para N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Mn, Fe, Zn, B e Mo, segundo Malavolta et al. (1997).

3.3.2. Teor de proteína das sementes

A determinação do teor de proteína das sementes foi realizado empregando-se o método micro-Kjeldhal, convertendo-se a porcentagem de N encontrada em proteína, utilizando – se o fator de conversão 6,25 (AOAC, 1990).

3.4. Análise Estatística

Após a obtenção dos dados, foram realizadas as análises de variância para as características avaliadas (teste F), e comparação das médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Nas análises estatísticas foi utilizado o programa SISVAR (FERREIRA, 2000).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Experimento em campo

De acordo com a EMBRAPA (2005), a semeadura da soja não deve ser realizada quando a temperatura do solo for inferior a 20°C, para evitarem-se prejuízos à germinação e a emergência das plântulas; 25°C é considerada ideal para emergência rápida e uniforme das plântulas. A soja adapta-se melhor a temperaturas do ar entre 20 e 30°C, sendo as próximas a 30°C as ideais para o crescimento e desenvolvimento das plantas.

Conforme a Figura 1, as condições atmosféricas durante o experimento em campo foram adequadas à germinação das sementes, à emergência das plântulas e ao desenvolvimento das plantas de soja; as temperaturas foram próximas às consideradas adequadas pela Embrapa (2005) nos diferentes estádios fenológicos e, também, de precipitações pluviais.

A emergência das plântulas em campo e o florescimento ocorreram, respectivamente, aos seis e aos quarenta e cinco dias após a semeadura. O florescimento da soja somente é induzido quando há a ocorrência de temperaturas superiores a 13°C, fato observado durante o período de cultivo (Figura 1), além da sensibilidade à duração do período de escuro para indução da formação de botões florais.

Igualmente, no transcorrer da maturação e na colheita das sementes as condições ambientais foram propícias ao acúmulo de matéria seca e perda de água após a

maturidade fisiológica. As condições climáticas durante a fase de maturação e de colheita são fundamentais à obtenção de sementes de elevada qualidade fisiológica; excessos de chuva e temperaturas elevadas nessa fase comprometem a capacidade germinativa e o vigor das sementes, pois, a partir da maturidade fisiológica, inicia-se o processo de deterioração das sementes ainda no campo e fatores adversos nesta fase contribuem para a aceleração deste processo (FRANÇA NETO et al., 1990).

4.2. Componentes da produção e produtividade de sementes

A população de plantas, considerando todos os tratamentos, oscilou em torno de 313.000 plantas.ha⁻¹, em concordância às recomendações constantes em Embrapa (2006), para semeaduras de soja realizadas em dezembro, para a obtenção de produtividades altas com o menor acamamento das plantas.

Os valores de altura de plantas (Tabela 3) indicam diferenças significativas entre os tratamentos, muito embora tenham se situado entre 60 a 70 cm; nos tratamentos T1 (sementes tratadas com inoculante) e T4 (Co quelatizado com EDTA e Mo em aplicação foliar no estágio V4) foram verificados valores significativamente inferiores (59,75 cm) e superiores (71,2 cm), respectivamente. Todavia, a altura de inserção da primeira vagem não foi influenciada pelos tratamentos aplicados. Ambas as características, altura de plantas e de inserção da primeira vagem, são relacionadas com a eficiência de colheita mecânica. Cartter e Hartwig (1962) e Yokomigo (1999) destacaram alturas médias de plantas e de inserção de primeira vagem entre 60 e 80 cm e entre 12 e 15 cm, respectivamente, como adequadas à colheita mecanizada, pelas reduções dos índices de acamamento e de perdas na colheita, particularmente as causadas pela plataforma de corte (EMBRAPA, 2006). Tendo em vista este aspecto, foram observados valores adequados para colheita mecânica. É interessante ressaltar, entretanto, que a evolução das colhedoras tem atualmente, minimizado as perdas decorrentes por baixa inserção da primeira vagem por disporem de mecanismos que cortam as plantas mais próximo ao solo.

TABELA 3. Valores médios de comprimento da parte aérea de plantas (CP), comprimento de inserção da primeira vagem (CIPV), número de vagens/planta (V/P), número de vagens chochas/planta (CH/P), número de sementes por vagem (S/V), massa de 100 sementes (M100) e produção de sementes (P) de soja, considerando os tratamentos aplicados. Botucatu – SP, 2006/2007.

Trat.	CP	CIPV	V/P	CH/P	S/V	M 100	P
	(cm)	(cm)	(Nº)	(Nº)	(Nº)	(g)	(kg.ha ⁻¹)
1	59,8 b	16,3	40,5	4,3	1,5	23,0	3529 b
2	67,0 ab	14,8	44,5	4,0	1,8	24,3	4.625 a
3	68,3 ab	15,0	45,3	4,8	2,0	23,8	4.401 ab
4	71,3 a	14,8	47,0	5,8	1,8	24,0	4.374 ab
5	68,5 ab	13,8	45,8	5,0	1,8	24,0	4.805 a
6	68,0 ab	14,3	46,0	4,3	2,0	23,0	4.475 a
7	66,0 ab	14,0	40,5	4,8	1,8	23,8	4.187 ab
8	67,8 ab	15,0	48,5	7,5	1,5	24,0	4.206 ab
9	66,5 ab	14,8	40,8	4,3	2,0	24,0	4.558 a
10	66,0 ab	12,8	50,3	5,0	1,8	23,8	4.649 a
C.V.	6,27	9,98	11,27	33,85	8,32	1,26	8,59
D.M.S.	10,2	3,5	12,4	4,1	0,8	2,2	907,7

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

O acamamento, ou tombamento, de plantas é fator importante na cultura da soja. Existe relação direta entre o comprimento da parte aérea da planta e propensão ao acamamento. O acamamento pode determinar redução da produção na medida em que não há recolhimento, pela máquina, de plantas deitadas próximas ao solo e as sementes, portanto, são perdidas.

No experimento em estudo não ocorreu acamamento das plantas e o comprimento de inserção da primeira vagem também não influenciou a produção das sementes de soja.

Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para as características número de vagens por planta, de vagens chochas por planta, de sementes por vagem e massa de 100 sementes (Tabela 3). Assim, aparentemente, as características referidas não foram influenciadas pelos nutrientes aplicados, muito embora, no tratamento 1 (sementes tratadas somente com inoculante) tenham sido observados valores inferiores de vagens por planta, de sementes por vagem e de massa de 100 sementes, e menores de altura de plantas e maiores de altura de inserção de vagens.

Alguns fatores podem causar em soja o chochamento das vagens como o ataque de percevejo, as deficiências nutricionais, as altas temperaturas e a deficiência hídrica, esta particularmente, quando da formação das sementes. As temperaturas máximas verificadas durante a condução do experimento (Figura 1), próximas a 30°C, provavelmente não influenciaram na ocorrência de vagens chochas por serem próximas a faixa considerada ideal para a cultura (CÂMARA, 1998).

Durante a condução do experimento em campo, as temperaturas variaram entre 18°C e 30°C enquanto a precipitação acumulada foi de 877 mm (Figura 1), consideradas adequadas ao desenvolvimento das plantas e, conseqüentemente, para a produção de sementes, tendo em vista dados da Embrapa (2004) que se referem às temperaturas entre 20°C e 30°C e precipitações entre 450 mm e 800 mm por ciclo como satisfatórias.

Os valores de massa de 100 sementes foram superiores ao relatado como característico da cultivar BRS 232 (18,5 g), com variações entre 23,0 g nos tratamentos 1 e 6, à 24,3 g no tratamento 2. Vitti et al. (1984) observaram aumento na massa de 100 grãos nos tratamentos com a aplicação de Mo em relação à testemunha sem molibdênio. Melarato et al. (2002) também observaram que a aplicação de manganês via foliar exerceu influência positiva sobre a massa das sementes de soja em relação à testemunha, que produziu sementes mais leves. Já, Vieira et al. (1987) não constataram efeito positivo da aplicação de zinco sobre a massa de 100 sementes, no entanto, observaram uma tendência de sementes mais leves no tratamento onde houve a aplicação de zinco.

As cultivares brasileiras de soja produzem, em média, e conforme o manejo e as condições do ambiente, 30 a 80 vagens por planta com duas sementes por vagem (CÂMARA, 1998). Neste estudo, foram observadas, em média, 45,3 vagens por planta e 1,8 sementes por vagem. Como os componentes da produção definem a produtividade final, a

produção inferior verificada no tratamento 1 pode ter sido determinada pelos componentes, número de vagens por planta, número de sementes por vagem e de massa de 100 sementes (Tabela 3).

A produção de sementes de soja foi influenciada pelos tratamentos aplicados (Tabela 3). Produções mais elevadas e não diferentes entre si (4.800 a 4.480 kg.ha⁻¹) foram constatadas nos tratamentos 2, 5, 6, 9 e 10, apesar de também não diferirem dos observados nos tratamentos 3, 4, 7 e 8 (4.400 a 4.100 kg.ha⁻¹). No tratamento 1 (testemunha com inoculante) a produção foi, estatisticamente, inferior 3.500 kg.ha⁻¹, da ordem de 31% em relação ao tratamento 2 (inoculação + cobalto e molibdênio aplicado nas sementes).

Os resultados indicam a ausência de diferenças entre tratamentos com aplicação de nutrientes nas sementes, via foliar ou em cobertura no solo. É também possível inferir que o molibdênio e o cobalto presente apenas no solo não foi suficientemente capaz de suprir as necessidades da planta para obtenção de uma produção mais elevada, uma vez que em todos os demais tratamentos houve a aplicação de Mo e Co nas sementes imediatamente antes da semeadura, evidenciando, assim, a importância da aplicação de molibdênio e cobalto via semente.

Os acréscimos obtidos na produção de sementes de soja entre a testemunha (sementes tratadas apenas com inoculante) e os demais tratamentos, provavelmente, foram devidos ao papel desempenhado pelo Mo na constituição da molécula da nitrogenase e do Co no transporte de O₂, promovendo, em consequência, maior atividade na fixação do N₂ atmosférico (Andrew, 1962, citado por VITTI et al., 1984), bem como pela influência do Mo na síntese da redutase do nitrato (MALAVOLTA, 1980).

Os resultados do presente trabalho foram consoantes aos verificados por Vitti et al. (1984) segundo os quais a aplicação de Quimol (1% Co e 10% Mo) às sementes antes da semeadura ocasionou aumentos significativos na produção de grãos de soja, da ordem de até 32,7%, em relação à testemunha sem a aplicação deste produto.

Resultados positivos com aumento na produtividade da soja em função da aplicação de molibdênio nas sementes também foram observados por Voss e Pottker (2001), Rubin et al. (1995), Tanaka et al. (1993), Campo e Lantmann (1988) e Buzetti (1981).

Em outras culturas como o feijoeiro os resultados da aplicação de molibdênio e outros micronutrientes nas sementes, evidenciaram que a sua aplicação é uma

forma de aumentar a produtividade dos grãos, como pode ser verificado nos resultados dos trabalhos realizados por Berger et al. (1996), Diniz et al. (1995), Amane et al. (1994), Vieira et al. (1992) e Braga (1972). Para Voss e Pottker (2001) as aplicações foliares ou em sementes apresentaram resultados equivalentes quanto a sua eficiência.

Em vários estudos concluiu-se que a aplicação do Mo via semente pode reduzir a nodulação e a eficiência da fixação biológica do nitrogênio, sendo a aplicação foliar uma das alternativas para solucionar este problema (HUNGRIA et al. 2001; MOREIRA e SIQUEIRA, 2002; CÂMARA et al., 2002).

Milani (2007) não observou diferença significativa na produção de soja em experimento visando à produção de sementes enriquecidas com Mo, a partir da aplicação foliar única ou parcelada, em duas aplicações de Mo, com resultados semelhantes ao deste trabalho.

Também Vieira et al.(2002) não constataram diferença significativa na produção de sementes de feijão em estudos visando o acúmulo de molibdênio em sementes por meio de aplicações foliares de molibdênio. No entanto, este resultado não foi observado por Campo e Hungria (2003), que afirmaram que o enriquecimento de sementes de soja, por meio de adubação foliar com aplicações de Mo pode ser feita com sucesso, sendo que as aplicações parceladas em duas vezes apresentam resposta significativa. Também Campo et al. (2001) observaram que o uso de sementes enriquecidas com Mo mostrou-se eficiente como fonte de Mo para a fixação biológica do nitrogênio e a suplementação foliar resultou em ganhos adicionais em cerca de 6% no rendimento da soja. Broch e Fernandes (1999) verificaram elevação significativa da produção de soja quando o molibdênio foi aplicado via foliar em complementação ao Mo e Co aplicados via semente. Maior produtividade foi obtida com aplicação foliar de 117 g.ha^{-1} de molibdênio.

Rocha et al. (2008) constataram diferença estatisticamente superior quanto à produção de soja com aplicação foliar de micronutrientes, mas não na germinação e no vigor das sementes.

Em relação à produção, o tratamento que apresentou melhor desempenho foi com a inoculação, mais aplicação de Co e Mo nas sementes e aplicações foliares de Mo nos estádios R3 e R5-4 (T3). O pior desempenho foi constatado na testemunha, com sementes apenas inoculadas.

4.3. Qualidade fisiológica da semente

TABELA 4 – Valores médios imediatamente após a colheita de teor de água (TA), primeira contagem da germinação (PCG), germinação (GERM), e dos testes de vigor: condutividade elétrica (CE), envelhecimento acelerado (EA), comprimento de raiz (CR), comprimento da parte aérea (CPA) e da emergência de plântulas no campo (EPC) de sementes de soja, cultivar BRS 232, em função dos tratamentos aplicados. Botucatu-SP, 2006/2007.

TRA	TA	PCG	GERM	EA	CE	CR	CPA	EPC
T	(%)	(%)	(%)	(%)	($\mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$)	(cm)	(cm)	(%)
1	11,0 ab	90,8 a	94,3 a	83,5 a	98,9	10,1 abc	4,5 ab	72,0
2	10,4 b	85,8 ab	93,5 ab	78,5 ab	105,3	10,3 abc	4,8 ab	69,0
3	10,6 b	84,0 ab	87,8 ab	84,5 a	110,4	8,8 cd	4,4 b	61,5
4	11,5 a	86,8 ab	90,3 ab	80,0 ab	107,8	10,5 ab	5,3 a	63,5
5	11,0 ab	83,5 ab	90,3 ab	78,5 ab	102,1	9,9 abcd	4,8 ab	59,0
6	10,8 ab	87,5 ab	93,8 ab	74,8 ab	99,1	9,3 bcd	4,6 ab	55,0
7	10,5 b	79,3 b	86,0 b	76,3 ab	110,8	8,6 d	4,3 b	55,5
8	10,6 b	79,3 b	87,5 ab	71,3 b	107,6	9,3 bcd	4,8 ab	56,0
9	10,3 b	82,0 ab	90,3 ab	70,0 b	107,5	9,3 bcd	4,6 ab	54,0
10	10,8 ab	82,5 ab	90,5 ab	73,5 ab	105,1	11,1 a	4,8 ab	71,5
C.V.	0,83	10,90	7,98	11,96	15,77	13,43	13,81	27,30
D.M.S	4,77	7,92	5,40	9,48	9,14	1,47	0,72	18,19

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

O teor de água das sementes (Tabela 4) apresentou variação, entre os tratamentos, iguais ou inferiores a 1,25°C e valores máximos de 11,50%. Assim, foi possível assegurar uma relativa uniformidade para a característica entre os tratamentos e, com isso,

minimizar a sua influencia nas confrontações dos efeitos fisiológicos provenientes dos nutrientes aplicados às plantas, conforme destacado por Marcos Filho et al. (1987).

Diversos trabalhos na literatura procuraram relacionar os efeitos de nutrientes aplicados na planta com a qualidade fisiológica das sementes. Assim, alguns elementos são citados como fatores primordiais na qualidade de sementes, tais como o N, o P e o K. Vieira et al. (1999) afirmaram que os micronutrientes, apesar dos poucos estudos sobre seus efeitos na produção de sementes, parecem ser os elementos que mais propiciam resposta na qualidade das sementes.

Os dados dos testes de primeira contagem de germinação e de germinação (Tabela 4) indicaram que os valores percentuais médios oscilaram entre 90,8% (T1) e 79,3% (T7 e T8), na primeira contagem de germinação, e entre 94,3% (T1) e 86,0% (T7), no teste de germinação, com diferenças estatísticas significativas entre eles, fato não constatado quando considerado os demais tratamentos. Esses resultados são indicativos da ausência de influencia das aplicações foliares de micronutrientes em ambas as características fisiológicas de sementes de soja, ou pouca sensibilidade de ambas para causar efeitos, na medida em que a testemunha somente com inoculante (T1) foi a que apresentou valores superiores.

Vários autores também não encontraram efeitos da aplicação de nutrientes às plantas na germinação das sementes produzidas, como Mann et al. (2002) e Melarato et al. (2002) em soja, e aplicação de manganês, Bevilaqua et al. (2002) em soja, e emprego de cálcio e boro, Ambrosano et al. (1999) em feijão, e aplicações de boro, zinco e FTE e Teixeira et al. (2005) em feijão, e aplicações de manganês e zinco.

Os tratamentos correspondentes às aplicações de boro (T7) e de cobre (T8) proporcionaram menores taxas de primeira contagem de germinação e de germinação. Harris e Brolmann (1966), citados por Sá (1994), relacionaram a deficiência de boro com baixa germinação de sementes em soja e destacaram a influencia positiva do elemento na germinação. O boro é um elemento imóvel no floema e não se redistribui na planta (Malavolta, 1985), razão para a recomendação de sua aplicação na floração ou pós – floração (Bevilaqua et al., 2002). Assim, o efeito verificado do boro pode ser atribuído à toxidez, pois, conforme Rosolem (1980), tal fato, pode ocorrer em solos com boas características químicas.

Os resultados deste trabalho são diferentes dos valores encontrados por Ribeiro e Santos (1994), que observaram incremento na germinação com a aplicação de Mn e Cu em sementes de soja.

De acordo com os dados de porcentagem de plântulas normais do teste de envelhecimento acelerado, apresentados na Tabela 4, os tratamentos aplicados diferiram entre si, e os tratamentos 8 e 9 apresentaram valores inferiores, correspondentes ao emprego de cobre via foliar e de sulfato de potássio em cobertura, respectivamente. Conforme Ribeiro e Santos (1994), a aplicação de doses superiores a $0,10 \text{ g Cu.kg}^{-1}$ de sementes não influenciou ou reduziu drasticamente a germinação de sementes de soja, provavelmente devido à toxidez. Assim, embora em aplicação foliar em três estádios fenológicos, a toxidez por cobre pode ter ocorrido e acusada pelo teste de envelhecimento acelerado por provável maior sensibilidade que o teste de germinação para detectar efeito negativo à qualidade das sementes de soja.

Os resultados dos teores de água das sementes de soja dos diferentes tratamentos, após o envelhecimento acelerado, variaram de 27,0 a 31,3%, sendo uniformes entre si e consoantes aos observados, também em soja, por Krzyzanowski e Miranda (1990). As variações entre as amostras de sementes, independentemente do tratamento, foram inferiores a 3% a 4% de água e, portanto, consideradas toleráveis e indicadoras da uniformidade das condições do teste de envelhecimento acelerado (MARCOS FILHO, 1999).

Conforme revelado pela análise estatística, houve comportamento semelhante dos tratamentos tendo em vista o vigor avaliado pelo teste de condutividade elétrica (Tabela 4). Para soja, lotes de sementes com condutividade elétrica até $70-80 \mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$ têm sido considerados como de alto vigor, embora sejam valores considerados com tendência a médio vigor (Vieira, 1994). Bom desempenho de sementes de soja foi observado por Paiva Agüero (1995), em condições de campo, quando com condutividade elétrica de até $90 \mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$. Todavia, e conforme Silva et al. (2007), os resultados do teste de condutividade elétrica são influenciados por vários fatores, como presença de sementes danificadas, tamanho da semente, genótipo, teor de água inicial das sementes, período de embebição e/ou temperatura de embebição. Observaram, ainda, redução da condutividade elétrica com a elevação do teor de água das sementes, particularmente, a partir de 13%, os valores apresentaram padrão semelhante. Uma hipótese para os valores obtidos pode ser atribuída ao teor de água das

sementes que, por ocasião da colheita, tinham grau de umidade inferior a 12%. Sementes colhidas com baixo teor de água podem resultar em sementes danificadas mecanicamente, e dessa forma o produto final apresentar qualidade fisiológica inferior.

Os valores observados no teste de condutividade elétrica são consoantes aos verificados por Toledo (2008), em sementes da mesma cultivar. Marscher (1995) referiu-se à relação do manganês com a formação de lignina, que por sua vez, influencia a capacidade e velocidade de absorção de água pelo tegumento e, assim, a liberação de lixiviados da semente para a água de embebição. Todavia os efeitos constatados da adubação com manganês na condutividade elétrica das sementes de soja (Melarato et al., 2002) e de feijão (Mann et al., 2002; e Teixeira et al., 2005) não se confirmaram neste trabalho, após a colheita, no qual as aplicações foram no estágio reprodutivo, e naqueles citados pelos referidos autores no estágio vegetativo das plantas.

Os dados de comprimentos de raiz e da parte aérea de plântulas de soja, apresentados na Tabela 4, indicaram variabilidade de desempenho fisiológico conforme o tratamento. Foram constatados efeitos positivos dos tratamentos 1, 2, 4 e 10 e negativo aos tratamentos 3 e 7. Assim, aparentemente, não há vantagens da aplicação dos nutrientes às plantas.

Quanto à análise dos dados de emergência de plântulas no campo, não foram observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos avaliados. Todavia, se considerados os valores absolutos, melhores desempenhos fisiológicos foram verificados nos tratamentos 1, 2 e 10, e piores nos tratamentos 6, 7, 8 e 9. Resultados positivos na emergência de plântulas no campo, com a aplicação de Mn foi observada por Mann et al.(2002). No entanto, a aplicação de boro, não influenciou a emergência de plântulas com o fornecimento deste elemento (BEVILAQUA et al., 2002).

Aos seis meses após a colheita os teores de água apresentados pelas sementes, inferiores aos verificados após a colheita, foram uniformes e oscilaram entre 7,5 a 7,8% (em média de 7,6%). O teor de água do equilíbrio higroscópico de sementes de soja, em condições de 45% de umidade relativa e 25°C de temperatura, é de 7,9% (Toledo, 1969). Os valores médios do ambiente do laboratório foram de 44,6% de umidade relativa e 23,0°C de temperatura foram favoráveis para a redução do teor de água das sementes armazenadas.

Tabela 5 - Valores médios, seis meses após a colheita, de teor de água (TA), primeira contagem da germinação (PCG), germinação (GERM), e dos testes de vigor: condutividade elétrica (CE), envelhecimento acelerado (EA), comprimento de raiz (CR), comprimento da parte aérea (CPA) e da emergência de plântulas no campo (EPC) de sementes de soja, cultivar BRS 232, em função dos tratamentos aplicados.

TRAT	TA	PCG	GERM	CE	EA	CR	CPA	EPC
	(%)	(%)	(%)	($\mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$)	(%)	(cm)	(cm)	(%)
1	7,6 bc	68,8 ab	80,5 ab	114,1 a	76,3 ab	13,4 a	6,4	71,5
2	7,8 a	66,0 ab	75,3 ab	116,3 a	69,3 ab	13,2 a	6,3	73,0
3	7,6 c	76,5 a	86,8 a	123,9 ab	71,3 ab	12,4 ab	6,6	70,5
4	7,5 c	70,5 ab	78,5 ab	124,9 ab	74,5 ab	12,6 a	6,6	66,0
5	7,3 d	75,0 ab	80,3 ab	119,1 ab	80,5 a	13,9 a	7,0	70,0
6	7,7 ab	71,0 ab	75,5 ab	118,8 ab	61,8 b	10,0 bc	7,4	63,5
7	7,8 a	71,0 ab	76,3 ab	123,4 ab	62,8 ab	9,5 c	7,4	61,0
8	7,7 ab	59,0 b	66,3 b	131,5 b	63,3 ab	9,0 c	6,5	55,5
9	7,6 bc	67,8 ab	75,8 ab	120,6 ab	64,3 ab	8,8 c	7,0	61,5
10	7,6 c	65,5 ab	72,8 ab	124,6 ab	71,8 ab	8,8c	6,8	65,0
C.V.	0,15	17,40	15,72	15,14	17,94	13,25	14,40	25,94
D.M.S.	1,24	15,39	12,51	7,60	15,77	2,42	1,60	16,22

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

As análises estatísticas dos dados médios dos testes de primeira contagem de germinação e de germinação revelaram a superioridade do tratamento 3 (molibdênio via foliar) e inferioridade do tratamento 8 (cobre via foliar). Assim, persiste a falta de evidências sobre efeitos positivos da aplicação de Co, Cu, Zn, Mn, B e nitrato de potássio via foliar e potássio aplicado em cobertura do solo sobre a germinação das sementes de soja produzidas, mesmo após seis meses decorridos da colheita.

Após seis meses de armazenamento, foi verificada redução na porcentagem de germinação, quando comparada com os valores após a colheita, mais

acentuada no tratamento correspondente à aplicação foliar com cobre quelatizado com EDTA (T8), como constatado na Tabela 5. No tratamento com a aplicação de Mo via foliar, em complementação ao Mo nas sementes, foi constatada menor redução do poder germinativo, com diferença de apenas 1% entre as épocas avaliadas.

O tratamento de sementes com zinco pode minimizar o processo de deterioração das sementes, pelo fato deste micronutriente aumentar a atividade enzimática e o conteúdo de auxinas, parâmetros esses que são prejudicados quando as sementes ficam armazenadas. Ribeiro e Santos (1996) constataram maior potencial de conservação das sementes de milho e de arroz tratadas com zinco, sem prejuízos a germinação e ao vigor, por período de oito meses. No entanto, no presente estudo não foram verificados efeitos positivos da aplicação de zinco na conservação das sementes avaliadas seis meses após a colheita.

Os dados do teste de envelhecimento acelerado, observado após seis meses de armazenamento, não foram consoantes aos constatados logo após a colheita. Com vigor superior e inferior destacaram-se os tratamentos 5 e 6, ambos, todavia, sem diferir dos demais. Cabe ressaltar, entretanto, que além deste último, nos tratamentos 7 (B), 8 (Cu) e 9 (K no solo) foram constatados valores absolutos inferiores.

Os resultados verificados no teste de condutividade elétrica, excetuando-se o tratamento 8 (cobre), não revelaram benefícios ao vigor das sementes de soja decorrentes da aplicação de nutrientes, em comparação com a testemunha (T1).

As diferenças significativas acusadas entre os tratamentos avaliados pelo teste de comprimento de raiz de plântulas apontaram resultados inferiores apresentados pelos tratamentos 6, 7, 8, 9, e 10, em relação aos tratamentos 1, 2, 4 e 5 e que não se confirmaram quando considerado o desenvolvimento da parte aérea das plântulas. Embora o teste de emergência de plântulas no campo não tenha detectado diferenças entre os tratamentos, a aplicação foliar de cobre, em três épocas do estágio reprodutivo das plantas, resultou em valor percentual inferior à aplicação de boro, também nos mesmos estádios.

4.4 Composição química das sementes

O conhecimento da composição química da semente é de interesse prático em Tecnologia de Sementes, pois tanto a germinação como o potencial de

armazenamento é influenciado pelo conteúdo dos compostos presentes nas mesmas (ROSSETO, 1993).

A concentração de nutrientes minerais nas sementes pode afetar o seu potencial de armazenamento, bem como o desenvolvimento inicial das plantas, a fixação biológica do nitrogênio, no caso das leguminosas, e a produção de grãos das plantas por ela geradas (JACOB-NETO e ROSSETO, 1998).

TABELA 6 – Valores médios dos teores dos macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), e de proteína bruta (PB), de sementes de soja cv. BRS 232, em função dos tratamentos aplicados. Botucatu-SP, 2006/2007.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S	PB
	(g/kg)						
1	54,0	3,5 ab	15,3	2,3	2,3	2,0	336,3
2	56,0	3,3 bc	14,0	2,0	2,3	1,8	349,8
3	54,8	3,3 bc	13,8	2,5	2,3	1,8	341,0
4	53,8	3,5 ab	14,3	2,5	2,8	1,8	336,8
5	56,5	3,5 ab	15,3	2,5	3,0	1,8	352,3
6	57,0	3,0 c	15,0	2,5	2,8	1,8	356,8
7	56,3	3,5 ab	14,8	2,8	3,0	2,0	353,8
8	58,5	3,5 ab	14,5	4,0	2,5	2,0	367,0
9	55,3	3,5 ab	15,3	2,8	3,0	2,0	345,8
10	58,0	3,8 a	14,5	2,3	2,8	2,0	362,8
C.V.	5,73	12,02	9,36	43,92	16,24	16,79	5,70
D.M.S.	7,80	0,50	3,33	2,77	1,04	0,76	48,59

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Os dados mostraram para todos os elementos analisados, ausência de diferenças entre os tratamentos, com exceção do fósforo. Campo e Lantmann (1998) verificaram, em soja, maiores acúmulos de N nos grãos com a aplicação de Mo. Por outro

lado, a adição dos micronutrientes zinco, boro e cobalto não apresentaram efeitos sobre os parâmetros estudados. Em feijão, Ferreira et al. (2002), que verificaram a influência da adubação com molibdênio via foliar no teor de N na matéria seca das sementes, assim como pelo conteúdo de Mo contido nas sementes. Em um segundo experimento, os mesmos autores observaram elevação significativa do teor de N nas sementes com a adubação com molibdênio.

Também, Vieira et al. (1987) verificaram que a adubação com macro e micronutrientes aumentou sensivelmente a porcentagem de P e K, não alterou as de N e de Mg, e reduziu as de Zn e de Ca nas sementes de feijão.

Os valores encontrados para o N nas sementes estão abaixo dos verificados por Sfredo et al. (1997) com a aplicação via semente, de produtos contendo micronutrientes em sua formulação. A média do N encontrado nas sementes por Sfredo et al. (1997) foi de 65,9 g.kg⁻¹, enquanto no experimento em estudo a média encontrada para o N foi de 56,0 g.kg⁻¹.

Outros autores relataram que a aplicação de doses de manganês e zinco como não promotores de efeito significativo sobre os teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre encontrados nas sementes de feijão (TEIXEIRA et al., 2005). Vitti et al. (1984) referiram-se à aplicação de produto contendo molibdênio, cobalto, fósforo, enxofre, magnésio, cálcio e ferro em ocasionar efeitos significativos, enquanto o teor de molibdênio aumentou linearmente com a aplicação desse nutriente em plantas de soja.

Teores mais elevados de fósforo nas sementes foram verificados no tratamento 10. Foi constatada correlação positiva deste elemento com a produção e a germinação das sementes. Segundo Trigo et al. (1997), plantas originadas de sementes com maior conteúdo de fósforo atendem melhor à demanda metabólica inicial das plantas e, portanto, é esperado melhor desenvolvimento das plântulas em testes como os de primeira contagem de germinação, emergência de plântulas no campo, comprimento de raiz e da parte aérea. No presente trabalho, verificou-se que o maior conteúdo de fósforo nas sementes, significou maior desenvolvimento da raiz. Trabalhos realizados por Vieira et al. (1987a) também verificaram efeito de doses de fósforo no vigor avaliado pela primeira contagem de germinação.

Trigo et al. (1997) constataram que o aumento da concentração de fósforo na semente de soja, de 0,58% para 1,10%, propiciou aumento da produção. No entanto, o efeito benéfico da alta concentração de fósforo na semente de soja manifesta-se melhor em solos com alta disponibilidade neste elemento.

Os conteúdos de cálcio e de enxofre nas sementes não apresentaram resultados significativos, mas, correlacionaram-se com a germinação, assim como verificado por Adams et al. (1993) e Nakagawa et al. (1993), que observaram efeitos positivos do cálcio em sementes de amendoim.

Efeito significativo da aplicação de micronutrientes nos teores dos grãos de soja para N, K e Mo foram observados por Sfredo et al. (1997), com efeito mais pronunciado nos teores de Mo dos grãos, tendo os tratamentos só inoculado e com Plantin II (0,2% Mo, 1,0% Fe, 6,0% Zn, 3,0% B, 0,5% Mn, 0,5% Cu, 1,0% Mg, 1,5% Ca, 3,5% S e 4,5% N) revelado valores significativamente inferiores aos demais tratamentos. Foi relatada correlação negativa ($r = -0,85$) entre os teores de K dos grãos e a produtividade, evidenciando o fenômeno do efeito de diluição, pois quanto maior o rendimento, menor a concentração desse nutriente nos grãos. A aplicação de Mo via semente aumentou os teores de N e de Mo nos grãos bem como o teor de proteína em até $300 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, indicando a participação efetiva desse micronutriente no metabolismo do N.

Os valores encontrados de micronutrientes nas sementes revelaram, em geral, ausência de diferenças significativas entre os tratamentos, à exceção dos teores de boro e de molibdênio (Tabela 6).

O cobre é elemento exigido em baixas concentrações e tem mobilidade lenta nas plantas, embora possa ser translocado de órgãos vegetativos para sementes. Plantas com deficiência do elemento podem produzir grãos de pólen não viáveis (MARSCHNER, 1986) e a soja é espécie considerada como de baixa resposta à fertilização cúprica (MENGEL e KIRKBY, 2001). É necessário para a formação da clorofila nas plantas, catalisa vários processos no metabolismo vegetal e é necessário à promoção de reações enzimáticas, apesar de não fazer parte dos produtos formados. À semelhança de outros micronutrientes, grandes quantidades de cobre podem ser tóxicas para as plantas (RIBEIRO e SANTOS, 1994).

Os valores encontrados para o ferro não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos aplicados e estes, de modo geral, estão consoantes aos

constatados por Bataglia e Mascarenhas (1978) e abaixo dos verificados por Sfredo et al. (1997) em folhas de soja, com a aplicação de produtos contendo micronutrientes, via semente.

TABELA 7 – Valores médios dos teores de micronutrientes cobre (Cu), ferro (Fe), zinco (Zn), manganês (Mn), boro (B) e molibdênio (Mo) de sementes de soja cv. BRS 232 em função dos tratamentos aplicados. Botucatu-SP, 2006/2007.

Tratamentos	Cu	Fe	Zn	Mn	B	Mo
	(ppm)					
1	10,5	128,0	40,5	18,0	35,5	1,25
2	12,0	152,5	33,5	11,0	34,0 b	0,0 c
3	9,0	114,5	43,5	14,0	36,5 ab	16,8 a
4	15,5	182,5	46,0	17,5	37,3 ab	0,5 c
5	8,5	122,0	50,5	14,0	36,5 ab	3,8 bc
6	10,5	152,0	56,0	17,0	33,5 b	0,5 c
7	9,5	153,0	51,5	16,5	50,5 a	0,3 c
8	13,0	121,0	39,3	14,0	38,8 ab	0,0 c
9	12,5	104,5	43,0	15,0	36,5 ab	0,3 c
10	11,0	148,5	50,0	19,5	36,3 ab	5,5 b
C.V.	48,49	38,81	26,38	38,32	16,25	63,62
D.M.S.	13,21	130,14	29,12	14,58	14,83	4,42

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Embora não significativo, o valor absoluto de zinco nas sementes de soja foi superior no tratamento em que o elemento estava incluído (T6). Resultado este também obtido por Peruchi (2006) com aplicações foliares de plantas de soja. O mesmo não foi verificado por Vieira et al. (1987), em que o fornecimento de Zn às plantas de soja não aumentou o teor do micronutriente nas sementes e nas folhas. Presume-se que o zinco seja móvel pelo floema e ocorra sua redistribuição de órgãos vegetativos para reprodutivos, como verificado em ervilhaca. Todavia, considerando todos os tratamentos, os valores foram

próximos aos 50 mg de Zn.g⁻¹ matéria seca de sementes, relacionado por Mengel e Kirkby (2001).

O manganês é o elemento envolvido na fotossíntese (Fotossistema II) em que quatro átomos do elemento da enzima participam da reação que catalisa os estágios iniciais da produção de oxigênio (MARSCHNER, 1986). Plantas deficientes em manganês influenciam negativamente o teor de óleo por redução da fotossíntese, ou seja, por diminuição do suprimento do esqueleto carbônico para síntese de óleo. Também pode causar descoloração e desuniformidade de sementes.

De acordo com Mengel e Kirkby (2001), o manganês é relativamente imóvel na planta, mas Caballero et al. (1996) referiram-se à sua remobilidade de órgãos vegetativos para as sementes somente no início da formação destas e há indicação da aplicação foliar para correção de deficiências.

O teor de boro nas sementes apresentou diferenças significativas entre os tratamentos. A maior concentração de B foi verificada no tratamento em que foi realizada a sua aplicação (T7). Peruchi (2006) e Bevilaqua et al. (2002) não verificaram aumento do teor foliar deste elemento em folhas de plantas de soja, após pulverização com boro.

O boro é tido como de translocação limitada, comparativamente a outros micronutrientes, e sua função está ligada à biossíntese de lignina, no transporte de açúcares, síntese da parede celular, metabolismo de carboidratos, metabolismo de RNA, respiração, metabolismo de AIA, metabolismo fenólico, metabolismo de ascorbato e integridade da membrana plasmática (MARSCHNER, 1986; MENGEL e KIRKBY, 2001). Todavia, há inferências sobre a possibilidade de algum açúcar formar complexo com o boro que determinaria maior mobilidade do elemento e, nesse caso, justificaria o teor mais elevado observado no tratamento 7.

As exigências de boro pelas plantas é maior no estágio reprodutivo, razão para aplicações foliares serem de maior interesse, particularmente no florescimento. Mas o intervalo bastante estreito, entre níveis de deficiência e de toxicidade requer cuidados quando da sua aplicação (MARSCHNER, 1986; MENGEL e KIRKBY, 2001).

A composição química das sementes, no que se refere ao molibdênio, foi extremamente variável entre os tratamentos, com valor do coeficiente de variação muito elevado. Assim, os dados não oferecem segurança à interpretação dos efeitos dos nutrientes

aplicados. Entretanto, a maior concentração de molibdênio em sementes oriundas do tratamento 3, correspondente à aplicação foliar do referido elemento nos estádios R3 e R5-4. Campo e Hungria (2007), referem-se ao “enriquecimento de sementes” em que aplicações foliares em complementação a aplicação de molibdênio nas sementes promoveram efeitos positivos no teor de molibdênio em sementes de soja: quando em menor concentração nas sementes e não realizada aplicação foliar de molibdênio, foi constatada redução de 30,5% na produtividade, concordando com os resultados relatados por Marschner (1986) sobre a importância do teor do nutriente em sementes.

Os valores geralmente encontrados para o teor de molibdênio nas sementes está em torno de 2 mg.kg⁻¹ (EMBRAPA, 2007).

O molibdênio é elemento móvel no floema por retranslocação decorrente da aplicação foliar, modo normalmente empregado para correção de sua deficiência em culturas por demandar menor quantidade que a aplicação no solo. Mengel e Kirkby (2001) referiram-se à aplicação foliar como a mais efetiva sob condições de estresse hídrico. Porém, há diferenças de exigências entre várias leguminosas.

Plantas de soja, oriundas de sementes com baixo teor de molibdênio, quando pulverizadas com as doses de 10 g Mo.ha⁻¹ nos estádios V5-V6, proporcionaram maiores produções (CAMPO e HUNGRIA, 2007).

De acordo com Adams (1997), citado por Mengel e Kirkby (2001), plantas provenientes de sementes com elevado nível de molibdênio podem não revelar sintomas de deficiência, mesmo quando a semeadura ocorre em solo deficiente no elemento.

Em ervilhaca com 0,5 a 0,7 mg Mo.ha⁻¹ não foram constatadas respostas ao tratamento destas com o mesmo elemento, quando semeadas em solo com deficiência (MENGEL e KIRKBY, 2001).

Esses aspectos relacionados ao molibdênio revestem-se de importância na medida em que, também, é exigido em reduzidas quantidades e sua deficiência provoca retardamento de emissão de estilo e estigma, reduções da abertura de flores e da produção de pólen e, portanto, da produção.

4.5. CONSIDERAÇÕES GERAIS

A aplicação de nutrientes em plantas de soja, cv BRS 232, de modo geral, não influenciou as características dos componentes da produção. No entanto, mesmo não tendo ocorrido diferenças estatísticas significativas, no tratamento 1 (sementes inoculadas) foi no qual foram observados valores inferiores de vagens por planta, sementes por vagem e massa de 100 sementes, contribuindo para menor produtividade.

Os testes empregados foram, comparativamente, desuniformes quanto às indicações fornecidas e, desse modo, confirmam a dificuldade tecnológica que ainda existe para a seleção das determinações destinadas à avaliação da qualidade fisiológica de sementes.

Aparentemente, e considerando o conjunto das determinações, os tratamentos correspondentes às aplicações foliares somente de boro e especialmente as de cobre, detectadas na maior parte das avaliações relacionadas às sementes, plântulas e plantas tenderam a ser prejudiciais à qualidade inicial das sementes de soja, como indicado pelos teste de primeira contagem de germinação, de germinação, de envelhecimento acelerado, de comprimento de plântulas e, mesmo sem diferenças estatísticas, pelos testes de condutividade elétrica e de emergência de plântulas no campo. Os efeitos aos seis meses após a colheita foram mais nítidos em termos desfavoráveis para o cobre, nos testes de primeira contagem de germinação, de condutividade elétrica, o de comprimento de raiz e de emergência de plântulas, este apesar da ausência de diferenças significativas.

Possivelmente, a dose de boro aplicada tenha atingido níveis tóxicos, uma vez que a diferença deste em relação a níveis deficientes é bastante próxima, como citado por Marschner (1986) e Mengel e Kirkby (2001), o que seria corroborado pelo elevado nível do elemento nas sementes.

Mengel e Kirkby (2001) referiram-se a danos na estrutura da membrana como consequência de excesso de cobre, o que pode ter ocorrido, face aos valores de condutividade elétrica, após seis meses da colheita, do tratamento em que o elemento foi empregado.

Em geral, apesar da ausência de efeitos das aplicações dos tratamentos com nutrientes na composição química das sementes, exceto boro e molibdênio, foram observados, no conjunto, valores superiores, ou próximos deles, pelo tratamento 10, merecedor, portanto, de investigações futuras.

Assim, levando em conta as tendências gerais observadas e os dados constantes na literatura, a aplicação foliar de nutrientes em soja, somente é vantajosa, quando indicada a correção de deficiência específica.

5. CONCLUSÕES

Tendo em vista os resultados apresentados neste trabalho, concluiu-se que:

- 1- Há vantagens à produtividade de sementes de soja com aplicação de nutrientes nas sementes, foliar ou em cobertura do solo em comparação com sementes apenas inoculadas.
- 2- Aplicações foliares de ácido bórico e de cobre quelatizado com EDTA influenciam negativamente a qualidade fisiológica de sementes de soja.
- 3- Os teores de macronutrientes e de proteína de sementes de soja não são influenciados pela aplicação de nutrientes às plantas, com exceção do P.
- 4- Os teores de boro e de molibdênio de sementes de soja são influenciados positivamente por aplicações foliares de ácido bórico e de molibdênio, respectivamente.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, J.F.; HARTOZOG, D.L.; NELSON, D.B. Supplemental calcium application on yield, grade, and seed quality of runner peanut. **Agronomy Journal**, v.85, p.86-93, 1993.

AMANE, M.I.V. et al. Resposta de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) às adubações nitrogenada e molíbdica. **Revista Ceres**. Viçosa, v.41, p.202-216, 1994.

AMBROSANO, E.J.; et al. Efeitos da adubação nitrogenada e com micronutrientes na qualidade de sementes do feijoeiro cultivar IAC-CARIOCA. **Bragantia**, Campinas, v.58, n.2, p.393-399, 1999.

AMBROSANO, E.J. et al. Resposta da aplicação de micronutrientes no cultivo do feijão irrigado no inverno. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.53, n.2 – 3, p.273-279, 1996.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis**. 15ed. Arlington: AOAC, 1990. 684p.

AOSA. Association of Official Seed Analysts. **Seed vigour testing handbook**. East Lasing, 1983. 93 p. (Contribution, 32).

ARAÚJO, G.A.A. et al. Influência do molibdênio e do nitrogênio sobre duas variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, Viçosa, v.34, n.2, p.333-339, 1987.

BECKERT, O. P.; MIGUEL, M. H.; MARCOS FILHO, J. Absorção de água e potencial fisiológico em sementes de soja de diferentes tamanhos. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 4, p. 671-675, 2000.

BERGER, P.G.; VIEIRA, C.; ARAÚJO, G.A.A. Efeitos de doses e épocas de aplicação do molibdênio sobre a cultura do feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.31, n.7, p.473-480, 1996.

BEVILAQUA, G.A.P. et al. Aplicação foliar de cálcio e boro e componentes de rendimento e qualidade de sementes de soja. **Ciência Rural**, v.32, n.1. Santa Maria: RS, 2002. 121p.

BRAGA, J.M. Resposta do feijoeiro “Rico 23” à aplicação de enxofre, boro e molibdênio. **Revista Ceres**, v.19, n.103, p.222-226, 1972.

BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLV, 1992. 365p.

BROCH, D.L.; FERNANDES, C.H. **Resposta da soja à aplicação de micronutrientes**. Maracaju: Fundação MS, 1999. 56p. (Informativo técnico 02/99).

BURNELL, J.N. The biochemistry of manganese in plants. In: GRAHAM, R.D.; HANNAM, R.J.; UREN, N.C. (Ed.). **Manganese in soils and plant**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1988. p.125-137.

BUZETTI, S.; MAURO, A.O. & VARGAS, J.T.D. Efeito de vários micronutrientes na cultura de soja. In: UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. **Relatório técnico-científico**. Ilha Solteira, 1981. p. 66-68.

CABALLERO, R.; ARAUJO, M.; HERNAIZ, P.J. Accumulation no redistribution of mineral elements in common vetch during por filling. **Agronomy Journal**, Madison, v.88, p.801-805, 1996.

CAMARA, G.M.S. **Ecofisiologia da soja e rendimento**. In: CAMARA, G.M.S. (Ed.). Soja: Tecnologia da produção. Piracicaba: Editora Publique, 1998. p.256-277.

CAMPO, R.J.; HUNGRIA, M. enriquecimento de sementes de soja com molibdênio como fator de aumento da eficiência da fixação biológica do nitrogênio e do rendimento da soja. Reunião de Pesquisa de soja da Região Central do Brasil (25.: 2003: Uberaba, MG) p.156-157. Resumos da XXV **Reunião de Pesquisa de soja da Região Central do Brasil, Uberaba, 12 a 14 de agosto de 2003**. Londrina: EMBRAPA, 2003.

CAMPO, R.J.; HUNGRIA, M. Fontes e doses de molibdênio para enriquecimento de sementes e seus efeitos no rendimento da soja. Reunião de Pesquisa de soja da Região Central do Brasil (29.: 2007: Campo Grande, MS) p.191-194. Resumos da XXIX **Reunião de Pesquisa de soja da Região Central do Brasil, Campo Grande, 31 de julho a 01 de agosto de 2007**. Londrina: EMBRAPA, 2007.

CAMPO, R.J.; LANTMANN, A.F. Efeitos de micronutrientes na fixação biológica do nitrogênio e produtividade da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.33, n.8, p.1245-1253, 1998.

CARTTER, J.L.; HARTWING, E.E. The management of soybeans. In: NORMAN, A.G. (Ed.). **The soybean**. New York: Academic, 1962.

CARVALHO, E.G. **Efeito do nitrogênio, molibdênio e inoculação das sementes em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) na região de Selvíria-MS**. Ilha Solteira: FEIS/UNESP. 1994. 51p. (Monografia de Graduação).

CARVALHO, N.M.; TOLEDO, F.F. Relationships between available space for plant development and seed vigour in peanut *Arachis hypogaea* plant performance. **Seed Science and Technology**, Norway, v.6, n.907-910, 1978.

CARVALHO, J.L.; MINAMI, K. Efeitos da adubação nitrogenada sobre a qualidade de sementes de alface. **Anais da E. S. A. "Luis de Queiroz"**, Piracicaba, v.37, p.23-32, 1980.

CHENG, T. The effect of seed treatment with microelements upon the germination and early growth of wheat. **Science Sinica**, v.4, p.129-135, 1955.

CONSTANTOPOULOS, G. Lipid metabolism of manganese-deficient algae. I. Effect of manganese deficiency on the greening and the lipid composition of *Euglena gracilis* Z. **Plant Physiology**, v.45, n.1, p. 76-80, 1970.

DINIZ, A.R. et al. Resposta da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) à aplicação de nitrogênio (semeadura e cobertura) e de molibdênio foliar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa, MG. **Anais Viçosa:UFV**, 1995, v.3, p.1225-1227.

EMBRAPA. Tecnologia de produção de soja – região central do Brasil – 2006. Londrina: Embrapa soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2005. 220p (Sistemas de Produção/Embrapa Soja, n.9).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa solos, 1999. 412p.

EMBRAPA SOJA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa da Soja. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/index.php?op-page=299&cod-pai=171>>. Acesso em: 03 mar. 2008.

FERREIRA, R.D. et al. Influência do molibdênio contido na semente e da sua aplicação foliar sobre a composição mineral de folhas e sementes do feijoeiro. **Revista Ceres**, Viçosa, v.49, n.284, p.443-452, 2002.

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do SISVAR par Windows versão 4.0. In: **REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA**, 45, 2000, São Paulo. **Anais...**São Carlos: UFSCAR, 2000, p.225-258.

FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.; Cobre. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. **Micronutrientes na Agricultura**. Piracicaba: POTAFOS/CNPq, 1991. p.131-157.

FRANÇA NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; HENNING, A.A. Teste de tetrazólio e patologia de sementes como instrumentos fundamentais na produção de sementes de soja. **Anuário ABRASEM**, Brasília, p.16-18, 1990.

FRANÇA NETO, J.B. et al. Efeito de doses e métodos de aplicação de cloreto de potássio sobre a qualidade da soja. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Resultados de Pesquisa de Soja 1984/85**. Londrina, 1985. p.294-301. (EMBRAPA-CNPSO. Documentos, 15).

GRIS, E.P.; CONTE E CASTRO, A.M.; OLIVEIRA, F.F. Produtividade da soja em resposta a aplicação de molibdênio e incubação com *Bradyrhizobium japonicum*. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v.29, n.1, 2005.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja** Londrina: Embrapa Soja, 2001. 48p. (Embrapa Soja. Circular técnica, 35; Embrapa Cerrados. Circular técnica, 13).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: fev.2008.

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.

KRZYZANOWSKI, F. C. Tecnologias que valorizam a semente de soja. Revista Seed News, Nov./dez. 2006. <http://www.seednews.inf.br/portugues/seed106/artigocapa.shtml>. Acesso em: 21/08/2008.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; COSTA, N. P. Efeito da classificação de sementes de soja por tamanho sobre sua qualidade e a precisão de semeadura. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 13, p. 59-68, 1991.

LANTMANN, A. F. et al. Resposta da soja a molibdênio em diferentes níveis de pH do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.13, p.45-49, 1989.

LIMA, R. M. Efeito do tamanho das sementes sobre alguns atributos fisiológicos e agronômicos. **Anuário Abrasem**, Brasília, DF, p. 39-43, 1996.

LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M. **Manual técnico de manejo e conservação de solo e água**. Campinas: CATI, 1994. v. 2, 168 p.

MACHADO, J.S. et al. Efeitos de fósforo, molibdênio e cobalto sobre o feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivado em oxissolos. **Ciência Prática**, Lavras, v.3, n.2, p.101-106, 1979.

MALAVOLTA, E. Nutrição de plantas. In: FERRI, M.G. (Org.). **Fisiologia Vegetal**. São Paulo: EDUSP, 1985. v.1, 400p.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo, Editora Agronômica Ceres, 1980. 251p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafós, 1997. 319p.

MANN, E.N. et al. Efeito da aplicação de manganês no rendimento e na qualidade de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.12, p.1757-1764, 2002.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: Conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. Cap.3, p.1-24.

MARCOS FILHO, J.; CÍCERO, S.M.; SILVA, W.R. **Avaliação da qualidade das sementes**. Piracicaba: FEALQ, 1987. 230p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 2nd Ed., 1995. 889p.

MASCARENHAS, H. A. A.; TANAKA, R. T. Soja. In: RAIJ, B. VAN. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômica/Fundação IAC, 1997. p. 202-203 (Boletim 100).

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press INC., 1986. 407p.

McDONALD, M. B. Jr. Assessment of seed quality. **HortScience**, Alexandria, v. 15, n. 6, p.784-788, 1980.

MCDONALD JR, M.B.; PHANEENDRANATH, B.R. A modified accelerated ageing vigour test procedure. **Journal Seed Technology**, v.3, n.1, p.27-37, 1978.

MELARATO, M.; PANOBIANCO, M.; VITTI, G.C.; VIEIRA, R.D. Manganês e potencial fisiológico de sementes de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.6, p.1069-1071, 2002.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001. 849p.

MILANI, G.L. **Aplicação foliar de Mo durante a maturação das sementes de soja: efeitos na produtividade, no teor de Mo, na qualidade das sementes e na nodulação**. 2007. 50p. Dissertação (Mestrado), Lavras: UFLA, 2007.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2002. 626p.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Eds.). **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Londrina: Abrates, 1999. cap. 2, p. 2.1-2.24.

NAKAGAWA, J. et al. Efeitos de algumas fontes de fósforo e da calagem na produção de sementes de amendoim. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.28, n.4, p.421-431, 1993.

PAIVA AGUERO, J.A. **Correlação de condutividade elétrica e outros testes de vigor com a emergência de plântulas de soja em campo**. 1995. 92f. Dissertação (Mestrado em Produção e Tecnologia de Sementes). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias: UNESP, Jaboticabal, 1995.

PARDUCCI, S.; SANTOS, O.S.; CAMARGO, R.P. **Micronutrientes**. Biocrop. Campinas, Microquímica, 1989. 101p.

PERUCHI, M. **Aplicação de fertilizantes foliares em culturas anuais**. 2006. 53p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. 2006.

PINTO, T. L. F. et al. Avaliação de danos por umidade, em sementes de soja, utilizando a técnica da análise de imagens. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 29, n. 3, p. 31-38, 2007

RAIJ, B. Van; QUAGGIO, J.A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1983. 31p. (Boletim Técnico, 81).

RIBEIRO, N.D.; SANTOS, O.S. Aplicação de manganês e cobre em sementes de soja. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.47, n.417, p. 8-9, 1994.

RIBEIRO, N.D.; SANTOS, O.S. Aproveitamento do zinco aplicado na semente na nutrição da planta. **Ciência Rural**, v.26, n.1, p.159-165, 1996.

ROCHA, J.Q.; COSTA, M.N.C. Produtividade da soja em resposta a aplicação de micronutrientes. Reunião de Pesquisa de soja da Região Central do Brasil (30: 2008: Rio Verde, GO) p.287-289. Resumos da **XXX Reunião de Pesquisa de soja da Região Central do Brasil, Rio Verde, de 20 a 21 de agosto de 2008**. Londrina: EMBRAPA, 2008.

ROSOLEM, C.A. **Nutrição mineral e adubação de soja**. Piracicaba: Instituto da potassa, 1980. 80p. (Boletim Técnico, 6).

ROSSETO, C.A.V. **Efeitos da colheita e da calagem na produção e qualidade de sementes de amendoim (*Arachis hypogea* L.) cv. Botucatu**. 1993. 114f. Dissertação (Mestrado em Agricultura), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 1993

RUBIN, S.A.L. et al. Tratamento de sementes de soja com micronutrientes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.25, n.1, p.39-42, 1995.

SÁ, M.E. Importância da adubação na qualidade de semente. In: SÁ, M. E; BUZZETTI, S. (Ed.). **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. p.65-98.

SANTOS, L.P. et al. T. Adubação nitrogenada e molibdica da cultura da soja em Viçosa e Coimbra, Minas Gerais. **Revista Ceres**. Viçosa, v.47, p.33-48, 2000.

SANTOS, L.P. et al. Adubação nitrogenada e molibdica na cultura da soja: influência sobre a maturação, índice de colheita e peso médio das sementes. **Revista Ceres**, Viçosa, v.51, n.296, p.429-444, 2004.

SILVA, P.A. et al. Análise fisiológica e ultra-estrutural durante o desenvolvimento e a secagem de sementes de soja. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, v.29, n.2, p.15-22, 2007.

SFREDO, G.J. et al. Eficácia de produtos contendo micronutrientes, aplicados via semente, sobre produtividade e teores de proteína da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.21, p.41-45, 1997.

SFREDO, G.J. et al. **Molibdênio e cobalto na cultura da soja**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1997. 18p. (CNPSO. Circular Técnica, 16).

SFREDO, G.J. **Soja no Brasil: calagem, adubação e nutrição mineral**. Londrina, 2008. 148p. (Embrapa Soja. Documentos, 305).

SILVA, R.G. Adubação com micronutrientes na produtividade e qualidade fisiológica de sementes de cultivares de feijão comum. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas** V.1, n. 1, p. 41, 2007.

SILVA FILHO, P. M. **Desempenho de plantas e sementes de soja classificadas por tamanho e densidade**. 1994. 64 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes)–Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1994.

SOUZA, L. C. F. **Efeito da classificação por tamanho de sementes de soja (*Glycine Max* (L.) Merrill) sobre a germinação, vigor, desempenho das plantas no campo e qualidade**

das sementes colhidas. 1988. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)–Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 1988.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology.** 3ed. Sunderland, MA: Sinauer Associates, 2004. 792p.

TANAKA, R.T. et al. Resposta da soja ao molibdênio aplicado em solo arenoso de cerrado de baixa fertilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.28, n.2, p.253-256, 1993.

TEICHLER-ZALLEN, D. The effect of manganese on chloroplast structure and photosynthetic ability of *Chlamydomonas reinhard*. **Plant Physiology**, v.44, n.5, p.701-710. 1969.

TEIXEIRA, I.R. et al. Teores de nutrientes e qualidade fisiológica de sementes de feijão em resposta à adubação foliar com manganês e Zinco. **Bragantia**, Campinas, v.64, n.1, p.83-88, 2005.

TOLEDO, F.F. **Produção de Sementes.** Piracicaba: USP, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1969. 59p. (Boletim didático, 11).

TOLEDO, M.Z. **Dano por embebição em sementes de soja em função do teor de água inicial, cultivar e local de produção.** 2008. 68p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2008

TRIGO, et al. Efeito do conteúdo de fósforo na semente de soja sobre o rendimento da planta resultante. **Revista Brasileira de Sementes**, v.19, p.111-115, 1997.

VIDOR, C.; PERES, J.R.R. Nutrição das plantas com molibdênio e cobalto. In: BORKERT, C.M.; LANTMANN, A.F., Eds. **Enxofre e micronutrientes na agricultura brasileira.** Londrina: Embrapa/CNPSO/SBCS, 1988. p.179-204.

VIEIRA, R.D. **Teste de condutividade elétrica**. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. Testes de vigor em sementes. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.103-139.

VIEIRA, R.D. et al. Avaliação de doses de P e K na qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**. Brasília, v.9, n.1, p. 83-89, 1987.

VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D. e FRANÇA-NETO, J.B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, Comitê de Vigor de Sementes, 1999. p.4-1 a 4-26.

VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M.; BUZETTI, S. Efeito da adubação com zinco sobre a qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**. Brasília, v.9, n.1, p.107-111, 1987.

VIEIRA, M.G.G.C.; CARVALHO, M.L.M.; MACHADO, J.C. **Controle de qualidade de sementes**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1999. 113p. (Curso de Especialização – Pós-Graduação “*Latu sensu*” por Tutoria a Distância – Produção e Tecnologia de Sementes)

VIEIRA, R.F.; FONTES, R.A.; CARVALHO, J.R.P. Desempenho de sementes de feijão colhidas de plantas não adubadas, adubadas com macronutrientes e com macro + micronutrientes. **Revista Ceres**. Viçosa, v.34, n.192, p.162-178, 1987.

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

VIEIRA, F.V.; SALGADO, L.T.; RIGUEIRA, C.M.S. Produção de sementes com alto teor de molibdênio. Congresso Nacional de Pesquisa de Feijão (7.: 2002, Viçosa, MG) p. 530-533. **Resumos expandidos VII Congresso Nacional de Pesquisa de Feijão**, 08 a 12 de setembro de 2002. Viçosa, MG: UFV, 2002.

VITTI, G.C. et al. Fertilizante com molibdênio e cobalto na cultura da soja. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v.8, p. 349-352, 1984.

VOSS, M.; POTTKER, D. Adubação com molibdênio em soja, na presença ou ausência de calcário aplicado na superfície do solo, em plantio direto. **Ciência Rural, Santa Maria**, v.31, n.5, p.787-791, 2001.

YOKOMIZO, G.K. Interação genótipos x ambientes em topocruzamentos de soja tipo alimento com tipo grão. 1999. 170f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Piracicaba, 1999.