

MARCOS MORAIS SOARES

**EFEITO DO RECOBRIMENTO DE SEMENTES COM FÓSFORO NA
QUALIDADE DAS SEMENTES, NODULAÇÃO E CRESCIMENTO DAS
PLANTAS DE SOJA**

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

**VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2009**

MARCOS MORAIS SOARES

**EFEITO DO RECOBRIMENTO DE SEMENTES COM FÓSFORO NA
QUALIDADE DAS SEMENTES, NODULAÇÃO E CRESCIMENTO DAS
PLANTAS DE SOJA**

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

APROVADA: 10 de fevereiro de 2009.

Prof. Júlio César Lima Neves
(Co-orientador)

Prof. Tuneo Sedyama
(Co-orientador)

Prof. Múcio Silva Reis

Pesq. Roberto Fontes Araújo

Prof. Eduardo Fontes Araújo
(Orientador)

À minha família,
Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre iluminar meus caminhos.

À Universidade Federal de Viçosa, especialmente ao Departamento de Fitotecnia.

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

Ao professor Eduardo Fontes Araújo, pela dedicada orientação, sempre segura, pela amizade e pelos ensinamentos.

Aos professores Júlio César Lima Neves e Tuneo Sedyama, pela atenção, pelos valiosos aconselhamentos e pelo apoio constante.

Às professoras Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias e Eveline Alvarenga Mantovani, pelos conselhos, pelas sugestões e pela amizade.

Aos funcionários do Laboratório de Pesquisa de Sementes e Melhoramento de Soja: José Bernardino Luiz Pires, José Custódio da Silva, Paulo Afonso Paiva e Paulo Daniel Fontes, pela amizade e ajuda na realização deste trabalho.

Aos amigos de Viçosa, do Curso de Agronomia e de Pós-Graduação em Fitotecnia, com os quais tive o prazer e a felicidade de conviver.

A meus pais, James Soares Pires e Alice Morais Soares (*in memoriam*).

A minha avó Guiomar Maria da Conceição e todos os meus outros familiares.

A minha esposa Renata Rodrigues de Castro Rocha e minha filha Alice Rodrigues Soares.

BIOGRAFIA

MARCOS MORAIS SOARES, filho de James Soares Pires e Alice Morais Soares, nasceu no dia 14 de janeiro de 1978 em Unaí, no Estado de Minas Gerais.

Cursou o Primeiro e o Segundo Grau na Escola Nossa Senhora do Carmo em Unaí, Minas Gerais.

Em janeiro de 2004, concluiu o curso de Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa, recebendo o título de Engenheiro Agrônomo.

Em março de 2007, iniciou, na Universidade Federal de Viçosa, o Curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, submetendo-se à defesa de dissertação em fevereiro de 2009.

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	4
3. GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES DE SOJA RECOBERTAS COM FÓSFORO.....	6
3.1 RESUMO	6
3.2 INTRODUÇÃO	8
3.3 MATERIAL E MÉTODOS	10
3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
3.5 CONCLUSÕES	24
3.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25
4. NODULAÇÃO E CRESCIMENTO DE PLANTAS DE SOJA EM FUNÇÃO DO RECOBRIMENTO DAS SEMENTES COM FÓSFORO.....	32
4.1 RESUMO	32
4.2 INTRODUÇÃO	34
4.3 MATERIAL E MÉTODOS	36
4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.5 CONCLUSÕES	52
4.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53

RESUMO

SOARES, Marcos Morais, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2009. **Efeito do recobrimento de sementes com fósforo na qualidade das sementes, nodulação e crescimento das plantas de soja.** Orientador: Eduardo Fontes Araújo. Co-orientadores: Júlio César Lima Neves e Tuneo Sedyama.

A semente é um dos principais insumos da agricultura, pois carrega todo o potencial genético da planta, determinando, em grande parte, o sucesso do cultivo. O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito do fósforo, via recobrimento das sementes de soja com fósforo, tendo como fonte o fosfato de sódio monobásico, na germinação e no vigor de dois lotes de sementes de soja, com diferentes teores desse nutriente e, também, estudar o seu efeito na nodulação e no crescimento das plantas de soja. Vários lotes de sementes de soja do ano agrícola 2006/2007, de mesma classe de tamanho (peneira 5,5 mm), da cultivar Pioneer – P98R31, hábito de crescimento indeterminado e precoce (grupo de maturidade 8,3), foram obtidos junto à Pioneer Sementes – Planaltina-DF. Em seguida foi determinado, no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, o teor de fósforo nas sementes via digestão nítrico-perclórica e a quantificação por espectrometria de absorção molecular. Desse modo, foram selecionados os dois lotes mais contrastante quanto ao teor de fósforo, que corresponderam a 0,441 dag kg⁻¹ (S1) e 0,538 dag kg⁻¹ (S2). No primeiro experimento, após a seleção dos lotes S1 (menor teor de fósforo) e S2 (maior teor de fósforo), no Laboratório de Sementes da Universidade Federal de Viçosa, foi realizado o recobrimento das sementes com fósforo, utilizando como fonte o fosfato de sódio monobásico (sal p.a.). As sementes de cada lote foram tratadas na seguinte seqüência: fungicida Derosal Plus (carbendazin + thiram), na dose de 200 ml 100kg⁻¹ de sementes e fosfato de sódio monobásico nas doses de 0,0; 0,2; 0,4; 0,8; 1,2 e 1,6 g hg⁻¹ de sementes. No segundo experimento, conduzido em casa de vegetação, as sementes dos dois lotes foram tratadas iguais ao primeiro experimento, com exceção da dose de 1,6 g hg⁻¹ de fosfato de sódio nas sementes, e também após a aplicação do fosfato, utilizou-se o inoculante turfoso Microxisto, na dose de 3,0 milhões de células da bactéria *Bradyrhizobium japonicum* por semente, em seguida as sementes foram semeadas em vasos plásticos contendo 2,5 dm³ de amostra de um Latossolo Vermelho Amarelo adicionado de P conforme o tratamento, nas doses de 200 e 400

mg kg⁻¹, tendo como fonte o superfosfato triplo, de modo a se obter dois níveis de disponibilidade de P no solo. No segundo experimento, também foi utilizado quatro testemunhas, que não receberam a aplicação do fósforo e do inoculante. No primeiro experimento, as sementes foram avaliadas pelos testes de germinação, primeira contagem da germinação, envelhecimento acelerado, matéria fresca da parte aérea e da raiz, matéria seca da parte aérea e da raiz, índice de velocidade de emergência e porcentagem de emergência das plântulas. No segundo experimento, no estágio de início da formação das vagens (R3), foram avaliados o teor de fósforo e nitrogênio no terceiro trifólio, o número de nódulos, a altura de planta, a matéria seca da parte aérea, da raiz e dos nódulos e a área foliar específica. Os resultados do primeiro experimento mostraram que o recobrimento das sementes dos lotes de soja com fósforo, nas doses adequadas, promovem o aumento da germinação, do vigor pela primeira contagem, da matéria seca da parte aérea e da matéria fresca e seca da raiz. No teste de envelhecimento acelerado ocorreu redução do vigor das sementes dos dois lotes à medida que se aumentou a dose de fósforo. Os resultados, também mostraram que independente do teor de fósforo na semente, o recobrimento das sementes com fósforo não proporcionou aumento da nodulação e do crescimento das plantas de soja para a condição de solo com maior disponibilidade de fósforo. Já na condição de solo com menor disponibilidade de fósforo, o recobrimento das sementes proporcionou aumento da nodulação e do crescimento das plantas de soja.

ABSTRACT

SOARES, Marcos Morais, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February 2009.

Effect of coated of seed with phosphorous on quality of seeds, nodulation and growth of plants of soy. Advisor: Eduardo Fontes Araújo. Co-advisors: Júlio César Lima Neves and Tuneo Sedyama.

The seed is one of the principal input of agriculture, because carry all genetic potential of plant, determining, largely, the success of the crop. The objective this work was study the effect of phosphorous, by coated of seeds of soy with phosphorous, have with sources monobasic phosphorous phosphate, on germination and vigor of two lots os soy seeds, with different texts this nutrient and, also, study his effect in nodulation and growth of soy plants. Several lots of soy seeds of the agricultural year 2006/2007, of same size class (sieve 5,5 mm), of Pioneer cultivate – P98R31, habit of uncertain and precocious growth (maturity group 8,3), were obtained of Pioneer - Planaltina-DF. After that, was determinated, in the Laboratory of Mineral Nutrition of Plants of the Department of Fitotecnia of Federal University of Viçosa, the text of phosphorous on seeds by digest nitric-perchloric and the quantification by spectrometry of molecular absorption. In this manner, was selected the two lots more different, that corresponded of 0,441 dag kg⁻¹ (S1) and 0,538 dag kg⁻¹ (S2). In the first experiment, after the selection of lots S1 (lesser text of phosphorous) and S2 (bigger text of phosphorous), in the Laboratory of Seeds of Federal University of Viçosa, was carried the coated of seeds with phosphorous, using as source monobasic phosphorous phosphate (salt p.a). The seeds of each lot had been treated in the following sequence: fungicide Derosal Plus (carbendazin + thiram), in the dose of 200 ml 100kg⁻¹ of seeds and monobasic phosphorous phosphate in the doses 0; 0,2; 0,4; 0,8; 1,2 and 1,6 g hg⁻¹ of seeds. In the second experiment, carried in the vegetable house, the seeds of two lots was treated same to the first experiment, with exception the dose of 1,6 g hg⁻¹ of monobasic phosphorous phosphate in the seeds, and also after the application of phosphate, it was utilized the inoculants turfoso Microxisto in the dose of 3,0 millions of cells of bacteria *Bradyrhizobium japonicum* by seed, after that the seeds was sowing in the plastic vases containing 2,5 dm³ of sample of one red-yellow latosol added of P as the treatments, in the doses of 200 and 400 mg kg⁻¹, having with source triple

superphosphate, in order to get itself two levels of availability of P in the soil. In the second experiment, also was utilized four demonstration, that no received the application of phosphorous and inoculants. In the first experiment, the seeds was evaluated by germination tests, first counting of germination, accelerated aging, fresh weight of aerial part and root, dry weight of aerial part and root, velocity index of emergency and emergency percent of seedlings. In the second experiment, in the stage of initial of formation of strings (R3), were evaluated the text of phosphorous and nitrogen in the third trifoliolate, the number of nodules, the height of plants, whole fresh weight of aerial part, root and nodules and specific foliar area. The results of first experiment showed that coated of seeds of lots of soy with phosphorous, in the adequate doses, promote the increase of germination, vigor by first counting, dry weight of aerial part and fresh and dry weight of root. In the test of accelerated aging occurred reduction of vigor of seeds of two lots to the measure that if increased the dose of phosphorous. The results, also showed that independently of the text of phosphorous in the seed, the coated of the seeds with sodium phosphate did not provide increase of plants of soy for soil condition with bigger available of phosphorous. Already in the soil condition with less available of phosphorous, the coated of seeds provided increase of nodulation and growth of soy plants.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A primeira referência sobre soja (*Glycine Max* (L.) Merrill) no Brasil data de 1882, na Bahia, sendo que o cultivo para produção comercial de grãos teve início no Rio Grande do Sul, por volta de 1935, cuja principal finalidade era a alimentação de suínos, e a primeira exportação brasileira ocorreu em 1938 para a Alemanha (Magalhães, 1981). No ano agrícola 2007/2008 a área cultivada com a cultura da soja foi de 21,3 milhões de hectares com uma produção de 60 milhões de toneladas (Conab, 2008). O Brasil é o maior exportador mundial de soja e o segundo maior produtor, participando com 25,7% da produção mundial e 48,2% do total exportado (Agrianual, 2007). Os estados do Mato Grosso e Paraná produziram quase 50% da produção nacional de soja, no ano agrícola 07/08, sendo o restante produzido, principalmente, nos estados do Rio Grande do Sul, Goiás, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Minas Gerais, Santa Catarina, Distrito Federal e Bahia (Dias, 2007; Agrianual, 2007).

A qualidade e o desempenho das sementes estão relacionados e vinculados. Semanticamente, a qualidade é um atributo ou propriedade que conota superioridade ou excelência. Já o desempenho, é um aspecto dinâmico que deixa implícita a execução de uma atividade, conclusão de uma ação (Delouche, 2005).

Para que a semente exerça o máximo de seu potencial, o seu desempenho depende de três fatores: herança genética, qualidade fisiológica e meio ambiente (Delouche, 2004). Em relação aos demais, o fator genético de alta qualidade apresenta-se como o quesito mais difícil de ser atingido, sendo, da mesma maneira, o mais importante no sucesso do negócio. Porém, sem o apoio dos demais fatores, a lavoura estará fadada ao fracasso, não permitindo, assim, que a semente demonstre seu máximo potencial produtivo. Toda tecnologia colocada à disposição do produtor capaz de favorecer o desenvolvimento da cultura no campo será sempre bem recebida, sendo esses, tanto fatores químicos como biológicos ou até mesmo mecânicos.

A tecnologia proposta por este trabalho é o recobrimento de sementes de soja com fósforo antes do processo de semeadura da cultura.

A importância do fósforo no suprimento de energia ao metabolismo intenso, que se caracteriza nos processos de formação e de germinação da semente, é desde há muito, reconhecida (Ching, 1972). A principal forma de armazenamento de

fósforo nas sementes é o fitato, que pode conter de 50 a 80% do P total ali armazenado. Uma clara relação entre fitato e vigor de sementes foi identificada na soja em estudos nos quais foram comparados teores altos e baixos de fitato.

O fósforo é nutriente de fundamental importância para a cultura da soja, haja vista o fato de que ele participa de vários processos metabólicos, como na transferência de energia (ATP), fotossíntese, respiração, síntese de ácidos nucleicos e glicose, síntese e estabilidade de membranas (fosfolipídios); ativação e desativação de enzimas (Vance *et al.*, 2003); promove o aumento do número de ápices produzidos por unidade de comprimento das raízes, o aumento da extensão desses ápices, bem como aumento na emissão de raízes secundárias (Bruce *et al.*, 1994); é muito importante na fixação biológica de Nitrogênio (N_2), pois a redução do N_2 atmosférico em amônia que ocorre nos bacterióides e a assimilação do amônio pela planta são processos consumidores de energia, dependentes da disponibilidade de ATP (Sa *et al.*, 1991), atuando assim no crescimento e no funcionamento dos nódulos (Almeida *et al.*, 2000). Além disso, como a porcentagem de adesão das células de *Bradyrhizobium* às raízes é baixa, da ordem de 0,88 a 2,73% (Dolhem-Biremon *et al.*, 1995), o fósforo poderá promover uma maior e mais rápida adesão das células por promover uma formação mais rápida do sistema radicular e maior volume do mesmo, principalmente no que diz respeito às raízes secundárias.

Ademais, existem vários problemas relacionados ao nutriente fósforo, no que se refere à sua disponibilidade e retenção nos solos, principalmente em solos altamente intemperizados de regiões tropicais, como também o alto custo dos fertilizantes fosfatados.

O teor total de fósforo dos solos se situa, de modo geral, entre 200 e 3.000 mg kg^{-1} , e menos de 0,1% desse total encontram-se na solução do solo. Em solos agrícolas, os valores de fósforo em solução situam-se, com frequência, entre 0,002 e 2 mg L^{-1} de P (Fardeau, 1996). Em contra partida, o teor total de potássio nos solos e na solução se situa entre 300 e 30.000 mg kg^{-1} de K e de 1,0 a 50 mg L^{-1} de K, respectivamente (Sparks, 2000).

Alguns latossolos do cerrado podem adsorver mais de 2 g dm^{-3} de P (Ker, 1995), valor que equivale a 4000 kg ha^{-1} de P, incorporado de 0 a 20 cm de profundidade. Um ano após a aplicação de superfosfato simples, em quatro solos, 58% do fósforo aplicado encontrava-se disponível, 38% depois de dois anos e 20% depois de três anos (Devine *et al.*, 1968).

Um estudo realizado pela Companhia Nacional de Abastecimento (Conab, 2008) indica que os preços alguns formulados NPK foram reajustados, no ano agrícola 2007/2008, em mais de 100%. Na soja, a participação do custo dos fertilizantes no custo de produção subiu 17,5%. O fosfato diamônico (DAP) era vendido a US\$ 250 por tonelada em janeiro de 2007, crescendo para US\$ 1.230 por tonelada em 2008 (Peske, 2008).

Assim, o recobrimento das sementes com fósforo poderá ser uma solução para se tentar resolver os problemas que foram descritos a respeito desse nutriente.

Segundo Lopes (2001), a aplicação de fertilizantes fosfatados de forma localizada, como no recobrimento das sementes, apresenta inúmeras vantagens: fonte inicial de fósforo para a plântula de soja em desenvolvimento; menor contato do fósforo com o solo, associado a utilização mais rápida pela plântula de soja, o que irá resultar em menor retenção do fósforo aos colóides do solo; coloca o fósforo em posição disponível para o sistema radicular ainda reduzido das plântulas em início de desenvolvimento; aumenta a possibilidade de formar um estande mais uniforme e vigoroso; reduz o tempo para absorção dos fertilizantes aplicados no momento da semeadura e da reserva do solo em função de promover uma mais rápida formação inicial do sistema radicular.

Com isso, o objetivo deste trabalho foi estudar o efeito do fósforo, via recobrimento das sementes com fósforo, tendo como fonte o fosfato de sódio monobásico, na germinação e no vigor de dois lotes de sementes de soja com diferentes teores desse nutriente e, também, estudar o seu efeito na nodulação e no crescimento das plantas de soja.

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL, 2007. **Anuário da Agricultura Brasileira**. Mercado & Perspectivas. São Paulo-SP, 2007. p. 52-55.

ALMEIDA, J.P.F.; HARTWIG, U.A.; FREHNER, M.; NOSBERGER, J.; LUSCHER, A. Evidence that P deficiency induces N feedback regulation of symbiotic N₂ fixation in white clover (*Trifolium repens* L.). **Journal of Experimental Botany**, Zurich, v. 51, p. 1289-1297, 2006.

BRUCE, A.; SMITH, S. E.; TESTER, M. The development of mycorrhizal infection in cucumber: effects of P supply on root growth, formation of entry points and growth of infection units. **New Phytologist**, Adelaide, v. 27, p. 507- 514, 1994.

CHING, T. M. Metabolism of germinating seeds. In: KOSLOWSKI, T. T. (ed.) **Seed Biology**. Academy Press, New York, v. 2, p. 103-218, 1972.

CONAB – Companhia Brasileira do Abastecimento. **Décimo segundo levantamento da safra 2007/2008**. Disponível em:

<http://www.conab.gov.br/conbweb/download/safra/12_levantamento_set2008.pdf.

Acesso em: 12 out. 2008.

DIAS, D.S. Mercado & Perspectivas (Soja). Cenário melhora ao longo da safra 2006/2007, mas preço em alta só no final da temporada. In: **Agrianual**, São Paulo, 2007. p. 433-436.

DELOUCHE, J.C. Desempenho da Semente. **Revista SEED News**, Pelotas, v. 9, n. 1, p. 38, 2005.

DELOUCHE, J. C. Os três componentes do desempenho das sementes. **Revista SEED News**, Pelotas, v. 8, n. 5, p. 46, 2004.

DEVINE, J.R.; GUNARY, D.; LARSEN, S. Availability of phosphate as affected by duration of fertilizer contact with soil. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 71, p. 359-364, 1968.

DOLHEM-BIREMON, C.; MARY, P.; TAILLIEZ, R. Adhesion behaviour of *Bradyrhizobium japonicum* and *Bradyrhizobium elkanii* strains: evidence of duality between the two species. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 27, p. 1657-1660, 1995.

FARDEAU, J.C. Dynamics of phosphate in soils. An isotopic outlook. **Journal Article**, Durance, v. 45, p. 91-100, 1996.

KER, J.C. **Mineralogia, sorção e desorção de fosfato, magnetização e elementos traços de Latossolos do Brasil**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1995. 181 p. (Tese de Doutorado).

LOPES. A.S. **Boletim Técnico de Pesquisa de Soja**. Rondonópolis, MT: Fundação MT, 2001. 144 p.

MAGALHÃES, C.M. Soja no estado do Rio Grande do Sul. In: MIYASAKA, S. e Medina, J.C. **A soja no Brasil**. ITAL, Campinas, 1981. p. 18-20.

PESKE, F.B. Uma visão geral do mercado de fertilizantes. **Revista SEED News**, Pelotas, v. 12, n. 6, p. 20-21, 2008.

SA, T.M.; ISRAEL, D.W. Energy status and functioning of phosphorus-deficient soybean nodules. **Plant Physiology**, Raleigh, v. 97, p. 928-935, 1991.

SPARKS, D.L. Bioavailability of soil potassium. In: SUMMER, M.E., ed. **Handbook of soil science**. Boca Raton, CRC Press, 2000. Section D. p.D48. p. 154-162.

VANCE, C.P.; UHDE-STONE, C.; ALLEN, D.L. Phosphorus acquisition and use: Critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. **New Phytologist**, St. Paul, v. 157, p. 423-447, 2003.

I. GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES DE SOJA RECOBERTAS COM FÓSFORO.

RESUMO - A semente de alta qualidade é o ponto de partida para se ter um estande de plântulas uniforme, uma lavoura adequada e, conseqüentemente, uma alta produtividade. Deste modo, a qualidade das sementes e o seu tratamento, antes da semeadura, são fatores primordiais para a instalação das culturas, pois irão contribuir para que as sementes expressem o seu potencial de germinação e vigor. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do fósforo, via recobrimento das sementes com fósforo, tendo como fonte o fosfato de sódio monobásico, na germinação e no vigor de dois lotes de sementes de soja, com diferentes teores desse nutriente. O experimento foi conduzido no Laboratório de Sementes e na casa de vegetação da Universidade Federal de Viçosa. Utilizaram-se sementes de soja de dois lotes, da cultivar Pioneer – P98R31, com diferentes teores de fósforo. As sementes foram tratadas, na seguinte seqüência: fungicida Derosal Plus (carbendazin + thiram), fosfato de sódio monobásico nas doses de 0,0; 0,2; 0,4; 0,8; 1,2 e 1,6 g hg⁻¹ de sementes. Foram realizados os testes de germinação, primeira contagem de germinação, envelhecimento acelerado, matéria fresca da parte aérea e da raiz, matéria seca da parte aérea e da raiz, índice de velocidade de emergência e porcentagem de emergência das plântulas. O experimento foi montado em um delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, segundo esquema de fatorial 2x6. No caso dos testes de emergência e do índice de velocidade de emergência das plântulas o experimento foi montado em um delineamento em blocos ao acaso com cinco repetições, segundo esquema de fatorial 2x2x6. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias do fator qualitativo comparadas pelo teste F a 5% de probabilidade, sendo feita a análise de regressão, para os fatores quantitativos. Os resultados obtidos mostraram que o recobrimento das sementes dos lotes de soja com fósforo, nas doses adequadas, promove aumento da germinação, do vigor pela primeira contagem, da matéria seca da parte aérea, da matéria fresca e seca da raiz, da emergência e do índice de velocidade de emergência das plântulas. No teste de envelhecimento acelerado, ocorreu redução no vigor das sementes dos dois lotes à medida que aumentou a dose de fósforo.

Palavras-Chave: Soja, sementes, vigor, germinação, fósforo.

I. GERMINATION AND VIGOR OF SOY SEEDS COATED WITH PHOSPHOROUS.

ABSTRACT. The seed of high quality is starting point to have one stand of uniform seedlings, an adjusted crop and, consequently, a high productivity. In this way, the quality of seeds and her treatment, before sowing, are primordial factors for installation of crop, because will contribute for that seeds express her maximum potential and vigor. Thus, the objective this work was evaluated the effect of phosphorous, by coated of seeds with phosphorous, have source monobasic phosphorous phosphate, on germination and vigor of two lots of soy seeds, with different text this nutrient. The experiment was carried in the Laboratory of seeds and vegetable house of Federal University of Viçosa. It was utilized soy seed of two lots; cultivate Pioneer – P98R31, with different text of phosphorous. The seeds was treated, in the next sequence: fungicide Derosal Plus (carbendazin + thiram), monobasic sodium phosphate in the doses of 0,0; 0,2; 0,4; 0,8; 1,2 and 1,6 g hg⁻¹ of seeds. It was made the germination tests, acceleration aging, fresh matter of aerial part, first counting of germination, dry matter of aerial part and root, percent and velocity index emergency of seedlings. The experiment was carried in completely randomized design with four replications, in factorial scheme 2x6. In case of emergency tests and velocity index emergency of seedlings the experiment was carried in randomized complete block design in factorial scheme 2x2x6. The data had been submitted to the analysis of variance and average of qualitative factor compared by test F by 5% of probability, being made regression analysis for quantitative factors. The results obtained showed that coated of seeds of lots of soy with phosphorous, in the adjusted doses, promote increase on germination, vigor by first counting, dry matter of aerial part, fresh and dry matter of root, on emergency and velocity index emergency of seedlings. In the acceleration aging test, occurred reduction of vigor of seeds of two lots the measure that increase dose of phosphorous.

Key-words: soy, seeds, vigor, germination, phosphorous

1. INTRODUÇÃO

A semente de alta qualidade é o ponto de partida para se ter estande de plântulas uniforme, lavoura adequada e, conseqüentemente, alta produtividade. Deste modo, a qualidade das sementes e o seu tratamento, antes da semeadura, são fatores primordiais para a instalação das culturas, pois irão contribuir para que as sementes expressem o seu potencial de germinação e vigor (Perett, 1994).

O aumento da concentração de nutrientes na semente tem sido obtido por meio da adubação no solo e da pulverização foliar, ou seja, da aplicação à planta-mãe (Jacob-Neto *et al.*, 1998). Todavia, parte desses nutrientes podem ser fornecidos pela aplicação diretamente às sementes, visando obter mais uma possibilidade de aumento do conteúdo de nutrientes minerais, via peletização (Sfredo *et al.*, 1997), via embebição destas em soluções contendo determinados nutrientes (Teixeira, 1995; Teixeira *et al.*, 1999) ou pelo tratamento das sementes com determinado produto (Ribeiro, 1993), como é feito na aplicação dos fungicidas, inseticidas e inoculantes nas sementes de soja.

Os fertilizantes sofrem constantemente altas taxas de perdas no campo, devido às lixiviações dos produtos implantados e erosões do solo, que carregam para fora das áreas de plantio frações minerais e orgânicas essenciais à cultura em desenvolvimento, além dos problemas relacionados com a retenção e a disponibilidade dos nutrientes no solo. O fósforo é um dos macronutrientes mais suscetível a esses dois últimos problemas, além disso, ele se apresenta como o nutriente de manejo mais complexo em relação à adubação. Quando fertilizantes fosfatados são aplicados ao solo, principalmente em solos altamente intemperizados, após a sua dissolução, praticamente todo o fósforo é retido na fase sólida do solo, formando compostos menos solúveis, ou seja, apenas parte do fósforo retido é aproveitada pelas plantas (Sousa *et al.*, 2002). O incremento da concentração de fósforo na semente de soja via endógena e/ou exógena, aumenta o potencial de rendimento da planta subsequente (Trigo *et al.*, 1997).

A importância do fósforo no suprimento de energia ao metabolismo intenso, que se caracteriza nos processos de formação e de germinação da semente é, desde há muito, reconhecida (Ching, 1972). A principal forma de armazenamento de fósforo nas sementes é o fitato, que pode conter de 50 a 80% do total ali armazenado. Esse sal catiônico de ácido fítico é formado por moléculas derivadas do açúcar mio-

inositol ao qual se ligam grupos PO_4^{-3} , que complexam outros elementos, principalmente o K e o Mg, mas também com o Ca, Mn, Zn, Ba e Fe (Lott *et al.*, 2000). Suas principais funções fisiológicas são: suprir o processo de germinação com inositol, fosfato e minerais (Lott *et al.*, 2000; Lei *et al.*, 2001) e controlar os níveis de fosfatos inorgânicos, tanto na fase de maturação da semente quanto na sua germinação (Strother, 1980). Não foram identificadas espécies vegetais em cujas sementes este sal não esteja presente (Lott *et al.*, 2000).

A liberação de elementos complexados ao fitato depende da ação de um grupo especial de fosfatases encontradas nas sementes, as enzimas denominadas fitases (mioinositol hexafosfato fosfohidrolase, E C 3.1.3.8) que são capazes de hidrolizá-lo para uma série de ésteres de mioinositol e fosfatos durante a germinação (Frias *et al.*, 2003). O aumento da atividade de fitases, a concomitante redução de fitato e biodisponibilidade de vários minerais durante a germinação foi constatada em diversas espécies (Greiner *et al.*, 2003; Badau *et al.*, 2005; Agostini *et al.*, 2006; Ghavidel *et al.*, 2007; Sangronis *et al.*, 2007).

Espécies e cultivares diferem entre si quanto ao conteúdo de fitase, assim como às características da fitase (Eskin *et al.*, 1983; Beal *et al.*, 1985; Bartnik *et al.*, 1987; Egli *et al.*, 2003; Greiner *et al.*, 2003; Agostini *et al.*, 2006). Variações da atividade da hidrólise de fitato em grãos e sementes de uma mesma espécie foram atribuídas ao genótipo e a condições de cultivo, tais como local, ano de produção e clima prevalecente durante a safra (Greiner *et al.*, 2003). Talvez, não coincidentemente, esses são alguns dos principais fatores reconhecidos como capazes de influenciar o vigor de sementes de muitas espécies agrícolas (Tekrony *et al.*, 1991).

Uma clara relação entre fitato e vigor de sementes foi identificada em soja em estudos nos quais foram comparados teores altos e baixos desse sal. Sementes de genótipos com baixos teores resultaram em menores rendimentos de matéria seca da raiz e da parte aérea, e da emergência de plântulas no campo, quando comparadas a sementes de genótipos cujos teores de fitato eram altos (Meis *et al.*, 2003; Hulke *et al.*, 2004; Oltmans *et al.*, 2005; Spear *et al.*, 2007).

Esta afirmação é ainda confirmada por outros autores em relação a outras espécies de sementes. Boland *et al.* (1998) constataram aumento de produtividade de plantas de *Trifolium balansae* e Trevo carretilha (*Medicago polymorpha*) cujas sementes possuíam maior concentração de fósforo, fato também verificado por

George *et al.* (1978) em tomate, Bhattacharyya *et al.* (1984) em vigna mungo, e Thompson *et al.* (1992) em tremoço.

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

Plantas de feijão originadas de sementes com alto teor de fósforo produziram maior massa seca de parte aérea, raiz e nódulos e foram menos responsivas ao suprimento de fósforo no solo do que plantas oriundas de sementes com baixa concentração (Teixeira *et al.*, 1999).

Araújo *et al.* (2002) constataram que sementes de feijoeiro com maior teor de fósforo podem resultar em plantas com maior crescimento da parte aérea, nodulação e acúmulo de nitrogênio, no estágio vegetativo de crescimento, particularmente em solo adicionado com baixas doses aplicadas de fósforo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do fósforo, via recobrimento das sementes com fósforo, tendo como fonte o fosfato de sódio monobásico, na germinação e no vigor de dois lotes de sementes de soja, com diferentes teores desse nutriente.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Vários lotes de sementes de soja, do ano agrícola 2006/2007, de mesma classe de tamanho (peneira 5,5 mm), da cultivar Pioneer – P98R31, hábito de crescimento indeterminado e precoce (grupo de maturidade 8,3), foram obtidos junto à Pioneer Sementes – Planaltina-DF. Foi determinado no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, o teor de fósforo nas sementes, via digestão nítrico-perclórica e a quantificação por espectrometria de absorção molecular (Malavolta *et al.*, 1997). Desse modo, foram selecionados os dois lotes mais contrastante quanto ao teor de fósforo, que corresponderam a 0,441 dag kg⁻¹ (S1) e 0,538 dag kg⁻¹ (S2).

Após a seleção dos lotes S1 (menor teor de fósforo nas sementes) e S2 (maior teor de fósforo nas sementes), no Laboratório de Sementes da Universidade Federal de Viçosa, foi realizado o recobrimento das sementes com fósforo, utilizando como fonte o fosfato de sódio monobásico (sal p.a.). As sementes de cada lote foram

tratadas na seguinte seqüência (Figura 1): fungicida Derosal Plus (carbendazin + thiram), na dose de 200 ml 100kg⁻¹ de sementes e fosfato de sódio monobásico, nas doses de 0,0; 0,2; 0,4; 0,8; 1,2 e 1,6 g hg⁻¹ de sementes, cada dose foi diluída em dois mililitros de água deionizada e aplicada às sementes de cada tratamento. Após o tratamento das sementes, foram realizados os seguintes testes no laboratório:

Germinação (G) - conduzido com quatro repetições de 50 sementes para cada lote. Utilizou-se como substrato o rolo de papel germiteste umedecido com um volume de água deionizada equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato seco. Após a semeadura, os rolos foram mantidos a 25°C. As avaliações foram feitas no 5º e 8º dias após a semeadura, com o registro da porcentagem de plântulas normais (Brasil, 1992).

Primeira contagem da germinação (PC) - corresponde à porcentagem de plântulas normais no quinto dia após a instalação do teste de germinação (Marcos Filho, 1990).

Envelhecimento acelerado (EA) - as sementes foram colocadas em camada única, de modo a preencher totalmente a tela acoplada ao interior da caixa gerbox, a qual continha, ao fundo, 40 mL de água destilada (Marcos Filho, 1994). As caixas gerbox com as sementes foram tampadas e mantidas a 41°C por 48 horas (Marcos Filho, 1994). Decorrido o período de envelhecimento, quatro repetições de 50 sementes foram submetidas ao teste de germinação (Brasil, 1992). As amostras não apresentaram variação no teor de água superior a 2,0%. No quinto dia foi realizada a avaliação do teste e registrada a porcentagem de plântulas normais.

Peso de mil sementes - contaram-se ao acaso, mediante o auxílio de contadores mecânicos, oito repetições de 100 sementes provenientes da porção semente pura. Depois de calcular a variância, desvio padrão e coeficiente de variação, calculou-se a média. O resultado foi expresso em gramas (Brasil, 1992).

Teste de uniformidade - duas amostras, de no mínimo 100 gramas de sementes puras, foram passadas através de peneiras manuais e agitadas por um minuto. As sementes retidas pela peneira indicada e que tenham, obrigatoriamente, passadas pela malha imediatamente superior, foram separadas, pesadas e calculado o seu percentual (Brasil, 1992).

Matéria fresca de parte aérea (MFPA) e raiz (MFR) - conduzido com quatro repetições de 50 sementes para cada lote. Utilizou-se como substrato o rolo de papel germiteste umedecido com um volume de água deionizada equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato seco. Após a semeadura, os rolos foram mantidos a 25°C. A avaliação foi no 8º dia após a semeadura (Brasil, 1992), com a separação da parte aérea e da raiz das plântulas normais. Cada repetição foi pesada em balança com precisão de 0,001 g (Nakagawa, 1999) e os resultados foram expressos em gramas por plântula.

Matéria seca de parte aérea (MSPA) e raiz (MSR) - conduzido com quatro repetições de 50 sementes para cada lote. Utilizou-se como substrato o rolo de papel germiteste umedecido com um volume de água equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato seco. Após a semeadura os rolos foram mantidos a 25°C. A avaliação foi no 8º dia após a semeadura (Brasil, 1992), com a separação da parte aérea e da raiz das plântulas normais. As repetições de cada lote foram acondicionadas em sacos de papel e levadas a estufa termoeletrica, com circulação forçada de ar, mantida à temperatura de 65°C, aí permanecendo por 72 horas. Após esfriar em dessecador, cada repetição foi pesada em balança com precisão de 0,001 g (Nakagawa, 1999) e os resultados foram expressos em gramas por plântula.

Os testes de emergência e do índice de velocidade de emergência das plântulas foram realizados em casa de vegetação, da Universidade Federal de Viçosa. Após o tratamento das sementes com fungicida e fosfato de sódio monobásico, foi realizada a semeadura em bandejas plásticas contendo 4,5 dm³ de amostra de um Latossolo Vermelho Amarelo. No solo utilizado foi realizada uma análise química e física (Tabela 1) 40 dias antes da instalação do experimento, efetuada no Laboratório de Análises de Solos do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, foi realizada a calagem com calcário dolomítico, na dose de 2,0 t ha⁻¹, pois o saturação de bases (V) e os teores de Ca⁺² e Mg⁺² se encontravam abaixo do mínimo recomendado para a cultura da soja, segundo Raij *et al.* (1996). A adubação com potássio e micronutrientes foi realizada segundo Novais *et al.* (1991), nas seguintes doses: K = 150,00; S = 40,00; Mn = 3,66; Mo = 0,15 e Zn = 4,00 todos em mg kg⁻¹ de solo. Quanto ao fósforo, foram utilizadas duas doses, de 200 e 400 mg kg⁻¹ de solo, visando obter dois níveis de disponibilidade de P, ou seja, os dois testes foram realizados em solos com diferentes adubações de fósforo, que correspondem ao solo

com menor (P1) e maior (P2) disponibilidade de P. A fonte de potássio e fósforo utilizada foram o cloreto de potássio e o superfosfato triplo, respectivamente.

A irrigação foi realizada com água deionizada de modo a manter o teor de água no solo com 2/3 da capacidade de campo.

Emergência das plântulas (E) - quatro subamostras de 50 sementes por tratamento foram semeadas em bandejas plásticas contendo o mesmo solo como substrato, na profundidade de três centímetros. A contagem das plântulas emergidas foi realizada aos doze dias após a semeadura, segundo Nakagawa (1994). O resultado foi expresso em porcentagem de plântulas normais.

Índice de velocidade de emergência das plântulas (IVE) – foi realizado junto com o teste de emergência. Diariamente, as plântulas emergidas foram contadas até o estabelecimento do estande, no décimo segundo dia após a instalação do teste. As temperaturas médias mínima e máxima foram, respectivamente, de 15,8 e 38 °C durante a realização do teste. O índice de velocidade de emergência das plântulas foi calculado segundo Maguire (1962):

$$IVE = \frac{N1}{D1} + \frac{N2}{D2} + \dots + \frac{Nn}{Dn}$$

Em que:

IVE = índice de velocidade de emergência;

N1 = número de plântulas emergidas na primeira contagem;

D1 = número de dias para a primeira contagem;

Nn = número de plântulas emergidas na última contagem;

Dn = número de dias para a última contagem.

Todos os testes, com exceção da emergência e do índice de velocidade de emergência das plântulas, foram montados em um delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, segundo esquema de fatorial 2x6, correspondendo aos dois lotes com diferentes teores de fósforo e as seis doses de fósforo no recobrimento das sementes, o que resultou em 12 tratamentos. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias do fator qualitativo (diferentes teores de fósforo na semente), comparadas utilizando-se o teste F a 5% de probabilidade. A análise de regressão, para os fatores quantitativos (doses de fósforo no recobrimento das sementes). No caso dos testes de emergência e do índice de

velocidade de emergência das plântulas o experimento foi montado em um delineamento em blocos ao acaso com cinco repetições, segundo esquema de fatorial 2x2x6, correspondendo às sementes com diferentes teores de fósforo, as duas doses de fósforo adicionadas no solo e as seis doses de fósforo utilizadas no recobrimento das sementes, o que resultou em 20 tratamentos. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias do fator qualitativo (diferentes teores de fósforo na semente e doses de fósforo no solo) comparadas utilizando-se o teste F a 5% de probabilidade, e a análise de regressão, para os fatores quantitativos (doses de fósforo no recobrimento das sementes). A análise estatística foi realizada no programa SAEG - Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (Universidade Federal de Viçosa, 1982) e os gráficos de regressão foram feitos com o auxílio do programa SigmaPlot 10.0.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise estatística dos dados mostrou que houve interação significativa entre os teores de fósforo nas sementes e as doses de fósforo utilizadas no recobrimento das sementes, para todas as características avaliadas. Assim sendo, as médias do fator qualitativo foram comparadas utilizando-se o teste F a 5% de probabilidade, realizando-se a análise de regressão para os fatores quantitativos.

Antes da realização dos testes de vigor e germinação, no Laboratório de Sementes, foi realizado o teste de uniformidade e o peso de 1000 sementes nos dois lotes (S1 e S2). A porcentagem de sementes retidas na peneira 5,5 mm foi de 95% para os dois lotes. Os lotes S1 e S2 apresentaram um peso de 1000 sementes igual a 165,09 e 165,15 g, respectivamente. Nos dois testes não houve diferença significativa entre os dois lotes, pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade. Ou seja, esses dois testes mostraram que não houve diferença entre os dois lotes, no peso e no tamanho das sementes.

A germinação (G) dos lotes de soja mostra que o efeito do recobrimento das sementes com fósforo foi significativo para os dois teores de P nas sementes (Figura 2). Para as sementes com maior teor de fósforo (S2), a germinação máxima (93,32%) foi obtida com a dose de 0,61 g hg⁻¹. Já para as sementes com menor teor de fósforo (S1), a germinação máxima (90,89%) foi obtida com a dose de 0,65 g hg⁻¹. A visualização do teste de germinação, das sementes recobertas com fósforo, pode ser

observada nas Figuras 3 e 4.

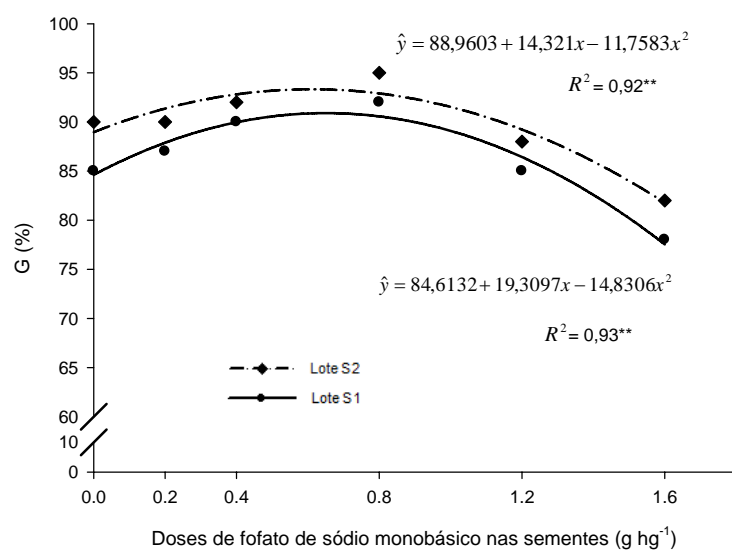


FIGURA 2 - Germinação (G) de sementes de soja, em função das doses de fosfato de sódio monobásico, para os lotes de sementes com maior e (S2) e menor (S1) teor de P.

Na primeira contagem (PC) da germinação dos lotes de soja, o efeito do recobrimento das sementes com fósforo foi significativo para os dois teores de P nas sementes (Figura 5).

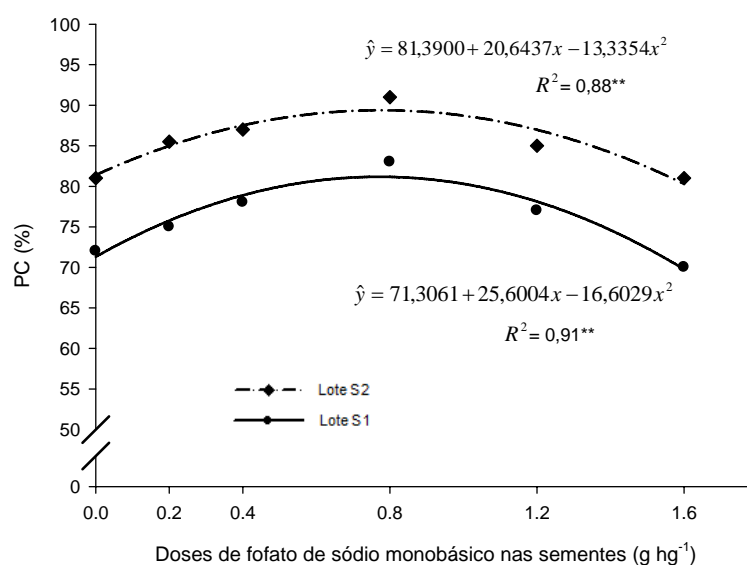


FIGURA 5 – Vigor de sementes de soja, pela primeira contagem (PC) de germinação, em função das doses de fosfato de sódio monobásico, para os lotes de sementes com maior e (S2) e menor (S1) teor de P.

Para as sementes com maior teor de fósforo (S2), a germinação máxima (89,38%) foi obtida com a dose de 0,77 g hg⁻¹. Já para as sementes com menor teor de fósforo (S1), a germinação máxima (81,17%) foi obtida com a dose de 0,78 g hg⁻¹. Segundo Ching (1972), o fósforo tem uma importância fundamental no suprimento de energia ao metabolismo intenso, que caracteriza nos processos de formação e de germinação da semente.

Quanto à porcentagem de germinação após o envelhecimento acelerado (EA) dos lotes de soja, mostra que o efeito do recobrimento das sementes com fósforo foi significativo para os dois teores de P nas sementes, com uma resposta linear decrescente (Figura 6). Rossetto *et al.* (1997a), estudando o recobrimento de sementes de soja com fosfato de potássio, no teste de envelhecimento acelerado, constatou que à medida que se aumentava a dose do sal, houve redução da germinação, após o teste. Essa redução da germinação pode ser função do decréscimo do potencial hídrico em volta da semente, reduzindo a absorção de água ou mesmo favorecendo a retirada de água das sementes, efeito que tende a se potencializar em condição de estresse, como no teste de envelhecimento acelerado.

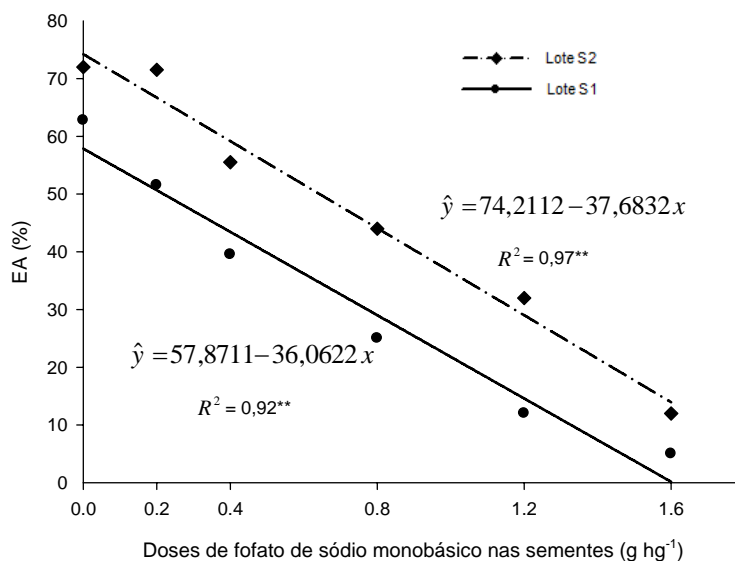


FIGURA 6 – Vigor de sementes de soja, pela porcentagem de germinação após o teste de envelhecimento acelerado, em função das doses de fosfato de sódio monobásico, para os lotes de sementes com maior e (S2) e menor (S1) teor de P.

Para a matéria fresca da parte aérea (MFPA) dos lotes de soja, mostra que o efeito do recobrimento das sementes com fósforo não foi significativo para os dois

teores de P nas sementes (Figura 7).

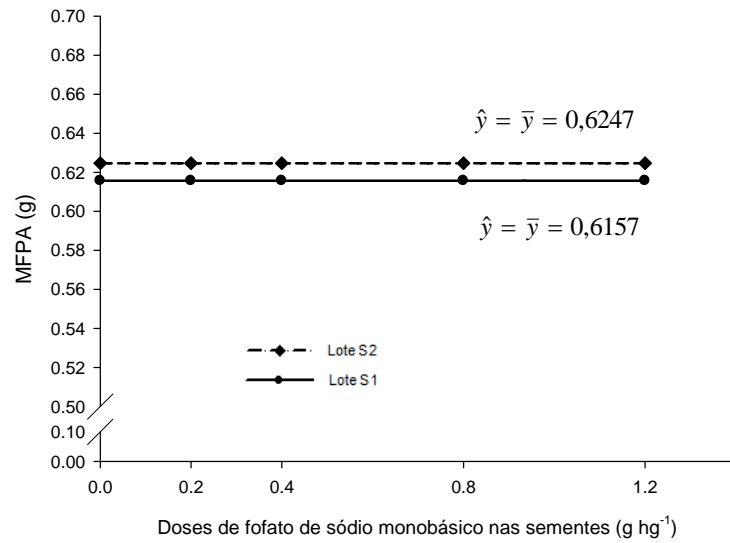


FIGURA 7 – Matéria fresca da parte aérea (MFPA) por plântula de sementes de soja, em função das doses de fosfato de sódio monobásico, para os lotes de sementes com maior e (S2) e menor (S1) teor de P.

Para a matéria seca da parte aérea (MSPA) dos lotes de soja, mostra que o efeito do recobrimento das sementes com fósforo foi significativo para os dois teores de P nas sementes (Figura 8).

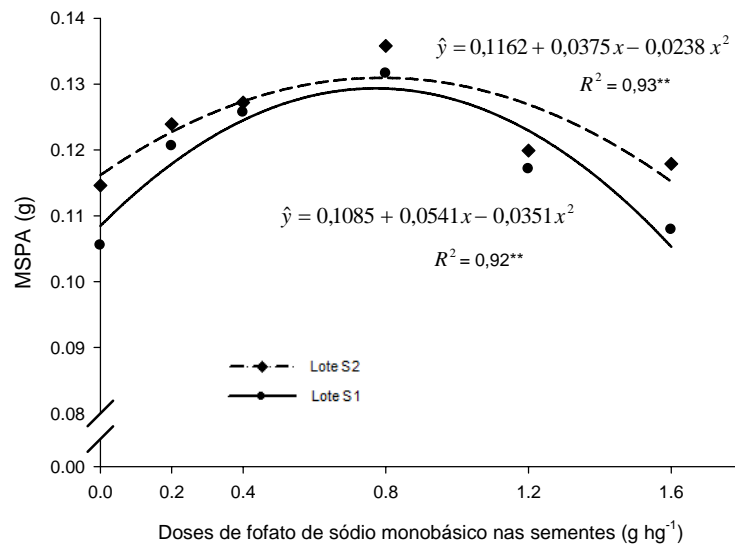


FIGURA 8 - Matéria seca da parte aérea (MSPA) por plântula de sementes de soja, em função das doses de fosfato de sódio monobásico, para os lotes de sementes com maior e (S2) e menor (S1) teor de P.

Para as sementes com maior teor de fósforo (S2), a MSPA máxima (0,1310 g) foi obtida com a dose de 0,78 g hg⁻¹. Já para as sementes com menor teor de fósforo (S1), a MSPA máxima (0,1272 g) foi obtida com a dose de 0,77 g hg⁻¹. Segundo Britos (1985), o incremento do teor de P nas sementes foi responsável pelo aumento significativo da matéria seca da parte aérea em plantas de soja após emergência, em função de uma maior translocação do nutriente para a parte aérea, o que contribuiu para uma maior formação de biomassa.

Para a matéria fresca da raiz (MFR) dos lotes de soja, mostra que o efeito do recobrimento das sementes com fósforo foi significativo para os dois teores de P nas sementes (Figura 9). Para as sementes com maior teor de fósforo (S2), a MFR máxima (0,1951 g) foi obtida com a dose de 0,79 g hg⁻¹. Já para as sementes com menor teor de fósforo (S1), a MFR máxima (0,1793 g) foi obtida com a dose de 0,81 g hg⁻¹.

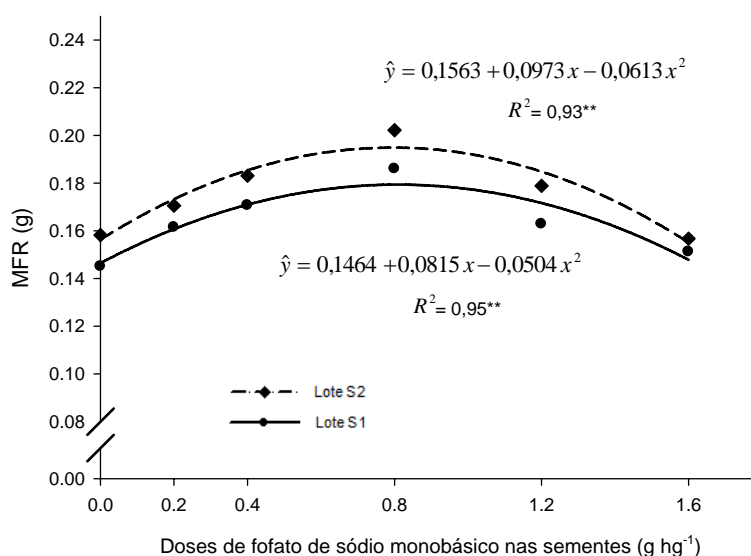


FIGURA 9 - Matéria fresca da raiz (MFR) por plântula de sementes de soja, em função das doses de fosfato de sódio monobásico, para os lotes de sementes com maior e (S2) e menor (S1) teor de P.

Para a matéria seca da raiz (MSR) dos lotes de soja, mostra que o efeito do recobrimento das sementes com fósforo foi significativo para os dois teores de P nas sementes (Figura 10). Para as sementes com maior teor de fósforo (S2), a MSR máxima (0,0171 g) foi obtida com a dose de 0,79 g hg⁻¹. Já para as sementes com menor teor de fósforo (S1), a MSR máxima (0,0152 g) foi obtida com a dose de 0,73

g hg⁻¹. Segundo Drew *et al.* (1978), o fósforo promove rápida formação e crescimento do sistema radicular, resultando em maior desenvolvimento do mesmo. Esta afirmação é ainda confirmada por outros autores, como Lopes (2001), que constatou que o recobrimento das sementes com fósforo o coloca em posição disponível para o sistema radicular ainda reduzido das plântulas em início de desenvolvimento, o que resulta em formação mais rápida e maior desenvolvimento do sistema radicular, conseqüentemente, irá permitir um maior incremento na absorção de água e nutrientes para desenvolvimento de toda a biomassa da planta.

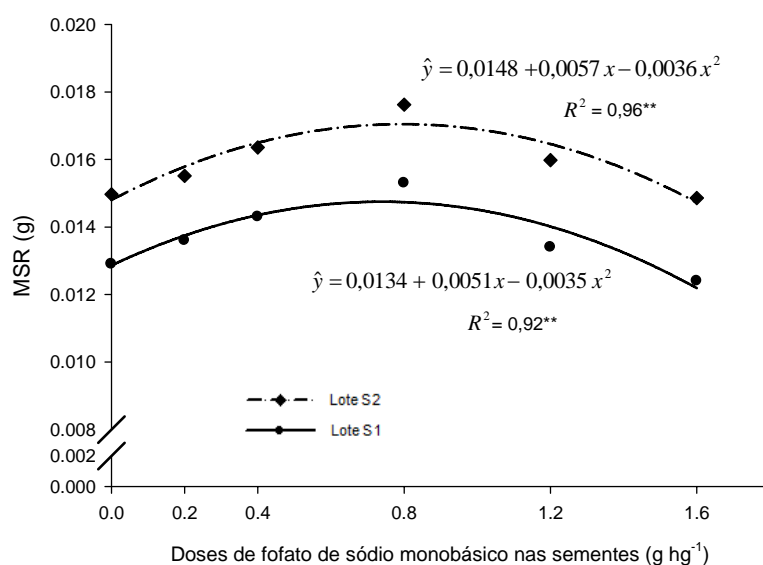
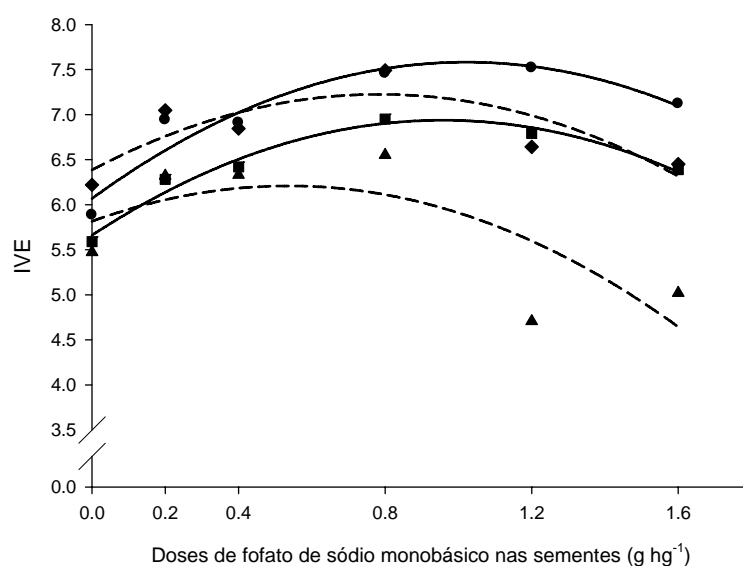


FIGURA 10 - Matéria seca da raiz (MSR) por plântula de sementes de soja, em função das doses de fosfato de sódio monobásico, para os lotes de sementes com maior e (S2) e menor (S1) teor de P.

O índice de velocidade de emergência (IVE) das plântulas mostra que o recobrimento das sementes com fósforo em relação ao solo com maior dose de fósforo (P2) foi significativo para as sementes com maior teor de P (S2), onde o IVE máximo (7,58) foi obtido com a dose de 0,97 g hg⁻¹, e para as sementes com menor teor de fósforo (S1), o IVE máximo (7,22) foi obtido com a dose de 0,78 g hg⁻¹. Já para o solo com menor dose de P (P1), foi significativo para as sementes com maior teor de P (S2), onde o IVE máximo (6,93) foi obtido com a dose de 0,90 g hg⁻¹, e para as sementes com menor teor de P (S1), o IVE máximo (6,20) foi obtido com a dose de 0,53 g hg⁻¹ (Figura 11).

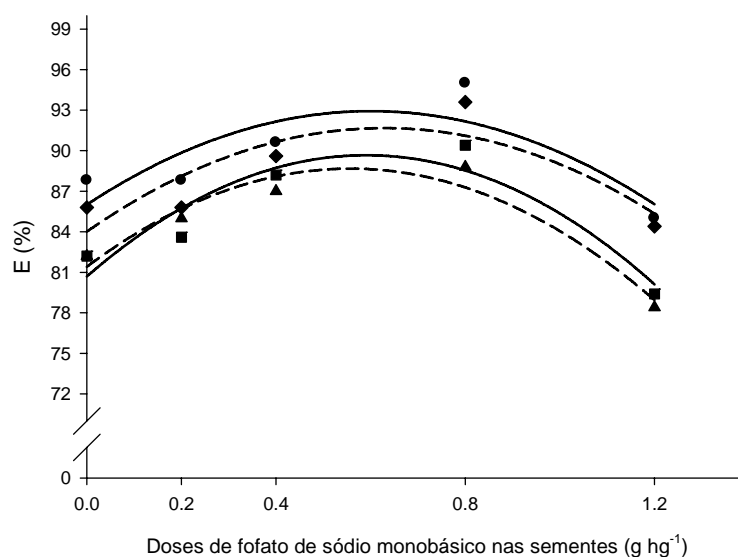


Legenda	Dose de P no Solo	Teor de P na Semente	Equação Ajustada	R ²
—●—	P2	S2	$\hat{y} = 6,05 + 3,16x - 1,63x^2$	0,79*
-◆-	P2	S1	$\hat{y} = 6,38 + 2,14x - 1,36x^2$	0,86**
—■—	P1	S2	$\hat{y} = 5,63 + 2,88x - 1,59x^2$	0,71*
-▲-	P1	S1	$\hat{y} = 5,82 + 1,47x - 1,38x^2$	0,69*

S1= 0,441 dag kg⁻¹; S2= 0,538 dag kg⁻¹; P1= 200 mg kg⁻¹; P2 = 400 mg kg⁻¹.
 *, ** Significativo pelo teste F, a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente.

FIGURA 11 - Índice de velocidade de emergência (IVE) das plântulas, em função das doses de fosfato de sódio monobásico, para os lotes de sementes com maior (S2) e menor (S1) teor de P.

A emergência das plântulas (E) mostra que o recobrimento das sementes com fósforo em relação ao solo com maior dose de fósforo (P2) foi significativo para as sementes com maior teor de P (S2), onde a emergência máxima (92,93%) foi obtida com a dose de 0,60 g hg⁻¹, e para as sementes com menor teor de fósforo (S1) a emergência máxima (91,67%) foi obtida com a dose de 0,62 g hg⁻¹ de fosfato de sódio nas sementes. Já para o solo com menor dose de P (P1), foi significativo para as sementes com maior teor de P (S2), onde a emergência máxima (89,66%) foi obtida com a dose de 0,59 g hg⁻¹, e para as sementes com menor teor de P (S1), a emergência máxima (88,66%) foi obtida com a dose máxima de 0,55 g hg⁻¹ (Figura 12).



Legenda	Dose de P no Solo	Teor de P na Semente	Equação Ajustada	R ²
—●—	P2	S2	$\hat{y} = 86,01 + 23,06x - 19,20x^2$	0,88**
-◆-	P2	S1	$\hat{y} = 84,01 + 24,39x - 19,41x^2$	0,96**
—■—	P1	S2	$\hat{y} = 80,68 + 30,39x - 25,72x^2$	0,86**
-▲-	P1	S1	$\hat{y} = 81,40 + 26,12x - 23,48x^2$	0,97**

S1= 0,441 dag kg⁻¹; S2 = 0,538 dag kg⁻¹; P1= 200 mg kg⁻¹; P2 = 400 mg kg⁻¹.

** Significativo pelo teste F, a 1 % de probabilidade.

FIGURA 12 – Emergência (E) das plântulas, em função das doses de fosfato de sódio monobásico, para os lotes de sementes com maior (S2) e menor (S1) teor de P.

A interação entre os teores de P nas sementes (S1 e S2) e as doses de P no solo (P1 e P2) não foi significativa para a emergência (E) e para o índice de velocidade de emergência (IVE) das plântulas (Tabela 2), na dose de 0,8 g hg⁻¹ de fosfato de sódio nas sementes. Para o fator semente e solo não houve diferença significativa entre os teores de P nas sementes e as doses de P no solo, respectivamente, pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade. Resultado semelhante foi encontrado por Rebařka *et al.* (1993), trabalhando com sementes de milho (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) recobertas com fósforo, onde ele relatou que a duração do teste de emergência não é suficiente para a planta expressar as diferentes doses de P no solo.

Tabela 2 – Porcentagem de emergência (E) e índice de velocidade de emergência (IVE) de plântulas de soja em função da dose de 0,8 g hg⁻¹ de fosfato de sódio monobásico no recobrimento das sementes, para os lotes de sementes com maior (S2) e menor (S1) teor de P e para o solo com maior (P2) e menor (P1) dose de P adicionado. Viçosa, MG, 2008.

Teor de P na semente	Dose de P no solo		Média
	P1	P2	
IVE			
S1	6,5581	7,4920	7,0250 a
S2	6,9520	7,4651	7,2085 a
Média	6,7550 A	7,4786 A	
E (%)			
S1	88,80	93,60	91,20 a
S2	90,40	95,00	92,35 a
Média	89,60 A	94,30 A	

S1= 0,441 dag kg⁻¹ de P na semente; S2 = 0,538 dag kg⁻¹ de P na semente;

P1= 200 mg kg⁻¹ de P no solo; P2 = 400 mg kg⁻¹ de P no solo;

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste F (P < 0,05).

A comparação entre os diferentes teores de P nas sementes (Tabela 3), na avaliação da G, PC, EA, MFPA, MSPA, MFR e MSR, para a dose de 0,8 g hg⁻¹ de fosfato de sódio nas sementes, mostrou que só houve diferença significativa para o EA, sendo 76% superior para as sementes com maior teor de P (S2), apresentando maior vigor em relação a essa característica, pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 3 - Germinação (G), primeira contagem de germinação (PC), envelhecimento acelerado (EA), matéria fresca da parte aérea (MFPA), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria fresca da raiz (MFR) e matéria seca da raiz (MSR) em função da dose de 0,8 g hg⁻¹ de fosfato de sódio monobásico no recobrimento das sementes, para os lotes de sementes com maior (S2) e menor (S1) teor de P. Viçosa, MG, 2008.

Teor de P na semente	G	PC	EA	MFPA	MFR	MSPA	MSR
	----- % -----			----- g -----			
S 1	91,75 a	83,00 a	25,00 a	0,6471 a	0,1859 a	0,1316 a	0,0156 a
S 2	95,00 a	91,00 a	44,00 b	0,6926 a	0,2022 a	0,1357 a	0,0176 a
CV (%)	5,24	12,48	9,02	12,15	13,51	5,15	7,05

S1= 0,441 dag kg⁻¹ de P na semente; S2 = 0,538 dag kg⁻¹ de P na semente.

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste F (P < 0,05).

Para todas as características avaliadas não foi observado diferenças significativas para os diferentes teores de fósforo nas sementes, com exceção do EA, como mostram as Tabelas 2 e 3. Esse mesmo resultado foi encontrado por Salum *et al.* (2008), estudando características químicas e fisiológicas de sementes de feijão em função do teor de fósforo na semente e doses de fósforo no solo, não encontraram diferença significativa entre os lotes de sementes com diferentes teores de fósforo. Esses resultados divergem de vários outros trabalhos (Trigo *et al.*, 1997; Teixeira, 1995; Britos, 1985; Bolland *et al.*, 1998; Teixeira *et al.*, 1999; Araújo *et al.*, 2002), esse fato pode ser explicado pela pequena diferença entre os dois teores de P dos lotes para execução desse experimento, já que em outros trabalhos essa diferença foi muito expressiva.

O recobrimento das sementes com fósforo foi significativo para todas as características avaliadas, resultando num aumento da germinação e no vigor dos dois lotes, com exceção da germinação no teste de envelhecimento acelerado. Com isso, a dose de fósforo recomendada para o recobrimento das sementes manteve-se no intervalo de 0,6 a 0,8 g hg⁻¹.

Os resultados desse experimento sugerem que concentrações mais elevadas de P nas sementes, tanto via endógena como exógena, proporcionará maior disponibilidade de energia para as atividades metabólicas da semente, o que levaria ao maior crescimento inicial das plântulas e ao desenvolvimento maior e mais rápido do sistema radicular, resultando no aumento da absorção de nutrientes e, conseqüentemente, na capacidade produtiva da planta. Parte dessa afirmação é confirmada por Ching (1972), que relata que o fósforo é muito importante para o suprimento de energia ao metabolismo intenso que se caracteriza nos processos de formação e de germinação da semente, tendo também papel importante na expressão do vigor.

4. CONCLUSÕES

O recobrimento das sementes dos lotes de soja com fósforo, nas doses adequadas, promove aumento da germinação, do vigor pela primeira contagem, da matéria seca da parte aérea, da matéria fresca e seca da raiz, da emergência e do índice de velocidade de emergência das plântulas.

No teste de envelhecimento acelerado ocorreu redução no vigor das sementes

dos dois lotes à medida que aumentou a dose de fósforo.

Não houve efeito significativo dos teores de fósforo dos lotes de sementes em todas as características avaliadas, com exceção da germinação após o teste de envelhecimento acelerado.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, A.P.; TEIXEIRA, M.G.; LIMA, E.R. Efeito do aumento do teor de fósforo na semente, obtido via adubação foliar, no crescimento e na nodulação do feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 183-189, 2002.

AGOSTINI, J. D. S.; IDA, E. I. Caracterização parcial e utilização da fitase extraída de sementes germinadas de girassol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Jaboticabal, v. 41, n. 6, p. 1041-1047, 2006.

BADAU, M. H.; NKAMA, I.; JIDEANI, I. A. Phytic acid content and hydrochloric acid extractability of minerals in pearl millet as affected by germination time and cultivar. **Food Chemistry**, Maiduguri, v. 92, n. 3, p. 425-435, 2005.

BARTNIK, M.; SZAFRANSKA, I. Changes in phytate content and phytase activity during the germination of some cereals. **Journal of Cereal Science**, Warsaw, v. 5, p. 23-28, 1987.

BEAL, L.; MEHTA, T. Zinc and phytate distribution in peas: influence of heat treatment, germination, pH, substrate and phosphorus on pea phytate and phytase. **Journal of Food Science**, Pullman, v. 50, p. 96-115, 1985.

BHATTACHARYYA, K.K.; SENGUPTA, A.K.; CHATTERJEE, B.N. Seed treatment for increasing blackgram (*Vigna mungo*) in rainfed agriculture. **Seed Research**, New Delhi, v. 12, p. 40-47, 1984.

BOLLAND, M. D. A.; PAYNTER, B. H.; BAKER, M. J. Increasing phosphorus in lupin seed increases grain yields on phosphorus deficient soil. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Perth, v. 29, p. 791-801, 1998.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária, 1992. 365 p.

BRITOS, E. R. A. **Estudo da importância de alguns caracteres no rendimento da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) visando a eficiência da seleção de cultivares para o sudeste do Rio Grande Sul**. Universidade Federal de Pelotas, 1985. 75 p. (Dissertação de Mestrado).

CHING, T. M. Metabolism of germinating seeds. In: KOSLOWSKI, T. T. (ed.) **Seed Biology**. Academy Press, New York, vol. 2, p. 103-218, 1972.

EGLI, I.; DAVIDSSON, L.; JUILLERAT, M. A.; BARCLAY, D.; HURREL, R. Phytic acid degradation in complementary foods using phytase naturally occurring in whole grain cereals. **Journal of Food Science**, Zurich, v. 68, n. 5, p. 1855-1859, 2003.

ESKIN, N. A. M.; WIEBE, S. Changes in phytase activity and phytate during germination of two fababean cultivars. **Journal of Food Science**, Winnipeg, v. 48, p. 270-272, 1983.

FRIAS, J.; DOBLADO, R.; ANTEZANA, J. R.; VIDAL-VALVERDE, C. Inositol phosphate degradation by the action of phytase enzyme in legume seed. **Food Chemistry**, Madrid, v. 81, p. 233-239, 2003.

GEORGE, R.A.T.; STEPHENS, R.J.; VARIS, S. Efecto de los nutrientes minerales sobre el rendimiento y calidad de la semilla de tomate. In: HEBBLETHWAITE, P.D. **Producción moderna de semillas**. ed. Montevideo: Editorial Hemisfério Sur, 1978. p. 668-675.

GHAVIDEL, R. A.; PRAKAS, J. The impact of germination and dehulling on nutrients, antinutrients, in vitro iron and calcium bioavailability and *in vitro* starch and protein digestibility of some legume seeds. **Food Science and Technology**, Mysore, v. 40, n. 7, p. 1292-1299, 2007.

GREINER, R.; EGLI, I. Determination of the activity of acidic phytate-degradating enzymes in cereal seeds. **Journal of Agricultural and food Chemistry**, Cambridge, v. 51, p. 847-850, 2003.

HULKE, B.S.; FEHR, W.R.; WELKE, G.A. Agronomic and seed characteristics of soybean with reduced phytate and palmitate. **Crop Science**, Iowa, v. 44, n. 6, p. 2027-2031, 2004.

JACOB-NETO, J.; ROSSETTO, C. A.V. Concentração de nutrientes nas sementes: o papel do molibdênio. **Ciência & Floresta**, Seropédica, v. 5, n. 1, p. 171-183, 1998.

LEI, X. G.; STAHL, C. H.. Biotechnological development of effective phytases for mineral nutrition and environmental protection. **Applied Microbiological Biotechnology**, Heidelberg, v. 57, p. 474-481, 2001.

LOTT, J. N. A.; OCKNEN, I.; RABOY, V.; BATEN, G. D. Phytic acid and phosphorus in crop seeds and fruits: a global estimate. **Seed Science Research**, Cambridge, v. 10, p. 11-33, 2000.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. Avaliação do estado nutricional das plantas; princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: **Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato**, 1997. p. 82-117.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. **FUNEP**, Jaboticabal, 1994. p. 133-149.

MARCOS FILHO, J.; SILVA, W.R.; NOVENBRE, A.D.C.; CHAMMA, H.M.C.P. Estudo comparativo de métodos para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja, com ênfase ao teste de condutividade elétrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 2, p. 1805-1815, 1990.

MEIS, S.J.; FEHR, W.R.; SCHNEBLY, S.R. Seed source effect on field emergence of soybean lines with reduced phytate and raffinose saccharides. **Crop Science**, Ames, v. 43, p. 1336-1339, 2003.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. Londrina: **ABRATES, Comitê de Vigor de Sementes**, 1999. p. 2.1-2.24.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. **Fundação de Apoio a Pesquisa, Ensina e Extensão (FUNEP)**, Jaboticabal, 1994. p. 48-85.

NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F. Ensaio em ambiente protegido. **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo (EMBRAPA)**, Brasília, DF, 1991. p. 189-253.

OLTMANS, S.E.; FEHR, W.R.; WELKE, G.A.; RABOY, V.; PETERSON, K.L. Agronomic and seed traits soybean lines with low-phytate phosphorus. **Crop Science**, Ames, v. 45, n. 2, p. 593-598, 2005.

PERETTI, A. **Manual para análises de semillas**. Buenos Aires: Editorial Hemisférico Sur, 1994. 282 p.

RAIJ, B.V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. Recomendação de adubação e calagem para o estado de São Paulo, 2 ed. Campinas: **Instituto Agrônomo & Fundação IAC**, 1996. 285 p.

REBAFKA, F. P.; BATIONO A.; MARSCHNER H. Phosphorus seed coating increases phosphorus uptake, early growth and yield of pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.). **Journal Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Stuttgart, v. 35, n. 3, p. 151-160, 1993.

RIBEIRO, N.D. **Germinação e vigor de sementes de milho tratadas com fontes de zinco e boro**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1993. 83 p. (Dissertação de Mestrado).

ROSSETTO, C. A. V.; NOVENBRE, A. D. L. C.; MARCOS FILHO, J.; NAKAGAWA, J. Comportamento das sementes de soja durante a fase inicial do processo de germinação. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 54, n. 1-2, p. 106-115, 1997a.

SALUM, J.D.; ZUCARELI, C.; GAZOLA, E.; NAKAGAWA, J. Características químicas e fisiológicas de sementes de feijão em função do teor de fósforo na semente e doses de fósforo no solo. **Revista Brasileira de Sementes**, Botucatu, v. 30, n. 1, p. 140-149, 2008.

SANGRONIS, E.; MACHADO, C. J. Influence of germination on the nutritional quality of *Phaseolus vulgaris* and *Cajanus cajan*. **Food Science and Technology**, v. 40, n. 1, p. 116-120, 2007.

SFREDO, G. H.; BORKET, C. M.; NEPOMUCENO, A. L.; OLIVEIRA, M. C. N. Eficácia de produtos contendo micronutrientes, aplicados via semente, sobre a produtividade e teores de proteína da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 41-45, 1997.

SOUSA, D.M.G.de; LOBATO, E.; REIN, T.A. Adubação com fósforo. **Cerrado: correção do Solo e Adubação**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. p. 147-168.

SPEAR, J.D.; FEHR, W.R. Genetic improvement of seedling emergence of soybean lines with low phytate. **Crop Science**, Ames, v. 47, n. 4, p. 1354-1360, 2007.

STROTHER, S. Homeostasis in germinating seeds. **Annals of Botany**, Houghton, v. 45, p. 217-218, 1980.

TEIXEIRA, M. G. **Influência do conteúdo de fósforo da semente na nodulação do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Seropédica: UFRRJ, 1995. 205 p. (Tese de Doutorado).

TEIXEIRA, M. G.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. de; ARAÚJO, A. P.; FRANCO, A. A. Effect of seed phosphorus concentration on nodulation and growth of three common bean cultivars. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 22, n. 10, p. 1599-1611, 1999.

TEKRONY, D. M.; EGLI, D. B. Relationship of seed vigor to crop yield: a review. **Crop Science**, Lexington, v. 31, p. 816-822, 1991.

THOMSON, J.R.; BELL, R.W.; BOLLAND, M.D.A. Low seed phosphorus concentration depress early growth and nodulation of narrow-leafed lupin (*Lupinus angustifolius* cv. Gungurro). **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 15, n. 8, p. 1193-1214, 1992.

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

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. 1982. Centra de Processamento de Dados - UFV - CPD. SAEG - *Sistema para análise estatística e genética*. Viçosa: UFV. 59 p.

Tabela 1 - Características físico-químicas do solo Latossolo Vermelho-Amarelo utilizado no experimento, antes da correção com calagem e da adubação. Viçosa, MG, 2008.

Análise Granulométrica (dag kg⁻¹)											
Argila	Silte	Areia fina	Areia grossa	Classe Textural							
74	5	10	11	Muito Argilosa							
Análise Química											
pH	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H + Al	T	V	m	MO	P-rem
H ₂ O	-- mg dm ⁻³ --		----- cmol _c dm ⁻³ -----					--- % ---		dag kg ⁻¹	mg L ⁻¹
5,67	0,5	5	0,01	0,03	0,00	2,4	2,45	2,0	0,0	0,13	2,6

Análises realizadas nos Laboratórios de Análises Físicas e Químicas de Solo do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa.

pH em água, KCl e CaCl₂ - Relação 1:2,5.

P - K - Extrator Mehlich 1.

Ca - Mg - Al - Extrator: KCl - 1 mol l⁻¹.

H + Al - Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol L⁻¹ - pH 7,0.

CTC (T) - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0.

V = Índice de Saturação de Bases.

m = Índice de Saturação de alumínio.

Matéria Orgânica (MO) = C. Org. x 1,724 - Walkley-BlacK.

P-rem = Fósforo Remanescente.

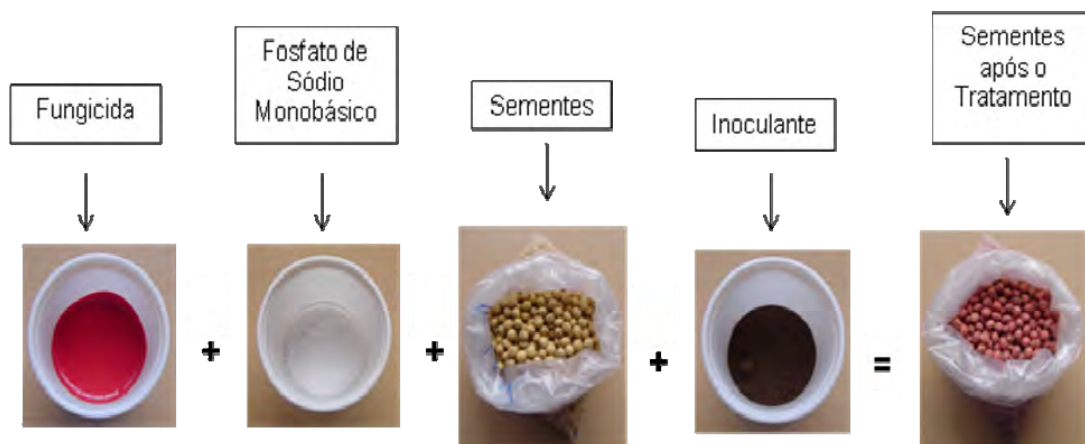


FIGURA 1 - Seqüência do tratamento das sementes.

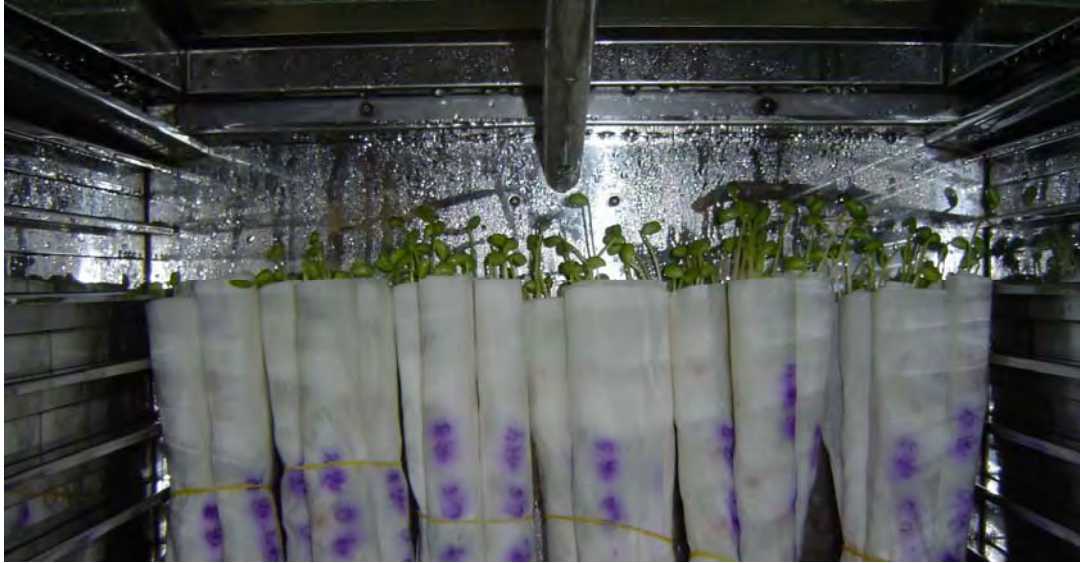


FIGURA 3 – Visualização do teste de germinação das sementes recobertas com fósforo, dentro do germinador. Da esquerda para a direita: doses 0,0, 0,2, 0,4, 0,8, 1,2 e 1,6 g hg⁻¹ de fosfato de sódio nas sementes.



FIGURA 4 – Visualização do teste de germinação das sementes recobertas com fósforo. Da esquerda para a direita: doses 0,0, 0,2, 0,4, 0,8, 1,2 e 1,6 g hg⁻¹ de fosfato de sódio nas sementes.

II. NODULAÇÃO E CRESCIMENTO DE PLANTAS DE SOJA EM FUNÇÃO DO RECOBRIMENTO DAS SEMENTES COM FÓSFORO.

RESUMO - A semente é um dos principais insumos da agricultura, pois carrega todo o potencial genético da planta, determinando, em grande parte, o sucesso do cultivo. O incremento da concentração de fósforo na semente de soja aumenta o potencial de rendimento da planta subsequente. Assim, o objetivo do trabalho foi estudar o efeito do fósforo, via recobrimento das sementes com fósforo, tendo como fonte o fosfato de sódio monobásico, na nodulação e no crescimento das plantas de soja. O experimento foi conduzido na casa de vegetação e no Laboratório de Sementes da Universidade Federal de Viçosa. Utilizaram-se sementes de soja de dois lotes, da cultivar Pioneer – P98R31, com diferentes teores de fósforo. As sementes foram tratadas, na seguinte seqüência: fungicida Derosal Plus (carbendazin + thiram), fosfato de sódio monobásico nas doses de 0,0; 0,2; 0,4; 0,8 e 1,2 g hg⁻¹ de sementes e, em seguida, com o inoculante turfoso Microxisto, na dose de 3,0 milhões de células da bactéria (*Bradyrhizobium japonicum*) por semente. Após os tratamentos, as sementes foram semeadas em vasos plásticos contendo 2,5 dm³ de amostra de um Latossolo Vermelho Amarelo adicionado de P conforme o tratamento, nas doses de 200 e 400 mg kg⁻¹, tendo como fonte o superfosfato triplo, de modo a se obter dois níveis de disponibilidade de P no solo. No estágio de início da formação das vagens (R3), foram avaliadas a teor de fósforo e nitrogênio no terceiro trifólio, o número de nódulos, a altura de planta, a matéria seca da parte aérea, da raiz e dos nódulos e a área foliar específica. O experimento foi montado em um delineamento em blocos ao acaso com cinco repetições, segundo esquema de fatorial 2x2x5 + 4. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias do fator qualitativo comparadas pelo teste F a 5% de probabilidade, sendo feita a análise de regressão, para os fatores quantitativos. Os resultados obtidos mostraram que independente da concentração de fósforo na semente, o recobrimento das sementes de soja com fósforo não proporcionou aumento da nodulação e do crescimento das plantas de soja para a condição de solo com maior disponibilidade de fósforo, já na condição de solo com menor disponibilidade de fósforo, o recobrimento das sementes proporcionou aumento da nodulação e do crescimento das plantas de soja.

Palavras-Chave: Soja, solo, sementes, nódulos, nitrogênio, fósforo.

II. NODULATION AND GROWTH OF SOY PLANTS IN FUNCTION OF COATED OF SEEDS WITH PHOSPHOROUS.

ABSTRACT- The seed is one of the principal input of agriculture because carry all genetic potential of plant, determining, largely, the success of the crop. The increment of phosphorous in the soy seed increase the potential of income of subsequent plant. Thus, the objective of work was study the effect of phosphorous by coated of seeds with phosphorous, having source monobasic phosphorous phosphate, in the nodulation and growth of soy plants. The experiment was carried in the vegetable house and Laboratory of seeds of Federal University of Viçosa. It was utilized soy seeds of two lots, of cultivate Pioneer – P98R31, with different texts of phosphorous. The seeds was treated, in the next sequence: fungicide Derosal Plus (carbendazin + thiram), monobasic phosphate sodium in the doses of 0,0; 0,2; 0,4; 0,8 and 1,2 g hg⁻¹ of seeds and, in the after, with inoculants turfoso Microxisto in the dose of 3,0 millions of cells of bacteria (*Bradyrhizobium japonicum*) by seed. After treatments, the seeds are sowing in the plastic vases 2,5 dm³ of sample of one red-yellow latosol added of P as the treatments, in the doses of 200 and 400 mg kg⁻¹, having with source triple superphosphate, in order to get itself two levels of availability of P in the soil. In the stage of initial of formation of strings (R3), were evaluated the text of phosphorous and nitrogen in the third trifoliolate, the number of nodules, the height of plants, whole fresh weight of aerial part, root and nodules and specific foliar area. The experiment was carried in randomized complete block design in factorial scheme 2x2x5+4. The data was submitted been submitted to the analysis of variance and average of qualitative factor compared by test F by 5% of probability, being made regression analysis for quantitative factors. The results obtained showed that independently of phosphorous concentration in the seed, the coated of soy seeds with phosphorous did not promote increase of nodulation and growth of soy plants for soil condition with bigger available of phosphorous, already on soil condition with less available of phosphorous, the coated of seeds promoted increase of nodulation and growth of soy plants.

Key – words: Soy, soil, seeds, nodule, nitrogen, phosphorous.

1. INTRODUÇÃO

A semente é um dos principais insumos da agricultura, pois carrega todo o potencial genético da planta, determinando, em grande parte, o sucesso do cultivo (Peretti, 1994).

O incremento da concentração de fósforo na semente de soja aumenta o potencial de rendimento da planta subsequente, assim como o efeito benéfico do alto teor de fósforo na semente manifesta-se melhor em solos com baixa disponibilidade deste nutriente (Trigo *et al.*, 1997).

As reservas de fósforo nas plantas são geralmente na forma de fitatos. Estes são sais do ácido fítico (mioinositol do ácido hexafosfórico), quando os sais de cálcio e magnésio ligam-se ao ácido fítico, temos a fitina. O fosfato de reserva da planta está como fitina nas sementes e frutos e, na forma inorgânica, nos demais tecidos da planta (Butler *et al.*, 1973). A concentração de fósforo fítico em grãos de cereais é relativamente alta, representando cerca de 70% a 80% do P total ali armazenado, enquanto que em leguminosas esse valor não ultrapassa 50% (Common, 1980). Nas plantas deficientes, são principalmente os níveis de fósforo das reservas que decrescem (Mengel *et al.*, 1987).

Os fertilizantes sofrem constantemente altas taxas de perdas no campo, devido às lixiviações dos produtos implantados e erosões do solo, que carregam para fora das áreas de plantio frações minerais e orgânicas essenciais à cultura em desenvolvimento, além dos problemas relacionados com a retenção e a disponibilidade dos nutrientes no solo. O fósforo é um dos macronutrientes mais suscetível a esses dois últimos problemas, além disso, ele se apresenta como o nutriente de manejo mais complexo em relação à adubação. Quando fertilizantes fosfatados são aplicados ao solo, principalmente em solos altamente intemperizados, após a sua dissolução, praticamente todo o fósforo é retido na fase sólida do solo, formando compostos menos solúveis, ou seja, apenas parte do fósforo retido é aproveitada pelas plantas (Sousa *et al.*, 2002). Sua falta evidencia-se muito mais desastrosa à produtividade da lavoura de soja do que qualquer outro macronutriente, acarretando perdas de até 94% se nenhuma fonte de fósforo for administrada ao solo, enquanto que, para o potássio, as perdas são de, no máximo, 50%. Isto é explicado pelo fato do fósforo exercer diversas funções nas plantas, como o papel de elemento

estrutural de, principalmente, ácidos nucleicos (DNA e RNA), importantes no armazenamento e transferência da informação genética; é também vital para o metabolismo energético das células através de intermediários nas rotas metabólicas, como principalmente, o ATP (Sengik, 2003).

Além disso, a deficiência de fósforo tem impacto negativo na fixação biológica de N₂, pois tanto a redução do N₂ atmosférico que ocorre nos bacteróides quanto à assimilação de NH₄⁺ em aminoácidos e ureídeos na fração vegetal dos nódulos são processos consumidores de energia, dependentes da disponibilidade de ATP. Com isso, o fósforo atua diretamente no crescimento e no funcionamento dos nódulos (Almeida *et al.*, 2000).

O aumento da concentração de nutrientes na semente tem sido obtido por meio da adubação no solo e da pulverização foliar, ou seja, da aplicação à planta-mãe (Jacob-Neto *et al.*, 1998). Todavia, parte desses nutrientes podem ser fornecidos pela aplicação diretamente às sementes, visando obter mais uma possibilidade de aumento do conteúdo de nutrientes minerais, via peletização (Sfredo *et al.*, 1997), via embebição destas em soluções contendo determinados nutrientes (Teixeira, 1995; Teixeira *et al.*, 1999) ou pelo tratamento das sementes com determinado produto (Ribeiro, 1993), contendo nutrientes, como é feito na aplicação dos fungicidas, inseticidas e inoculantes nas sementes da cultura da soja.

A maior contribuição nesta linha de pesquisa veio de Zelonka *et al.* (2005). Ao desenvolverem um projeto envolvendo recobrimento de sementes de cevada com fósforo, concluíram que ocorreu um aumento significativamente na produção das plantas subseqüentes, de 3 a 91%. Além das sementes tratadas influenciarem positivamente a atividade fisiológica da próxima geração de sementes, melhora sua capacidade de absorção de fósforo.

Similarmente, Rebafka *et al.* (1993) avaliaram o crescimento inicial, absorção de fósforo e produtividade de sementes de milho (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) recobertas com fósforo e conduzidas em solo arenoso e ácido. O trabalho envolveu diversas doses (0; 0.5; 1.0; 2.0; 5.0; 10.0 mg P semente⁻¹) e tipos de fontes de fósforo (superfosfato simples, fosfato de amônia desidrogenado; fosfato monocálcico, fosfato de sódio desidrogenado e trifosfato de sódio). Concluíram que, comparadas com a dose zero, a matéria seca das plantas subseqüentes teve um aumento de 280%, conteúdo total por planta de 330%, biomassa total em 30% e produção de sementes em 45%.

Trigo *et al.* (1997) constataram que o aumento da concentração de fósforo na semente de soja (de 0,58% para 1,10%) propiciou aumento de rendimento de aproximadamente 37%, em solo com adubação de fósforo, e de 20% em solo sem adubação de fósforo. O mesmo também foi observado em sementes de aveia (Roberts, 1948), de ervilha (Austin *et al.*, 1965) e de tomate (George *et al.*, 1978).

Araújo *et al.* (2002) constataram que sementes de feijoeiro com maior teor de fósforo podem resultar em plantas com maior crescimento da parte aérea, nodulação e acúmulo de nitrogênio, no estágio vegetativo de crescimento, particularmente sob baixas doses aplicadas de fósforo, via solo.

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

O objetivo do trabalho foi estudar o efeito do fósforo, via recobrimento das sementes com fosfato de sódio, na nodulação e no crescimento das plantas de soja.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Vários lotes de sementes de soja, do ano agrícola 2007/2008, de mesma classe de tamanho (peneira 5,5 mm), da cultivar Pioneer – P98R31, hábito de crescimento indeterminado e precoce (grupo de maturidade 8,3), foram obtidos junto à Pioneer Sementes – Planaltina-DF. Foi determinado no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, o teor de fósforo nas sementes, via digestão nítrico-perclórica e a quantificação por espectrometria de absorção molecular (Malavolta *et al.*, 1997). Desse modo, foram selecionados os dois lotes mais contrastante quanto ao teor de fósforo, que corresponderam a 0,441 dag kg⁻¹ (S1) e 0,538 dag kg⁻¹ (S2).

Após a seleção dos lotes S1 (menor teor de fósforo nas sementes) e S2 (maior teor de fósforo nas sementes), no Laboratório de Sementes da Universidade Federal de Viçosa, foi realizado o recobrimento das sementes com fósforo, utilizando como fonte o fosfato de sódio monobásico (sal p.a.). As sementes de cada lote foram tratadas, na seguinte sequência (Figura 1): fungicida Derosal Plus (carbendazin +

thiram) na dose de 200 ml 100kg⁻¹ de sementes, fosfato de sódio monobásico, nas doses de 0,0; 0,2; 0,4; 0,8 e 1,2 g hg⁻¹ de sementes, cada dose foi diluída em dois mililitros de água deionizada e aplicadas às sementes, em seguida, foi aplicado o inoculante turfoso Microxisto na dose de 3,0 milhões de células da bactéria *Bradyrhizobium japonicum* por semente. Após o tratamento, as sementes foram semeadas em vasos plásticos contendo 2,5 dm³ de amostra de um Latossolo Vermelho Amarelo.

Antes da semeadura nos vasos, foi realizada uma análise química e física (Tabela 1) do solo 40 dias antes da instalação do experimento, no Laboratório de Análises de Solos do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa. Foi realizada a calagem com calcário dolomítico, na dose de 2,0 t ha⁻¹, pois a saturação de bases (V) e os teores de Ca⁺² e Mg⁺² se encontravam abaixo do mínimo recomendado para a cultura da soja, segundo Raij *et al.* (1996). A adubação com fósforo, potássio e micronutrientes foi realizada segundo Novais *et al.* (1991), nas seguintes doses: K = 150,00; S = 40,00; Mn = 3,66; Mo = 0,15 e Zn = 4,00 todos em mg kg⁻¹ de solo, sendo utilizadas como fonte o cloreto de potássio, sulfato de magnésio, sulfato de manganês, molibdato de sódio e sulfato de zinco. Quanto ao fósforo, foram utilizadas duas doses, de 200 e 400 mg kg⁻¹ de solo, visando obter dois níveis de disponibilidade de P, ou seja, os testes foram realizados em solos com diferentes adubações de fósforo, que correspondem ao solo com menor (P1) e maior (P2) disponibilidade de P, sendo utilizada como fonte o superfosfato triplo. A adubação com enxofre e micronutrientes foi realizada em cobertura, aos 15 dias após a emergência das plântulas. Os testes, para avaliar o efeito do recobrimento de sementes de soja com fósforo na nodulação e no crescimento das plantas de soja, foram realizados em casa de vegetação, na Universidade Federal de Viçosa (Figuras 2 e 3).

A semeadura foi realizada no dia 16 de janeiro de 2008. foram semeadas quatro sementes em cada vaso, para cada tratamento, na profundidade de três centímetros. Após a emergência, deixaram-se as duas plântulas mais vigorosas por vaso.

A irrigação foi realizada com água deionizada de modo a manter o teor de água no solo com 2/3 da capacidade de campo.

No estádio R3, que corresponde ao estádio de início da formação da vagem, segundo Fehr *et al.* (1977), foram realizadas as seguintes avaliações:

Avaliação do teor de nitrogênio (N) e fósforo (P) no terceiro trifólio da planta - as amostras foram lavadas em água deionizada, secas em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 60 °C, até atingirem massa constante. Em seguida, as amostras foram moídas. O nitrogênio foi determinado por método semimicro Kjeldahl após digestão sulfúrica e o fósforo via digestão nítrico-perclórica e quantificação por espectrometria (Malavolta *et al.*,1997). Os resultados foram expressos em dag kg^{-1} .

Matéria seca de parte aérea (MSPA) e raiz (MSR) - as repetições de cada tratamento foram acondicionadas em sacos de papel e levadas a estufa termoelétrica, com circulação forçada de ar, mantida à temperatura de 65°C, por 72 horas. Após esfriar em dessecador, cada repetição foi pesada em balança com precisão de 0,001 g e os resultados expressos em gramas por planta (Nakagawa, 1999).

Viabilidade dos nódulos – foram escolhidas algumas plantas, sendo estas retiradas do solo sem que se danifiquem os nódulos presentes no sistema radicular. Em seguida os nódulos foram cortados ao meio para observação da cor interna. A presença de nódulos com coloração interna rósea ou vermelha e plantas bem desenvolvidas e com as folhas verdes escuro são indicativos de uma boa nodulação e eficiência simbiótica (Hungria *et al.*, 1997).

Número de nódulos (NN) viáveis - quando a planta atingiu o estágio de avaliação, retirou-se o sistema radicular com os nódulos, em seguida eles foram destacados e contados (Hungria *et al.*, 1997). Os resultados foram expressos em número de nódulos por planta.

Matéria seca de nódulos (MSN) viáveis - após a retirada dos nódulos do sistema radicular, os mesmos foram acondicionados em sacos de papel e levados a estufa termoelétrica, com circulação forçada de ar, mantida à temperatura de 65°C, por 72 horas. Após esfriar em dessecador, cada repetição foi pesada em balança com precisão de 0,001g (Hungria *et al.*, 1997). Os resultados foram expressos em mg por planta.

Altura de planta (AP) - no estágio de avaliação foi medida a altura de cada planta, e o resultado foi expresso em centímetros.

Área foliar específica (AFE) - foi determinada a razão entre a área foliar do

terceiro trifólio e o peso da matéria seca do terceiro trifólio. Os resultados foram expressos em $\text{m}^2 \text{kg}^{-1}$.

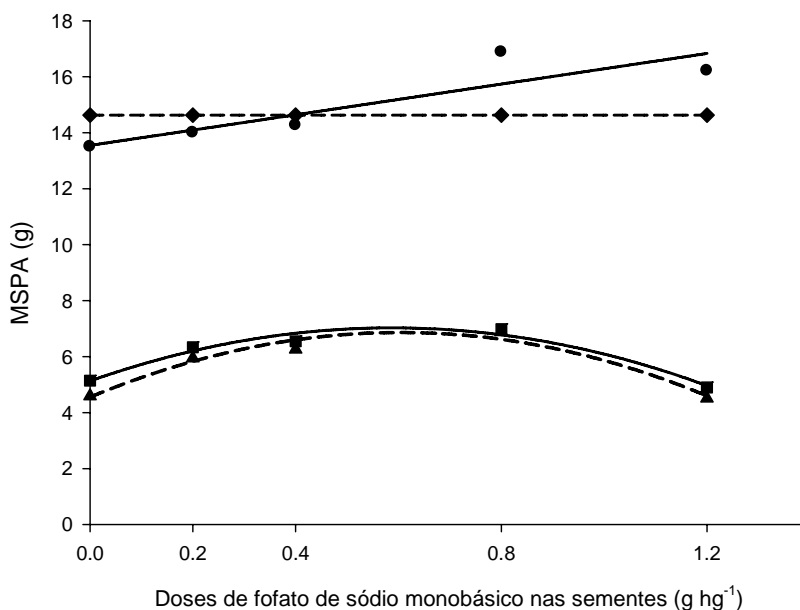
O experimento foi montado em um delineamento em blocos ao acaso com cinco repetições, segundo esquema de fatorial $2 \times 2 \times 5 + 4$, que se refere às sementes com diferentes teores de fósforo, as duas doses de fósforo adicionadas no solo e as cinco doses de fósforo utilizadas no recobrimento das sementes, e mais quatro testemunhas, o que resultaram em 24 tratamentos. As testemunhas são: T1, T2, T3 e T4, que se referem às sementes S2 (maior teor de fósforo) semeadas no solo P2 (maior dose de fósforo); sementes S1 (menor teor de fósforo) semeadas no solo P2; sementes S2 semeadas no solo P1 (menor dose de fósforo) e sementes S1 semeadas no solo P1, respectivamente. As testemunhas não receberam a aplicação do fósforo e do inoculante. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias do fator qualitativo (diferentes teores de P na semente e doses de P no solo) comparadas utilizando-se o teste F a 5% de probabilidade, e a análise de regressão, para os fatores quantitativos (doses de P no recobrimento das sementes). A análise estatística foi realizada no programa SAEG - Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (Universidade Federal de Viçosa, 1982) e os gráficos de regressão foram feitos no programa SigmaPlot 10.0.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise estatística dos dados mostrou que houve interação significativa entre as doses de fósforo no solo, os teores de fósforo nas sementes e as doses de fósforo utilizadas no recobrimento das sementes, para todas as características avaliadas. Assim sendo, as médias do fator qualitativo foram comparadas utilizando-se o teste F a 5% de probabilidade, realizando-se a análise de regressão para os fatores quantitativos.

A matéria seca da parte aérea (MSPA) por planta mostra que o recobrimento das sementes com fósforo em relação ao solo com maior dose de fósforo (P2) foi significativo para as sementes com maior teor de fósforo (S2) com uma resposta linear. Já para o solo com menor dose de P (P1), foi significativo para as sementes com maior teor de P (S2), onde a MSPA máxima (7,01 g) foi obtida com a dose de $0,58 \text{ g hg}^{-1}$, e para as sementes com menor teor de P (S1), a MSPA máxima (6,86 g)

foi obtida com a dose de 0,61 g hg⁻¹ (Figura 4). Segundo Britos (1985), o incremento do teor de P nas sementes foi responsável pelo aumento significativo da matéria seca da parte aérea em plantas de soja aos 21 dias após emergência, em função de uma maior translocação do nutriente para a parte aérea, o que contribuiu para uma maior formação de biomassa.



Legenda	Dose de P no Solo	Teor de P na Semente	Equação Ajustada	R ²
—●—	P2	S2	$\hat{y} = 13,36 + 3,41x$	0,48**
-◇-	P2	S1	$\hat{y} = 14,63$	----
—■—	P1	S2	$\hat{y} = 5,13 + 6,43x - 5,51x^2$	0,97**
-▲-	P1	S1	$\hat{y} = 4,55 + 7,67x - 6,36x^2$	0,97**

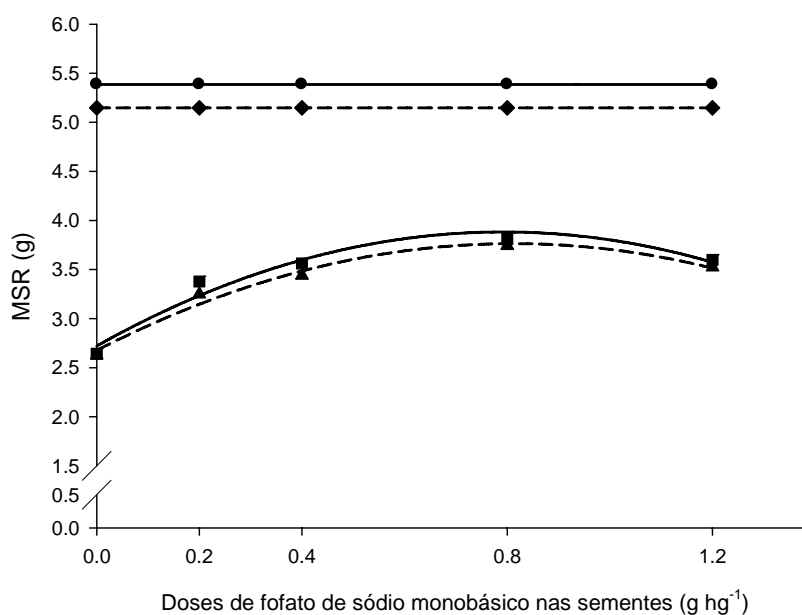
S1= 0,441 dag kg⁻¹; S2 = 0,538 dag kg⁻¹; P1= 200 mg kg⁻¹; P2 = 400 mg kg⁻¹.

** Significativo pelo teste F, a 1 % de probabilidade.

FIGURA 4 - Matéria seca da parte aérea (MSPA) por planta, em função das doses de fosfato de sódio monobásico, para os lotes de sementes com maior (S2) e menor (S1) teor de P e para o solo com maior (P2) e menor (P1) dose de P adicionado.

A matéria seca da raiz (MSR) por planta mostra que o recobrimento das sementes com fósforo, em relação ao solo com maior dose de fósforo (P2) não foi significativo para os dois teores de P nas sementes. Já para o solo com menor dose de P (P1), foi significativo para as sementes com maior teor de fósforo (S2), onde a MSR máxima (3,88 g) foi obtida com a dose de 0,79 g hg⁻¹, e para as sementes com menor teor de P (S1), a MSR máxima (3,76 g) foi obtida com a dose de 0,81 g hg⁻¹

(Figura 5). Segundo Drew *et al.* (1978), o fósforo promove rápida formação e crescimento do sistema radicular, resultando em maior desenvolvimento do mesmo. Esta afirmação é ainda confirmada por outros autores, como Lopes (2001), que constatou que o recobrimento das sementes com fósforo o coloca em posição disponível para o sistema radicular ainda reduzido das plântulas em início de desenvolvimento, o que resulta em formação mais rápida e maior desenvolvimento do sistema radicular.



Legenda	Dose de P no Solo	Teor de P na Semente	Equação Ajustada	R ²
—●—	P2	S2	$\hat{y} = 5,39$	----
-◆-	P2	S1	$\hat{y} = 5,14$	----
—■—	P1	S2	$\hat{y} = 2,72 + 2,93x - 1,85x^2$	0,96**
-▲-	P1	S1	$\hat{y} = 2,67 + 2,68x - 1,65x^2$	0,97**

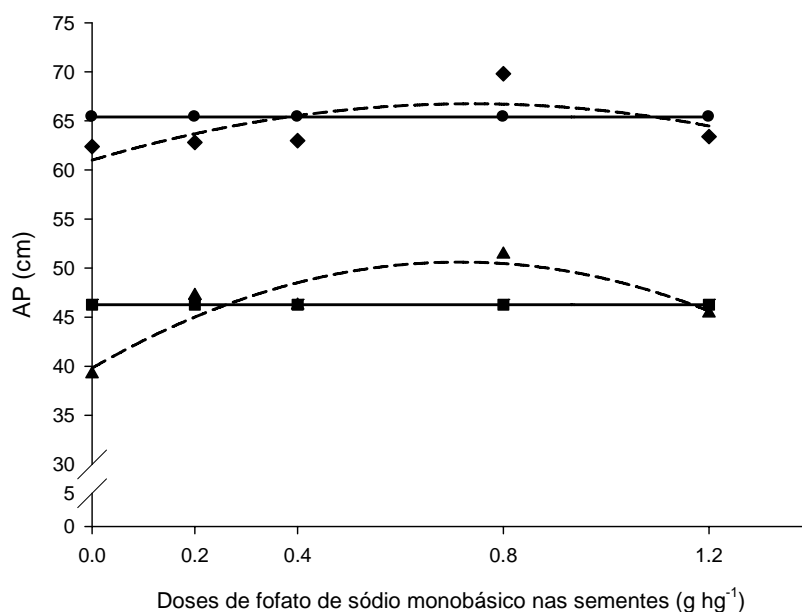
S1= 0,441 dag kg⁻¹; S2 = 0,538 dag kg⁻¹; P1= 200 mg kg⁻¹; P2 = 400 mg kg⁻¹.

** Significativo pelo teste F, a 1 % de probabilidade.

FIGURA 5 - Matéria seca da raiz (MSR) por planta, em função das doses de fosfato de sódio monobásico, para os lotes de sementes com maior (S2) e menor (S1) teor de P e para o solo com maior (P2) e menor (P1) dose de P adicionado.

A altura de planta (AP) por planta mostra que o recobrimento das sementes com fósforo em relação ao solo com maior dose de fósforo (P2) foi significativo para as sementes com menor teor de fósforo (S1), onde a AP máxima (66,73 cm) foi obtida com a dose de 0,74 g hg⁻¹. Já para o solo com menor dose de P (P1), foi

significativo para as sementes com menor teor de P (S1), onde a AP máxima (50,61 cm) foi obtida com a dose de 0,71 g hg⁻¹ (Figura 6). Trigo *et al.*, (1997), trabalhando com diferentes teores e adubações de P nas sementes e no solo, respectivamente, constataram que quanto maior o teor de P nas sementes, maior foi o aumento na altura das plantas de soja, tanto no solo adubado com menor e maior adubação de P.

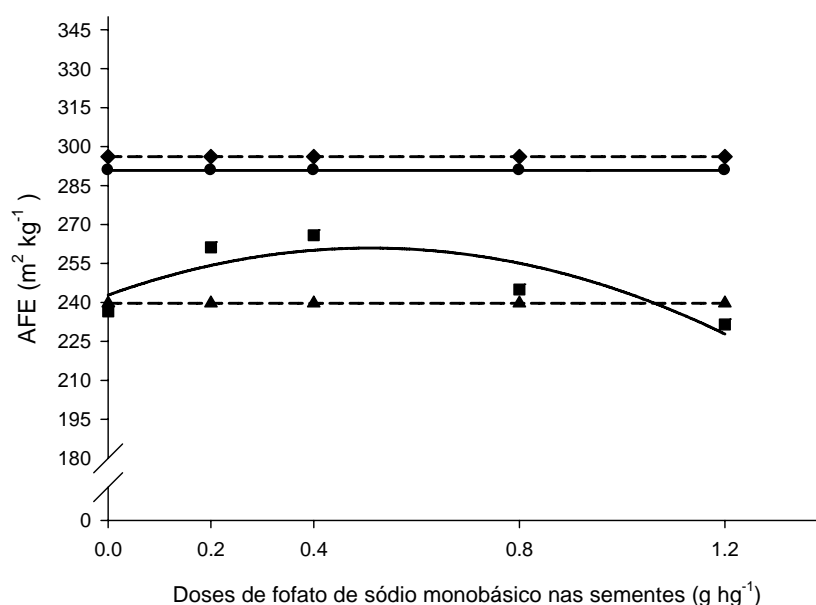


Legenda	Dose de P no Solo	Teor de P na Semente	Equação Ajustada	R ²
—●—	P2	S2	$\hat{y} = 65,40$	----
---◆---	P2	S1	$\hat{y} = 60,99 + 15,60x - 10,59x^2$	0,88**
—■—	P1	S2	$\hat{y} = 45,58$	----
---▲---	P1	S1	$\hat{y} = 39,80 + 30,25x - 21,17x^2$	0,89**

S1= 0,441 dag kg⁻¹; S2 = 0,538 dag kg⁻¹; P1= 200 mg kg⁻¹; P2 = 400 mg kg⁻¹.
 ** Significativo pelo teste F, a 1 % de probabilidade.

FIGURA 6 - Altura de planta (AP) por planta, em função das doses de fosfato de sódio monobásico, para os lotes de sementes com maior (S2) e menor (S1) teor de P e para o solo com maior (P2) e menor (P1) dose de P adicionado.

A área foliar específica (AFE) por planta mostra que o recobrimento das sementes com fósforo em relação ao solo com maior dose de fósforo (P2) não foi significativo para os dois teores de P nas sementes. Já para o solo com menor dose de P (P1), foi significativo para as sementes com maior teor de fósforo (S2), onde a AFE máxima (242,21 m² kg⁻¹) foi obtida com a dose de 0,54 g hg⁻¹ (Figura 7).



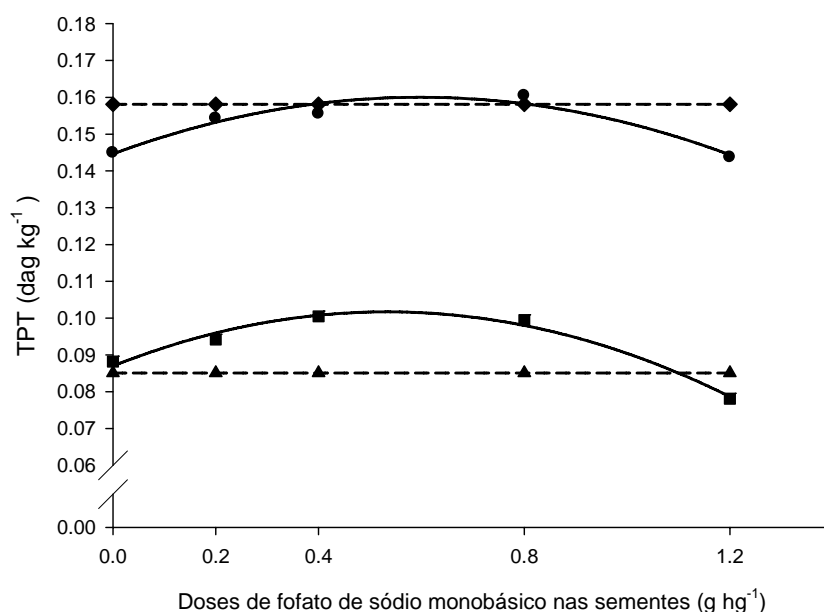
Legenda	Dose de P no Solo	Teor de P na Semente	Equação Ajustada	R ²
—●—	P2	S2	$\hat{y} = = 290,83$	----
—◆—	P2	S1	$\hat{y} = = 296,11$	----
—■—	P1	S2	$\hat{y} = 239,69 + 9,48x - 8,92x^2$	0,75*
—▲—	P1	S1	$\hat{y} = = 240,59$	----

S1= 0,441 dag kg⁻¹; S2 = 0,538 dag kg⁻¹; P1= 200 mg kg⁻¹; P2 = 400 mg kg⁻¹.

* Significativo pelo teste F, a 5% de probabilidade.

FIGURA 7 - Área foliar específica (AFE) por trifólio de cada planta, em função das doses de fofato de sódio monobásico, para os lotes de sementes com maior (S2) e menor (S1) teor de P e para o solo com maior (P2) e menor (P1) dose de P adicionado.

O teor de fósforo no terceiro trifólio (TPT) por planta mostra que o recobrimento das sementes com fósforo em relação ao solo com maior dose de fósforo (P2) foi significativo para as sementes com maior teor de fósforo (S2), onde ao TPT máximo (0,16 m² kg⁻¹) foi obtido com a dose de 0,59 g hg⁻¹. Já para o solo com menor dose de P (P1), foi significativo para as sementes com maior teor de P (S2), onde o TPT máximo (0,10 m² kg⁻¹) foi obtido com a dose de 0,55 g hg⁻¹ (Figura 8). O aumento das doses de P no solo e na semente causou incrementos da quantidade de P na parte aérea, provavelmente por ter possibilitado um maior translocação, fato esse observado em vários trabalhos (Vieira, 1996; Teixeira *et al.*, 1999; Silva *et al.*, 2002).



Legenda	Dose de P no Solo	Teor de P na Semente	Equação Ajustada	R ²
●—	P2	S2	$\hat{y} = 0,14 + 0,05x - 0,04x^2$	0,88**
◆---	P2	S1	$\hat{y} = 0,158$	----
■—	P1	S2	$\hat{y} = 0,08 + 0,07x - 0,07x^2$	0,94**
▲---	P1	S1	$\hat{y} = 0,085$	----

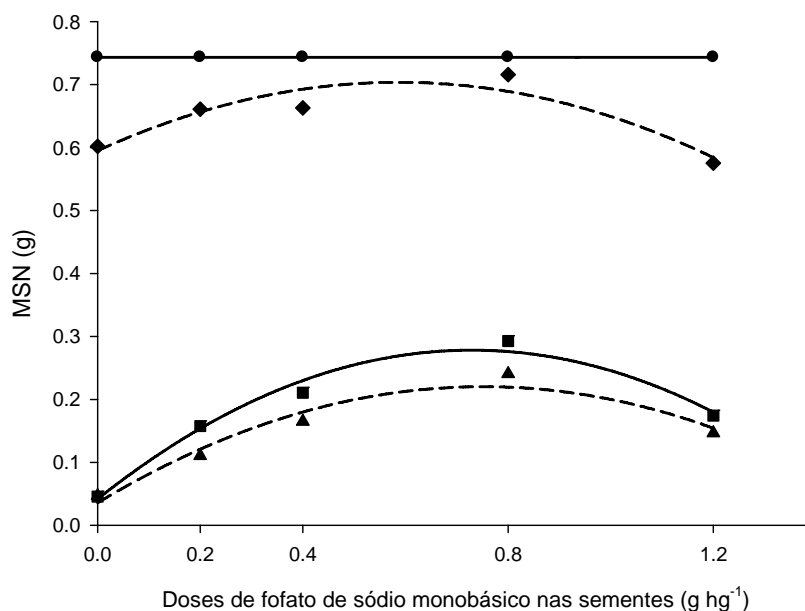
S1= 0,441 dag kg⁻¹; S2 = 0,538 dag kg⁻¹; P1= 200 mg kg⁻¹; P2 = 400 mg kg⁻¹.

** Significativo pelo teste F, a 1 % de probabilidade.

FIGURA 8 – Teor de fósforo do terceiro trifólio (TPT) por planta, em função das doses de fosfato de sódio monobásico, para os lotes de sementes com maior (S2) e menor (S1) teor de P e para o solo com maior (P2) e menor (P1) dose de P adicionado.

A matéria seca de nódulos (MSN) por planta mostra que o recobrimento das sementes com fósforo em relação ao solo com maior dose de fósforo (P2) foi significativo para as sementes com menor teor de fósforo (S1), onde a MSN máxima (0,69 g) foi obtida com a dose de 0,58 g hg⁻¹. Já para o solo com menor dose de P (P1), foi significativo para as sementes com maior teor de P (S2), onde a MSN máxima (0,27 g) foi obtida com a dose de 0,72 g hg⁻¹, e para as sementes com menor teor de P (S1), a MSN máxima (0,22 g) foi obtida com a dose de 0,75 g hg⁻¹ (Figura 9). Segundo Teixeira *et al.* (1999), plantas de feijão originadas de semente com alto teor de P produziram maior número e matéria seca de nódulos e foram menos responsivas ao suprimento de P no solo do que plantas oriundas de sementes com

baixo teor de P. Isso pode ser explicado pelo fato do maior incremento de P nas sementes promover um mais rápido e maior desenvolvimento do sistema radicular, o que resultou numa maior nodulação. Esse fato também foi observado em outros trabalhos (Teixeira, 1995; Araújo *et al.*, 2002).



Legenda	Dose de P no Solo	Teor de P na Semente	Equação Ajustada	R ²
—●—	P2	S2	$\hat{y} = 0,74$	----
-◆-	P2	S1	$\hat{y} = 0,59 + 0,37x - 0,32x^2$	0,24*
—■—	P1	S2	$\hat{y} = 0,04 + 0,65x - 0,44x^2$	0,87**
-▲-	P1	S1	$\hat{y} = 0,04 + 0,49x - 0,33x^2$	0,95**

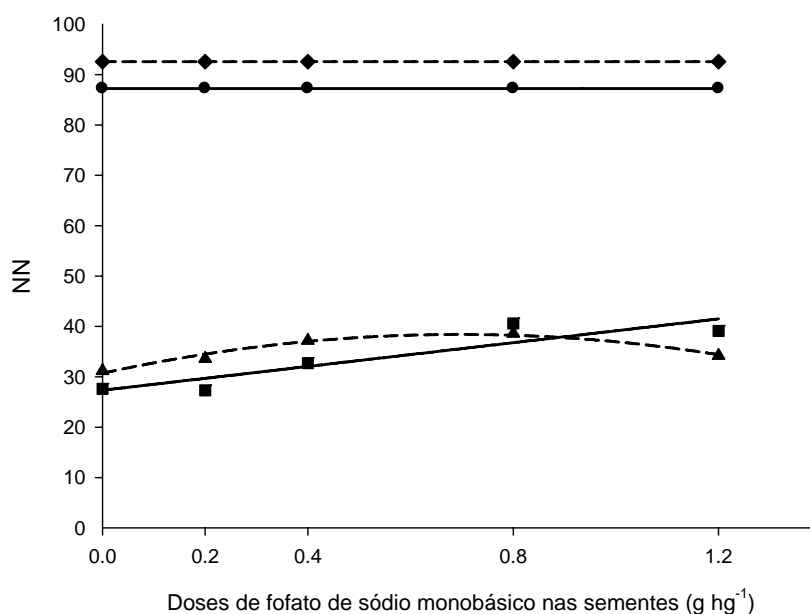
S1= 0,441 dag kg⁻¹; S2 = 0,538 dag kg⁻¹; P1= 200 mg kg⁻¹; P2 = 400 mg kg⁻¹.

*, ** Significativo pelo teste F, a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente.

FIGURA 9 - Matéria seca de nódulos (MSN) por planta, em função das doses de fosfato de sódio monobásico, para os lotes de sementes com maior (S2) e menor (S1) teor de P e para o solo com maior (P2) e menor (P1) dose de P adicionado.

O número de nódulos (NN) por planta mostra que o recobrimento das sementes com fosfato de sódio, em relação ao solo com maior dose de fósforo (P2) não foi significativo para os dois teores de P nas sementes. Já para o solo com menor dose de P (P1), foi significativo para as sementes com maior teor de P (S2) com uma resposta linear, e para as sementes com menor teor de P (S1), o NN máximo (38,95)

foi obtido com a dose de $0,69 \text{ g hg}^{-1}$ (Figura 10). Resultado similar foi encontrado por Teixeira *et al.* (1999).



Legenda	Dose de P no Solo	Teor de P na Semente	Equação Ajustada	R ²
—●—	P2	S2	$\hat{y} = 87,22$	----
-◆-	P2	S1	$\hat{y} = 92,55$	----
—■—	P1	S2	$\hat{y} = 27,88 + 9,56x$	0,72*
-▲-	P1	S1	$\hat{y} = 31,77 + 22,81x - 17,96x^2$	0,94**

S1= $0,441 \text{ dag kg}^{-1}$; S2 = $0,538 \text{ dag kg}^{-1}$; P1= 200 mg kg^{-1} ; P2 = 400 mg kg^{-1} .

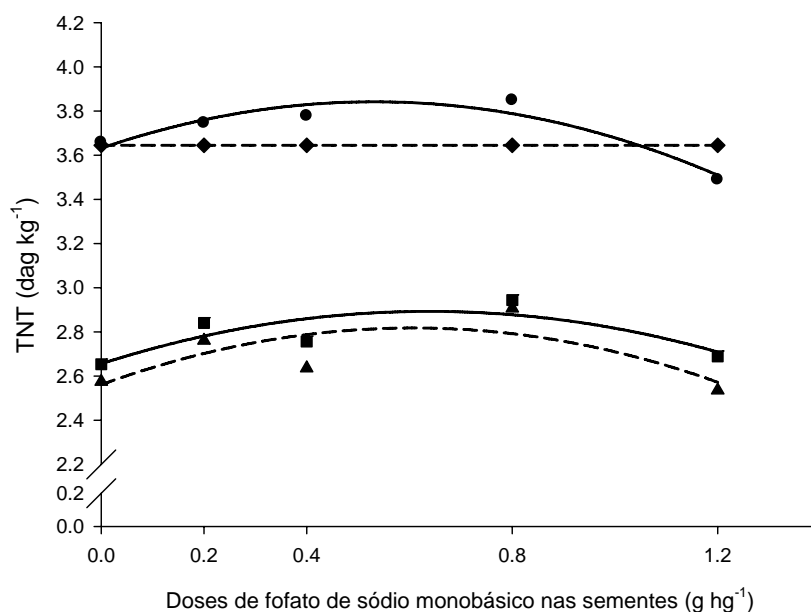
*, ** Significativo pelo teste F, a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente.

FIGURA 10 - Número de nódulos (NN) por planta, em função das doses de fosfato de sódio monobásico, para os lotes de sementes com maior (S2) e menor (S1) teor de P e para o solo com maior (P2) e menor (P1) dose de P adicionado.

O efeito do recobrimento das sementes de soja com fósforo, em relação à nodulação, nas diferentes doses de P no solo, pode ser observado nas Figuras 11, 12 e 13.

O teor de nitrogênio no terceiro trifólio (TNT) por planta mostra que o recobrimento das sementes com fosfato de sódio, em relação ao solo com maior dose de fósforo (P2) foi significativo para as sementes com maior teor de fósforo (S2), onde o TNT máximo ($3,84 \text{ dag kg}^{-1}$) foi obtido com a dose de $0,53 \text{ g hg}^{-1}$. Já para o solo com menor dose de P (P1), foi significativo para as sementes com maior teor de P (S2), onde o TNT máximo ($2,89 \text{ dag kg}^{-1}$) foi obtido com a dose de $0,63 \text{ g hg}^{-1}$, e

para as sementes com menor teor de P (S1), o TNT máximo (2,81 dag kg⁻¹) foi obtido com a dose de 0,60 g hg⁻¹ (Figura 14). Segundo Araújo *et al.* (2002), sementes de feijoeiro com maior teor de P podem resultar em plantas com maior crescimento da parte aérea, nodulação e acúmulo de N no estágio vegetativo de crescimento, particularmente sob baixas doses aplicadas de P via solo.



Legenda	Dose de P no Solo	Teor de P na Semente	Equação Ajustada	R ²
—●—	P2	S2	$\hat{y} = 3,63 + 0,79x - 0,74x^2$	0,83**
-◆-	P2	S1	$\hat{y} = 3,65$	----
—■—	P1	S2	$\hat{y} = 2,65 + 0,74x - 0,58x^2$	0,93**
-▲-	P1	S1	$\hat{y} = 2,56 + 0,85x - 0,69x^2$	0,92**

S1= 0,441 dag kg⁻¹; S2 = 0,538 dag kg⁻¹; P1= 200 mg kg⁻¹; P2 = 400 mg kg⁻¹.

** Significativo pelo teste F, a 1 % de probabilidade.

FIGURA 14 - Teor de nitrogênio do terceiro trifólio (TNT) por planta, em função das doses de fosfato de sódio monobásico, para os lotes de sementes com maior (S2) e menor (S1) teor de P e para o solo com maior (P2) e menor (P1) dose de P adicionado.

A interação entre os teores de P nas sementes (S1 e S2) e as doses de P no solo (P1 e P2) não foi significativa para a MSPA, MSR, AP, AFE e TPT (Tabela 2), na dose de 0,8 g hg⁻¹ de fosfato de sódio monobásico no recobrimento das sementes. Para o fator semente não houve diferença significativa entre os teores de P nas sementes, para essas características avaliadas, pelo teste F ao nível de 5% de

probabilidade. Em relação ao fator solo, houve diferença significativa entre as doses de P no solo, onde no solo com maior dose de P (P2) a MSPA, MSR, AP, AFE e TPT foi 131,90, 66,09, 38,11, 21,95 e 71,63%, respectivamente, superior ao solo com menor dose de P (P1) pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade. Para as outras doses de fosfato de sódio monobásico, o resultado dessa interação foi similar.

Tabela 2 - Matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca da raiz (MSR), altura de planta (AP), área foliar específica (AFE) e teor de fósforo no terceiro trifólio (TPT), em função da dose de 0,8 g hg⁻¹ de fosfato de sódio monobásico no recobrimento das sementes, para os lotes de sementes com maior (S2) e menor (S1) teor de P e para o solo com maior (P2) e menor (P1) dose de P adicionado Viçosa, MG, 2008.

Teor de P na semente	Dose de P no solo		Média
	P1	P2	
MSPA (g)			
S1	6,8820	15,2576	11,0698 a
S2	6,9802	16,8889	11,9345 a
Média	6,9311 B	16,0732 A	
MSR (g)			
S1	3,5434	5,9189	4,7312 a
S2	3,6221	5,9820	4,8021 a
Média	3,5827 B	5,9504 A	
AP (cm)			
S1	50,40	69,80	60,10 a
S2	51,40	70,80	61,10 a
Média	50,90 B	70,30 A	
AFE (m² kg⁻¹)			
S1	232,2312	292,1243	262,1775 a
S2	244,9592	289,8491	267,4041 a
Média	238,5952 B	290,9867 A	
TPT (dag kg⁻¹)			
S1	0,0944	0,1601	0,1273 a
S2	0,0925	0,1604	0,1265 a
Média	0,0934 B	0,1603 A	

S1= 0,441 dag kg⁻¹ de P na semente; S2 = 0,538 dag kg⁻¹ de P na semente;

P1= 200 mg kg⁻¹ de P no solo; P2 = 400 mg kg⁻¹ de P no solo;

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste F (P < 0,05).

A interação entre os teores de P nas sementes (S1 e S2) e as doses de P no solo (P1 e P2), também, não foi significativa para a MSN, NN e TNT (Tabela 3), na dose de 0,8 g hg⁻¹ de fosfato de sódio monobásico no recobrimento das sementes. Para o fator semente não houve diferença significativa entre os teores de P nas sementes, para essas características avaliadas, pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade. Em relação ao fator solo, houve diferença significativa entre as doses de P no solo, onde no solo com maior dose de P (P2) a MSN, NN e TNT foi 189,60, 166,92 e 50,69%, respectivamente, superior ao solo com menor dose de P (P1) pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade. Para as outras doses de fosfato de sódio monobásico, o resultado dessa interação foi similar. Os resultados das tabelas 2 e 3 são referentes, somente, a dose de 0,8 g hg⁻¹ de fosfato de sódio monobásico no recobrimento das sementes, pois entre as cinco doses utilizadas, foi a que apresentou melhores resultados nos que diz respeito ao aumento da nodulação e do crescimento das plantas de soja.

Tabela 3 – Matéria seca de nódulos (MSN), número de nódulos (NN) e teor de nitrogênio no terceiro trifólio (TNT), em função da dose de 0,8 g hg⁻¹ de fosfato de sódio no recobrimento das sementes, para os lotes de sementes com maior (S2) e menor (S1) teor de P e para o solo com maior (P2) e menor (P1) dose de P adicionado. Viçosa, MG, 2008.

Teor de P na semente	Dose de P no solo		Média
	P1	P2	
MSN (g)			
S1	0,2406	0,7158	0,4782 a
S2	0,2927	0,8060	0,5493 a
Média	0,2667 B	0,7609 A	
NN			
S1	40,60	97,10	68,85 a
S2	38,60	114,30	76,45 a
Média	39,60 B	105,70 A	
TNT (dag kg⁻¹)			
S1	2,5827	3,9878	3,2853 a
S2	2,6266	3,8625	3,2445 a
Média	2,6047 B	3,9252 A	

S1= 0,441 dag kg⁻¹ de P na semente; S2 = 0,538 dag kg⁻¹ de P na semente;

P1= 200 mg kg⁻¹ de P no solo; P2 = 400 mg kg⁻¹ de P no solo;

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste F (P < 0,05).

Para todas as características avaliadas não foi observado diferenças significativas para os diferentes teores de fósforo nas sementes, com exceção do EA, como mostram as Tabelas 2 e 3. Esse mesmo resultado foi encontrado por Salum *et al.* (2008), estudando características químicas e fisiológicas de sementes de feijão em função do teor de fósforo na semente e doses de fósforo no solo, não encontraram diferença significativa entre os lotes de sementes com diferentes teores de fósforo. Esses resultados divergem de vários outros trabalhos (Trigo *et al.*, 1997; Teixeira, 1995; Britos, 1985; Bolland *et al.*, 1998; Teixeira *et al.*, 1999; Araújo *et al.*, 2002), esse fato pode ser explicado pela pequena diferença entre os dois teores de P dos lotes para execução desse experimento, já que em outros trabalhos essa diferença foi muito expressiva.

A comparação entre os tratamentos P2S2, P2S1, P1S2, P1S1, para a dose de 0,0 g hg⁻¹ de fosfato de sódio monobásico nas sementes, e suas respectivas testemunhas T1, T2, T3 e T4 (Tabela 4), pelo teste F ao nível de 5 % de probabilidade, mostrou que nos tratamentos P2S2 e P2S1, ou seja, no solo com maior dose de P semeado tanto com sementes com maior e menor teor de P, houve diferença significativa para todas as características avaliadas em relação às suas testemunhas. Já entre os tratamentos P1S2, P1S1, que se referem ao solo com menor dose de P semeado tanto com sementes com maior e menor teor de P, e suas respectivas testemunhas, só não houve diferença significativa para a AFE e AP. Esses resultados demonstram a importância da inoculação para a fixação biológica de nitrogênio na cultura da soja. Segundo Finoto *et al.* (2005), o uso total de fertilizantes nitrogenados torna inviável economicamente o cultivo da soja, pois o sucesso da cultura está estreitamente relacionado à eficiência da associação com as bactérias fixadoras de nitrogênio.

TABELA 4 – Matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca da raiz (MSR), matéria seca de nódulos (MSN), número de nódulos (NN), área foliar específica (AFE), altura de planta (AP) e teor de fósforo (TPT) e de nitrogênio (TNT) no terceiro trifólio das plantas de soja, em função da dose de 0,0 g hg⁻¹ de fosfato de sódio monobásico no recobrimento das sementes, para os lotes de sementes com maior (S2) e menor (S1) teor de P e para o solo com maior (P2) e menor (P1) dose de P adicionado, em comparação com as suas respectivas testemunhas T1, T2, T3 e T4. Viçosa, Minas Gerais, 2008.

Tratamentos	Características avaliadas							
	MSPA	MSR	MSN	NN	AFE	AP	TPT	TNT
	----- g -----				--dm ² g ⁻¹ --	--- cm ---	-- dag g ⁻¹ --	-- dag g ⁻¹ --
P2S2	15,0136 a	5,3869 a	0,7400 a	87,22 a	290,82 a	64,28 a	0,1518 a	3,7140 a
T1	9,2002 b	3,2738 b	0,0113 b	31,60 b	222,19 b	51,00 b	0,0754 b	2,3080 b
P2S1	14,7112 a	5,1483 a	0,6434 a	92,50 a	396,10 a	65,40 a	0,1581 a	3,6452 a
T2	9,4860 b	3,0672 b	0,1190 b	32,90 b	219,88 b	49,80 b	0,0745 b	2,2226 b
P1S2	5,9815 a	3,3165 a	0,0146 a	32,86 a	248,02 a	45,58 a	0,0921 a	2,6266 a
T3	2,9938 b	1,6512 b	0,0056 b	12,00 b	197,48 a	36,60 a	0,0543 b	1,3279 b
P1S1	5,6371 a	3,4018 a	0,0136 a	36,02 a	239,69 a	43,24 a	0,0851 a	2,5827 a
T4	2,7612 b	1,5198 b	0,0047 b	10,70 b	188,69 a	35,20 a	0,0508 b	1,2284 b

P2S2 (sementes S2 semeadas no solo P2), P2S1 (sementes S1 semeadas no solo P2), P1S2 (sementes S2 semeadas no solo P1) e P1S1 (sementes S1 semeadas no solo P1). Esses tratamentos receberam a aplicação da dose de 0,0 g hg⁻¹ de fosfato de sódio nas sementes e inoculação.

T1(sementes S2 semeadas no solo P2), T2(sementes S1 semeadas no solo P2), T3(sementes S2 semeadas no solo P1) e T4(sementes S1 semeadas no solo P1). Essas testemunhas não receberam à aplicação de fosfato de sódio e inoculante;

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de F (P < 0,05).

Em trabalho recente, onde se estudou o desempenho de sementes de soja recobertas com fósforo em diferentes doses de P no solo, constatou-se que o recobrimento das sementes de soja com P aumentou a produtividade, dependendo das fontes e doses de P usadas, e que a dose de 21 gramas de fitina kg^{-1} de sementes aumentou a produtividade da cultura da soja em 14% no peso total de grãos (Peske, *et al.*, 2008).

Para aquelas características nas quais o recobrimento das sementes com fósforo foi significativo, resultando num aumento da nodulação e do crescimento das plantas de soja, a dose de fósforo recomendada para o recobrimento das sementes manteve-se no intervalo de 0,6 a 0,8 g hg^{-1} .

Segundo Thomson *et al.* (1992), o incremento do rendimento em plantas provenientes de sementes com elevadas concentrações, tanto via endógena como exógena de P, seria atribuído tanto ao maior crescimento das raízes e da parte aérea, como ao favorecimento da nodulação. Aquelas plantas originadas de sementes com maior incremento de P atendem melhor à demanda metabólica inicial, tornando-as, portanto, menos dependentes dos teores existentes deste elemento no solo nessa fase. Em solos com menor disponibilidade de fósforo, a importância do conteúdo deste nutriente nas sementes poderá ser relevante para o estabelecimento das plantas. Isto não significa, entretanto, que as plantas originárias de sementes com alta concentração de P possam prescindir de adequados teores desse nutriente no solo.

4. CONCLUSÕES

Independente da concentração de fósforo na semente:

- O recobrimento das sementes com fósforo não proporcionou aumento da nodulação e do crescimento das plantas de soja para a condição de solo com **maior** disponibilidade de fósforo.
- Na condição de solo com **menor** disponibilidade de fósforo, o recobrimento das sementes com fósforo proporcionou aumento da nodulação e do crescimento das plantas de soja.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, J.P.F.; HARTWIG, U.A.; FREHNER, M.; NOSBERGER, J.; LUSCHER, A. Evidence that P deficiency induces N feedback regulation of symbiotic N₂ fixation in white clover (*Trifolium repens* L.). **Journal of Experimental Botany**, Zurich, v. 51, p. 1289-1297, 2000.

ARAÚJO, A.P.; TEIXEIRA, M.G.; LIMA, E.R. Efeitos do aumento do teor de fósforo na semente, obtido via adubação foliar, no crescimento e na nodulação do feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 183-189, 2002.

AUSTIN, R.B.; LOGDEN, P.C. The influence of the phosphorus and nitrogen nutrition of pea plants on the growth of their progeny. **Plant and Soil**, The Hague, v. 24, p. 359-368, 1965.

BOLLAND, M. D. A.; PAYNTER, B. H.; BAKER, M. J. Increasing phosphorus in lupin seed increases grain yields on phosphorus deficient soil. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Perth, v. 29, p. 791-801, 1998.

BRITOS, E. R. A. **Estudo da importância de alguns caracteres no rendimento da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) visando a eficiência da seleção de cultivares para o sudeste do Rio Grande Sul**. Do Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 1985. 75 p. (Dissertação de Mestrado).

BUTLER, G.W.; JONES, D.I.H. **Mineral Biochemistry of herbage**. Chemistry and biochemistry of herbage. London: Academic Press, 1973. p. 127-162.

COMMON, R. H. The phytic acid content of some poultry feeding stuffs. **The Analyst**, London, v. 65, n. 767, p. 79-82, 1980.

DREW, M.C.; SACKER, L.R. Nutrient supply and the growth of the seminal root system in barley. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 29, p. 435-451, 1978.

FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. **Stages on soybean development**. Ames: Iowa State University/Cooperative Extension Service, 1977. 11 p. (Special Report, 80).

FINOTO, E.L.; SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R.C.; LEAL, D.L. Molibdênio e cobalto na cultura da soja. In: Sedyama, T.; Teixeira, R.C. **Cultivares e linhagens de soja UFV em Cristalina, Goiás**. Viçosa, MG: UFV/DFT, 2004, p. 23-27.

GEORGE, R.A.T.; STEPHENS, R.J.; VARIS, S. Efecto de los nutrientes minerales sobre el rendimiento y calidad de la semilla de tomate. In: HEBBLETHWAITE, P.D. **Producción moderna de semillas**. ed. Montevideo: Editorial Hemisfério Sur, 1978. p. 668-675.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T.; CAMPO, R.J. A inoculação da soja. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1997. 28 p. (EMBRAPA-CNPSO. **Circular Técnica**, 17).

JACOB-NETO, J.; ROSSETTO, C. A.V. Concentração de nutrientes nas sementes: o papel do molibdênio. **Ciência & Floresta**, Seropédica, v. 5, n. 1, p. 171-183, 1998.

LOPES. A.S. **Boletim Técnico de Pesquisa de Soja**. Rondonópolis, MT: Fundação MT, 2001. 144 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. Avaliação do estado nutricional das plantas; princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: **Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato**, 1997. p. 82-117.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. Principles of plant nutrition. **4. ed. Bern: International Potash Institute**, 1987. 687 p.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. Londrina: **ABRATES, Comitê de Vigor de Sementes**, 1999. p. 2.1-2.24.

NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F. Ensaio em ambiente protegido. **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo (EMBRAPA)**, Brasília, DF, 1991. p. 189-253.

PERETTI, A. **Manual para análises de semillas**. Buenos Aires: Editorial Hemisférico Sur, 1994. 282 p.

PESKE, F.B. **Desempenho de sementes de soja recobertas com fósforo**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas. 2008. 39 p. (Dissertação de Mestrado).

RAIJ, B.V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. Recomendação de adubação e calagem para o estado de São Paulo, **2 ed. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC**, 1996. 285 p.

REBAFKA, F. P.; BATIONO A.; MARSCHNER H. Phosphorus seed coating increases phosphorus uptake, early growth and yield of pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.). **Journal Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Stuttgart, v. 35, n. 3, p. 151-160, 1993.

RIBEIRO, N.D. **Germinação e vigor de sementes de milho tratadas com fontes de zinco e boro**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria. 1993. 83 p. (Dissertação de Mestrado).

ROBERTS, W.O. Prevention of mineral deficiency by soaking seed in nutrient solution. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 38, p. 458-468, 1948.

SALUM, J.D.; ZUCARELI, C.; GAZOLA, E.; NAKAGAWA, J. Características químicas e fisiológicas de sementes de feijão em função do teor de fósforo na semente e doses de fósforo no solo. **Revista Brasileira de Sementes**, Botucatu, v. 30, n. 1, p. 140-149, 2008.

SENGIK, ERICO S.; Os macronutrientes e micronutrientes das plantas. **Calagem e Adubação em Plantas Forrageiras**, Maringá, 2003. p. 6-10.

SFREDO, G. H.; BORKET, C. M.; NEPOMUCENO, A . L.; OLIVEIRA, M. C. N. Eficácia de produtos contendo micronutrientes, aplicados via semente, sobre a

produtividade e teores de proteína da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 41-45, 1997.

SILVA, R.J.S.; VAHL, L.C. Reposta do feijoeiro a adubação fosfatada num Neossolo Litolítico Distrófico da região sul do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 8, n. 2, p. 129-132, 2002.

SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E.; REIN, T.A. Adubação com fósforo. **Cerrado: correção do Solo e Adubação**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. p. 147-168.

TEIXEIRA, M. G. **Influência do conteúdo de fósforo da semente na nodulação do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Seropédica: UFRRJ, 1995. 205 p. (Tese de Doutorado).

TEIXEIRA, M. G.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. de; ARAÚJO, A. P.; FRANCO, A. A. Effect of seed phosphorus concentration on nodulation and growth of three common bean cultivars. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 22, n. 10, p. 1599-1611, 1999.

THOMSON, J.R.; BELL, R.W.; BOLLAND, M.D.A. Low seed phosphorus concentration depress early growth and nodulation of narrow-leaved lupin (*Lupinus angustifolius* cv. Gungurro). **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 15, n. 8, p. 1193-1214, 1992.

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

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. 1982. Centro de Processamento de Dados - UFV - CPD. SAEG - *Sistema para análise estatística e genética*. Viçosa: UFV. 59 p.

VIEIRA, R.F. Influência de teores de fósforo no solo sobre a composição química, qualidade fisiológica e desempenho no campo de feijão. (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 33, n. 186, p. 173-188, 1996.

ZELONKA, L.; STRAMKALE, V.; VIKMANE, M. Effect and after-effect of Barley seed coating with phosphorous on germination, photosynthetic pigments and grain yield. **Acta Universitatis Lativiensis**, Latvia, v. 691, p. 111-119, 2005.

Tabela 1 - Características físico-químicas do solo Latossolo Vermelho-Amarelo utilizado no experimento, antes da correção com calagem e da adubação. Viçosa, Minas Gerais, 2008.

Análise Granulométrica (dag kg ⁻¹)											
Argila	Silte	Areia fina	Areia grossa	Classe Textural							
74	5	10	11	Muito Argilosa							
Análise Química											
pH	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H + Al	T	V	m	MO	P-rem
H ₂ O	-- mg dm ⁻³ --		-----	cmol _c dm ⁻³ -----				--- % ---		dag kg ⁻¹	mg L ⁻¹
5,67	0,5	5	0,01	0,03	0,00	2,4	2,45	2,0	0,0	0,13	2,6

Análises realizadas nos Laboratórios de Análises Físicas e Químicas de Solo do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa.

pH em água, KCl e CaCl₂ - Relação 1:2,5.

P - K - Extrator Mehlich 1.

Ca - Mg - Al - Extrator: KCl - 1 mol l⁻¹.

H + Al - Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol L⁻¹ - pH 7,0.

CTC (T) - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0.

V = Índice de Saturação de Bases.

m = Índice de Saturação de alumínio.

Matéria Orgânica (MO) = C. Org. x 1,724 - Walkley-BlacK.

P-rem = Fósforo Remanescente.

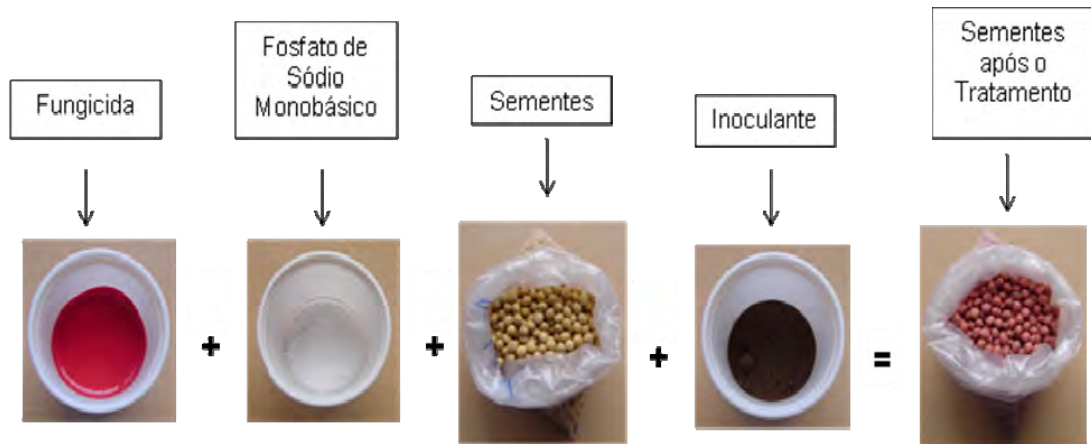


FIGURA 1 - Seqüência do tratamento das sementes.



FIGURA 2 - Vista parcial do experimento no estádio V3 (terceiro nó).



FIGURA 3 - Vista parcial do experimento no estádio V8 (oitavo nó).

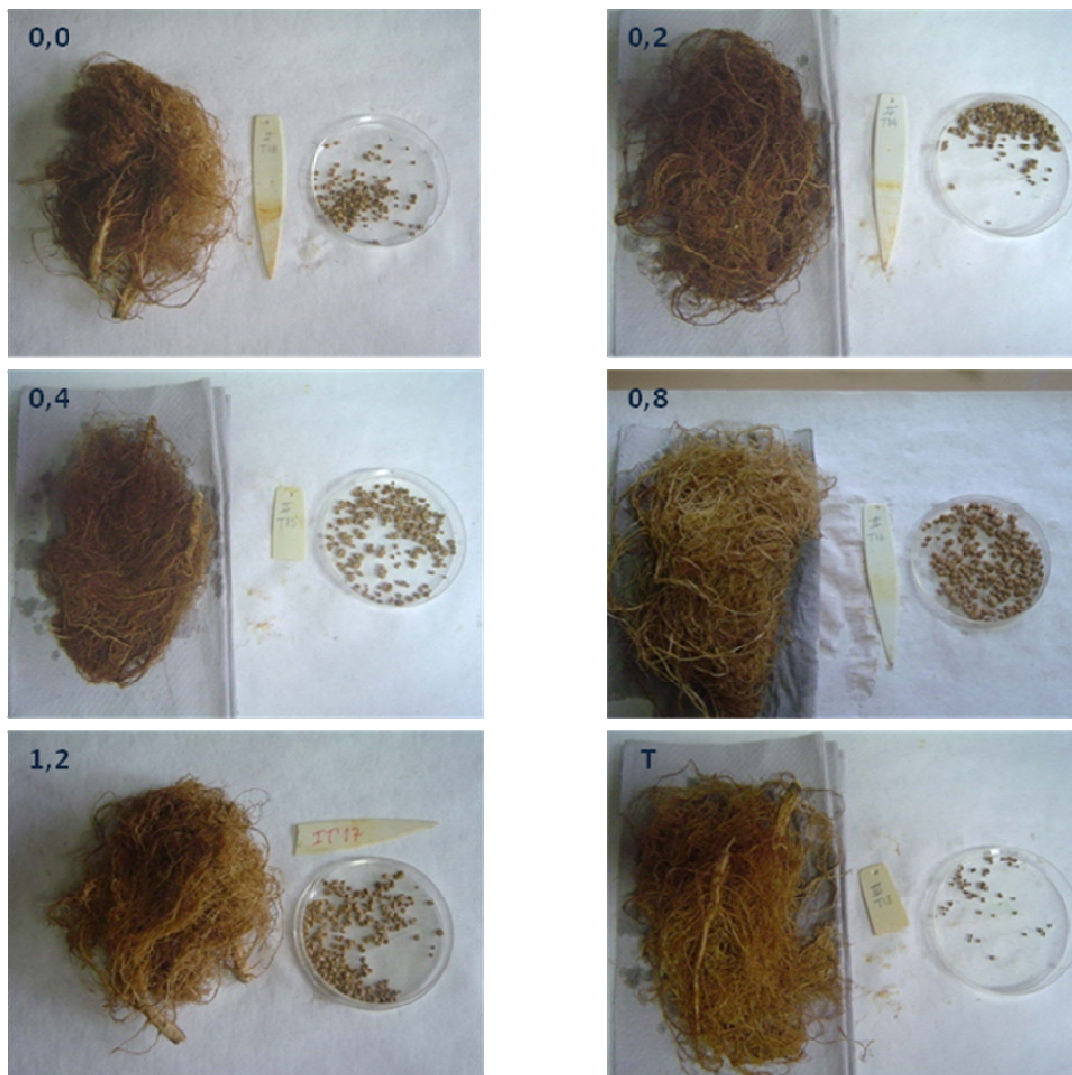


FIGURA 11 - Visualização do sistema radicular e da nodulação, por vaso, em função da testemunha e das doses 0,0, 0,2, 0,4, 0,8 e 1,2 g hg^{-1} de fosfato de sódio monobásico nas sementes, na condição de solo com maior dose de fósforo.

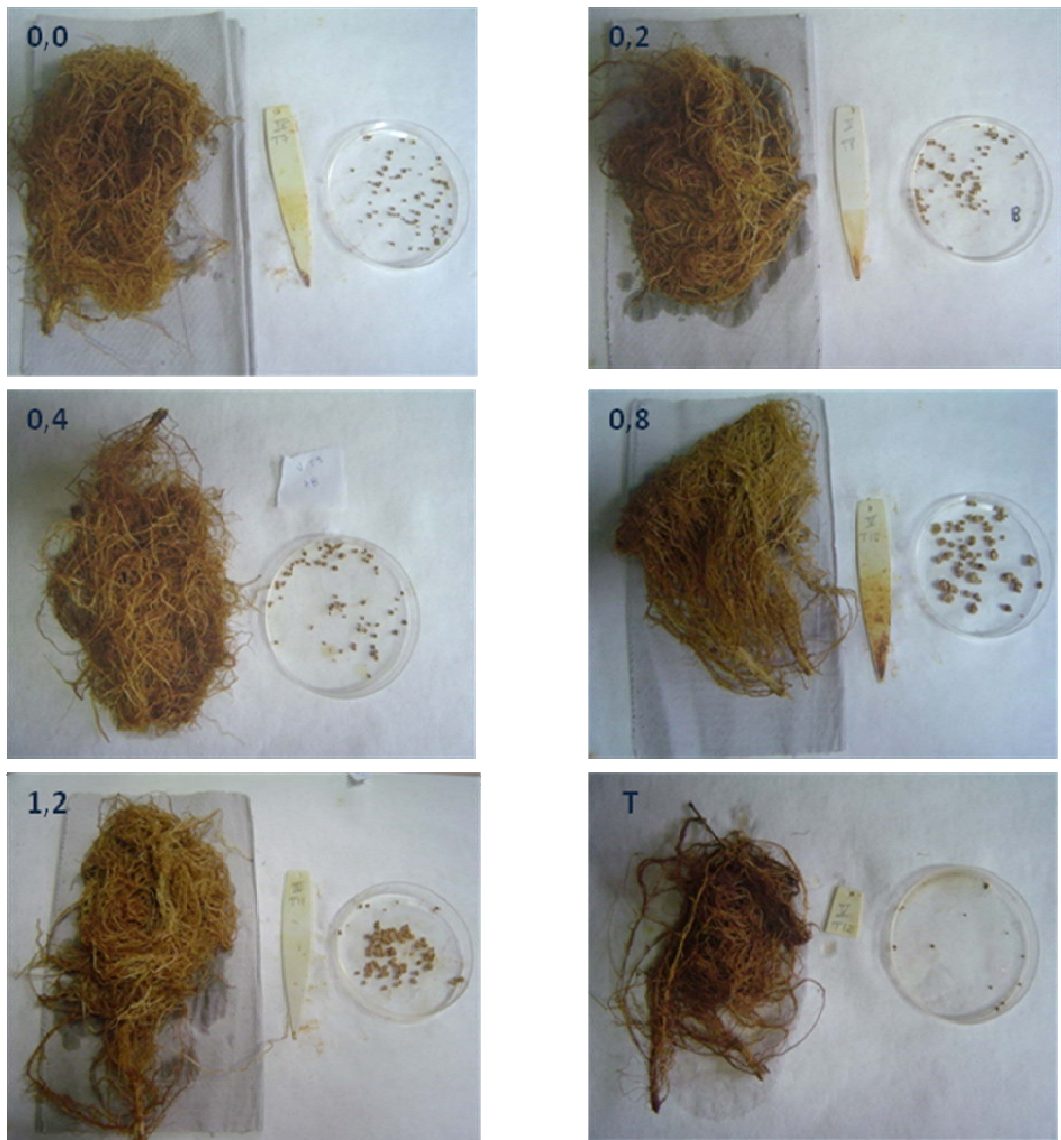


FIGURA 12 - Visualização do sistema radicular e da nodulação, por vaso, em função da testemunha e das doses 0,0, 0,2, 0,4, 0,8 e 1,2 g hg⁻¹ de fosfato de sódio monobásico nas sementes, na condição de solo com menor dose de fósforo.



FIGURA 13 - Visualização do sistema radicular e da nodulação, por vaso, em função da dose de $0,8 \text{ g hg}^{-1}$ de fosfato de sódio monobásico no recobrimento das sementes, para a condição de solo com maior (P2) e menor (P1) dose de P adicionado.