

Fósforo e estimulante de micorrização formononetina na produtividade da soja cultivada em Latossolos do Cerrado piauiense

Fabício Ribeiro Andrade¹; Júlio Cesar Azevedo Nóbrega²; Fatima Maria de Souza Moreira³; Rafaela Simão Abrahão Nóbrega²; Alan Mario Zuffo⁴; José Ferreira Lustosa Filho⁵

⁽¹⁾Aluno do Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo - Universidade Federal de Lavras, Caixa Postal 3037 - CEP 37200-000 - Lavras MG, Brasil. E-mail: fabricaoandradeagro@gmail.com; ⁽²⁾ Prof. Dr (a) Universidade Federal do Piauí (CPCE), Rod BR 135, Km 03, CEP: 64900 - 000 - Bom Jesus-PI, Brasil. E-mail: juliocnobrega@gmail.com, rafaela.nobrega@gmail.com; ⁽³⁾ Prof. Dr (a) Universidade Federal de Lavras, Departamento de Ciência do Solo, Setor de Biologia, Microbiologia e Processos biológicos do Solo, Caixa Postal 3037 - CEP 37200-000 - Lavras MG, Brasil. E-mail: fmoreira@dcs.ufla.br; ⁽⁴⁾Aluno do Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal - Universidade Federal do Tocantins, Caixa-postal: 66 - CEP 77402-011 - Gurupi, TO, Brasil. E-mail: alan_zuffo@hotmail.com; ⁽⁵⁾Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal do Piauí (CPCE), Rod. BR 135, Km 03, CEP: 64900-000, Bom Jesus-PI, Brasil. E-mail: filhoze04@hotmail.com.

RESUMO: Objetivou-se avaliar a eficácia do isoflavonóide formononetina como estimulante da micorrização na produtividade da soja, associado a doses de fósforo (P) em Latossolos Amarelos com teores P disponível baixo e médio no Cerrado piauiense. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições e 16 tratamentos, dispostos em esquema fatorial 4 x 4, sendo os fatores constituídos por quatro doses de fósforo (0; 26,7; 40 e 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e quatro doses do isoflavonóide formononetina (0; 0,5; 0,9 e 1,8 g kg⁻¹ de semente). Quando a cultura atingiu a maturação fisiológica determinou-se o número de vagens, número de grãos por plantas, produtividade de grãos e massa de mil grãos. Com exceção do número de vagens por plantas de soja cultivadas em Latossolo Amarelo distrófico com baixo teor de P, os demais parâmetros, em ambos os solos, não foram influenciados pela aplicação do isoflavonóide. Para as doses de P utilizadas não se observou efeito significativo para os parâmetros avaliados quando a soja foi cultivada em Latossolo Amarelo distrófico com médio teor de P, comportamento contrário ao verificado para a soja cultivada em Latossolo Amarelo distrófico com baixo teor de P.

Termos de indexação: interação fósforo-micorrizas, *Glycine max* (L). Merrill, produção de grãos.

INTRODUÇÃO

O cultivo da soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é um dos mais importantes no Cerrado piauiense, região que vem se destacando no cenário nacional como grande potencial na produção de grãos (Petter et al., 2012). Segundo a CONAB (2012), na safra 2011/12, o Piauí apresentou área cultivada com soja em torno de 444.600 ha, com rendimento médio de grãos de 2.841 kg ha⁻¹.

A produção agrícola em regiões tropicais, a exemplo do Cerrado brasileiro, tem sido limitada

pela baixa fertilidade do solo, que na sua maioria apresentam, elevada acidez, baixa saturação por bases e elevada saturação por alumínio (Watanabe et al., 2005; Matias et al., 2009) e deficiência generalizada de nutrientes, principalmente do fósforo (P) (Santos & Kliemann, 2005), em virtude da alta capacidade de fixação do nutriente pelas argilas e óxidos de ferro e de alumínio (Motta et al., 2002). Portanto, qualquer tipo de manejo e tecnologia que aumente a eficiência no uso do P pelas plantas é importante para a agricultura nesses agroecossistemas.

O manejo da simbiose micorrízica para melhoria da nutrição fosfatada tem sido uma alternativa estudada, devido aos estímulos relevantes ao crescimento das plantas (Miranda et al., 2005), atribuídos aos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs). Este efeito tem sido atribuído a maior exploração de um volume do solo pelas raízes e a capacidade das hifas em absorver P em baixas concentrações.

No entanto, o desenvolvimento tecnológico para uso comercial desses simbiontes tem sido bastante limitado, por serem eles biotróficos obrigatórios (Novais & Siqueira, 2009). Contudo, a aplicação de produtos capazes de estimular e acelerar o estabelecimento de FMAs nativos apresenta grande potencial de aplicação na agricultura extensiva. Cuadros et al. (2011), ao avaliarem a aplicação de isoflavonóide em solos com diferentes níveis de P, concluíram que o isoflavonóide formononetina se apresenta como o composto mais ativo para a utilização visando o estabelecimento da simbiose dos FMAs com cacau.

Objetivou-se avaliar a eficácia do isoflavonóide formononetina como estimulante da micorrização na cultura da soja, associado a diferentes doses de P₂O₅ em Latossolos Amarelos distróficos no Cerrado piauiense.

MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos com a cultura da soja foram realizados em condições de campo na região do Cerrado piauiense em Latossolos Amarelos, sendo um com teor de P inicial baixo e outro médio.

O primeiro experimento foi realizado na Fazenda Novo Horizonte localizada no município de Monte Alegre, PI, cujas coordenadas geográficas são 09° 19' 21" de latitude sul e 44° 48' 55" de longitude oeste, com altitude média de 660 m, na safra agrícola 2010/2011, em Latossolo Amarelo distrófico – LAd, textura franco argilo arenosa (argila: 264; silte: 67 e areia: 669 g kg⁻¹) na profundidade 0 – 0,20 m e com teor inicial de P classificados como médio (LAd Pm) (**Tabela 1**) segundo CFSEMG (1999).

O segundo experimento foi realizado na Fazenda Sabiá localizada no município de Currais, PI, cujas coordenadas geográficas são 08°36'32" de latitude sul e 44°38'54" de longitude oeste, com altitude média de 564 m, na safra agrícola 2011/2012, em solo classificado como Latossolo Amarelo Distrófico – LAd, textura franco argilo arenosa (argila: 188; silte: 50 e areia: 762 g kg⁻¹) na profundidade 0 – 0,20 m e com teor inicial de P classificado como baixo (LAd Pb) (**Tabela 1**) segundo CFSEMG (1999).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições e 16 tratamentos, dispostos em esquema fatorial 4 x 4, sendo os fatores constituídos por quatro doses de fósforo (0; 26,7; 40 e 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e quatro doses do isoflavonóide formononetina (0; 0,5; 0,9 e 1,8 g kg⁻¹ de sementes) formulada na forma do produto comercial Myconate[®] pela empresa Plant Health Care (PHC), INC-Pittsburg, EUA. A fonte de adubo fosfatado usada foi o super simples (18 % de P₂O₅). Cada parcela foi constituída por 6 m de comprimento e 3 m de largura, com linhas de plantio espaçadas de 0,50 m, sendo a área de cada parcela de 18 m² (6 x 3 m). Como área útil foi considerada as três fileiras centrais, excluindo 1 m de cada extremidade.

A cultivar de soja utilizada no experimento foi a M-soy 8766 RR[®], considerada de ciclo tardio, crescimento determinado, recomendada para área de abertura de Cerrado e solos com fertilidade de baixa a média. As sementes foram tratadas com inseticida + fungicida (Standak Top[®]) e na ocasião do plantio as mesmas foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum*, estirpes SEMIA 5079 e 5080 e posteriormente receberam as doses de isoflavonóide. Antes da semeadura da soja, foi

aplicado o herbicida glifosato na dose de 1.080 g ha⁻¹ i.a. para eliminação de plantas de cobertura e invasoras.

A adubação potássica no LAd Pm consistiu em 80 kg ha⁻¹ de K₂O aplicado na linha de plantio, já no LAd Pb foram utilizados 130 kg ha⁻¹ de K₂O, sendo que 80 kg foram aplicados na linha de plantio e o restante realizado em cobertura quando a cultura estava entre os estádios fenológico V4 e V5. Durante todo o ciclo da cultura o controle de pragas e doenças foi realizado aplicando-se produtos preventivos à incidência, recomendados para a cultura.

Ao final do ciclo da cultura foi realizada a coleta de cinco plantas para avaliar o número de vagens (NV) e o número de grãos (NG) por planta. Posteriormente, coletou-se manualmente as plantas contidas na área útil da parcela, que foram trilhadas mecanicamente e a produção transformada em kg ha⁻¹ de grãos (PG), padronizada a 13% de umidade, sendo avaliado também a massa de mil grãos (MMG).

Após a análise de variância e, no caso de haver significância (p < 0,05), os fatores quantitativos foram submetidos à análise de regressão polinomial utilizando o programa computacional SigmaPlot.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com exceção do número de vagens em plantas de soja cultivadas em LAd Pb, os demais parâmetros, em ambos os solos, não foram influenciados pela aplicação do isoflavonóide formononetina (p<0,05). Para doses de P houve diferença significativa (p<0,05) para as variáveis NV, NG, MMG e PG em LAd Pb. Não houve efeito significativo (p<0,05) para a interação dos fatores analisados (**Tabela 2**).

O maior número de vagens foi obtido quando se utilizou a dose de 1,8 g kg⁻¹ de sementes de formononetina, apesar dos coeficientes da equação não serem significativos (**Figura 1A**). Já a aplicação de doses crescentes de P₂O₅ promoveu o aumento desta mesma variável, sendo o modelo linear o que melhor ajustou-se aos dados (p<0,05) (**Figura 1B**). Esses resultados discordam dos obtidos por Ferreira (2012) e Paim (2012), que não encontraram efeito da formononetina para o número de vagens de plantas de soja.

O número de grãos (**Figura 1C**) e massa de mil grãos (**Figura 1D**), embora influenciados significativamente pelas doses de P₂O₅ apresentaram comportamento diferenciado. Para o número de grãos, a equação de regressão ajustou-se ao modelo quadrático da curva, atingindo o limite máximo de 230 grãos por planta, com a aplicação



de 66 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Para a massa de mil grãos, a aplicação de doses de P promoveu aumento na variável, sendo o modelo linear o que melhor ajustou-se aos dados (p<0,05), pelo teste F (**Figura 1D**).

No geral, segundo Grant et al. (2001), sob estresse de P, a planta diminui mais o número total de sementes produzidas, que o tamanho da semente, a exemplo dos cereais onde a redução no número de sementes ocorre através da redução do número de espigas férteis e do número de grãos por espiga. Dessa forma, com o menor número de sementes formadas, a planta aumenta o suprimento de nutriente por semente, melhorando, assim, a viabilidade da mesma, o que corrobora com os resultados obtidos no presente estudo (**Figura 1C e D**). Para a produtividade de grãos (**Figura 1E**) o ajuste da equação foi linear crescente (p<0,05) pelo teste F.

CONCLUSÕES

A aplicação de formononetina não promoveu ganhos produtivos na cultura da soja em Latossolo Amarelo distrófico com teor de fósforo baixo e médio. No LAd Pm não se observou incremento na produtividade quando submetido a doses crescentes de fósforo, comportamento diferente ao ocorrido em LAd Pb.

AGRADECIMENTOS

A Fazenda Sabiá pelo apoio logístico; ao CNPq pelo apoio financeiro (EDITAL MCT/CNPQ/CT-AGRO Nº 69/2009) e bolsa de produtividade; a CAPES pelas bolsas de mestrado e; ao PROCAD – NF 2009 pelo intercâmbio entre a UFPI e UFLA.

REFERÊNCIAS

CFSEMG - COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (Viçosa, Minas Gerais). Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação. Viçosa, 1999. 322p.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento de safra brasileira: Grãos, 2º Levantamento, Nov. 2012. Brasília: CONAB, 33 p, 2012.

CUADROS, G. G. A.; GÓMEZ, R. S. & LOPÉS, N. F. R. Asociación simbiótica entre hongos micorrízicos arbusculares y el sistema radicular de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.): efecto de la formononetina y la disponibilidad de fósforo en el suelo. *Corpoica Ciencia y Tecnologia Agropecuaria* 12:77-85, 2011.

FERREIRA, D. A. Avaliação da eficácia de estimulante de micorrização em soja e milho em diferentes doses de fosfato no solo. 2012. 60f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal de Goiás, Jataí, GO.

GRANT, C. A.; FLATEN, D. N.; TOMASIEWICZ, D. J. & SHEPPARD, S.C. Importance of early season phosphorus nutrition. *Better Crops With Plant Food* 85:18-23, 2001.

MATIAS, M. C. B.; SALVIANO, A. A. C.; LEITE, L. F. C. & GALVÃO, S. R. S. Propriedades químicas em Latossolo Amarelo de Cerrado do Piauí sob diferentes sistemas de manejo. *Revista Ciência Agronômica* 40:356-362, 2009.

MIRANDA, J. C. C.; VILELA, L. & MIRANDA, L. N. Dinâmica e contribuição da micorriza arbuscular em sistemas de produção com rotação de culturas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 40:1005-1014, 2005.

MOTTA, P. E. F.; CURTI, N.; SIQUEIRA, J. O.; VAN RAIJ, B.; FURTINI NETO, A. E. & LIMA, J. M. Adsorção e formas de fósforo em Latossolos: influência da mineralogia e histórico de uso. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 26:349-359, 2002.

NOVAIS, C. B. & SIQUEIRA, J. O. Aplicação de formononetina na colonização e esporulação de fungos micorrízicos em braquiária. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 44:496-502, 2009.

PETTER, F. A.; SILVA, J. A.; PACHECO, L. P.; ALMEIDA, F. A.; ALCÂNTARA NETO, F.; ZUFFO, A. M. & LIMA, L. B. Desempenho agrônomo da soja a doses e épocas de aplicação de potássio no cerrado piauiense. *Revista Ciências Agrárias* 55:190-196, 2012.

PAIM, L. R. Formononetina como estimulante de micorrização em soja e milho associado à fertilizante fosfatado em Latossolo. 2012. 90f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS.

SANTOS, E. A. & KLIEMANN, H. J. Disponibilidade de fósforo de fosfatos naturais em solos de cerrado e sua avaliação por extratores químicos. *Pesquisa Agropecuária Tropical* 35:139-146, 2005.

WATANABE, R. T.; FIORETTO, R. A.; FONSECA, I. B.; SEIFERT, A. L.; SANTIAGO, D. C.; CRESTE, J. E.; HARADA, A. & CUCOLOTTI, M. Produtividade da cultura da soja em função da densidade populacional e da porcentagem de cátions (Ca, Mg e K) no complexo sortivo do solo. *Semina: Ciências Agrárias* 26:477-484. 2005.

Tabela 1. Atributos químicos em Latossolos Amarelos com teores baixo e médio de fósforo no Cerrado piauiense.

Solo	pH H ₂ O	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	SB	CTC	P	K	MO	V	
		----- Cmol _c dm ⁻³ -----							mg dm ⁻³		g kg ⁻¹	%
LAd Pm	5,8	2,6	0,6	0,0	2,6	2,4	5,0	20	34	26,5	48,0	
LAd Pb	5,3	1,2	0,40	0,3	3,8	1,7	5,5	6,9	23	21,3	30,3	

LAd Pm: Latossolo Amarelo distrófico com P médio; LAd Pb: Latossolo Amarelo distrófico com P baixo; H + Al: acidez potencial; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca catiônica; MO: matéria orgânica; V: saturação por bases.

Tabela 2 - Análise de variância das características produtivas da soja: número de vagens (NV), número de grãos (NG) por planta, massa de mil grãos (MMG) e peso de grãos (PG) em kg ha⁻¹ em função das doses de formonometina e fósforo em Latossolo Amarelo distrófico com médio e baixo teor de fósforo na região do Cerrado piauiense.

FV	NV	NG	MMG	PG
LAd-Pm				
Formononetina (F)	0,26 ^{ns}	-	0,17 ^{ns}	0,37 ^{ns}
Fósforo (P)	1,03 ^{ns}	-	1,74 ^{ns}	0,06 ^{ns}
F x P	0,92 ^{ns}	-	0,90 ^{ns}	0,42 ^{ns}
CV (%)	19,97	-	5,31	19,35 ^{ns}
LAd-Pb				
Formononetina (F)	3,83 *	0,33 ^{ns}	1,35 ^{ns}	2,09 ^{ns}
Fósforo (P)	16,72 **	5,23 **	8,84 **	37,87 **
F x P	1,45 ^{ns}	0,97 ^{ns}	0,76 ^{ns}	0,97 ^{ns}
CV (%)	17,40	34,48	7,16	17,87

FV: fontes de variação; LAd Pm: Latossolo Amarelo distrófico com P médio; LAd Pb: Latossolo Amarelo distrófico com P baixo NV: número de vagens; NG: número de grãos; MMG: massa de mil grãos; PG: produtividade de grãos em kg ha⁻¹.

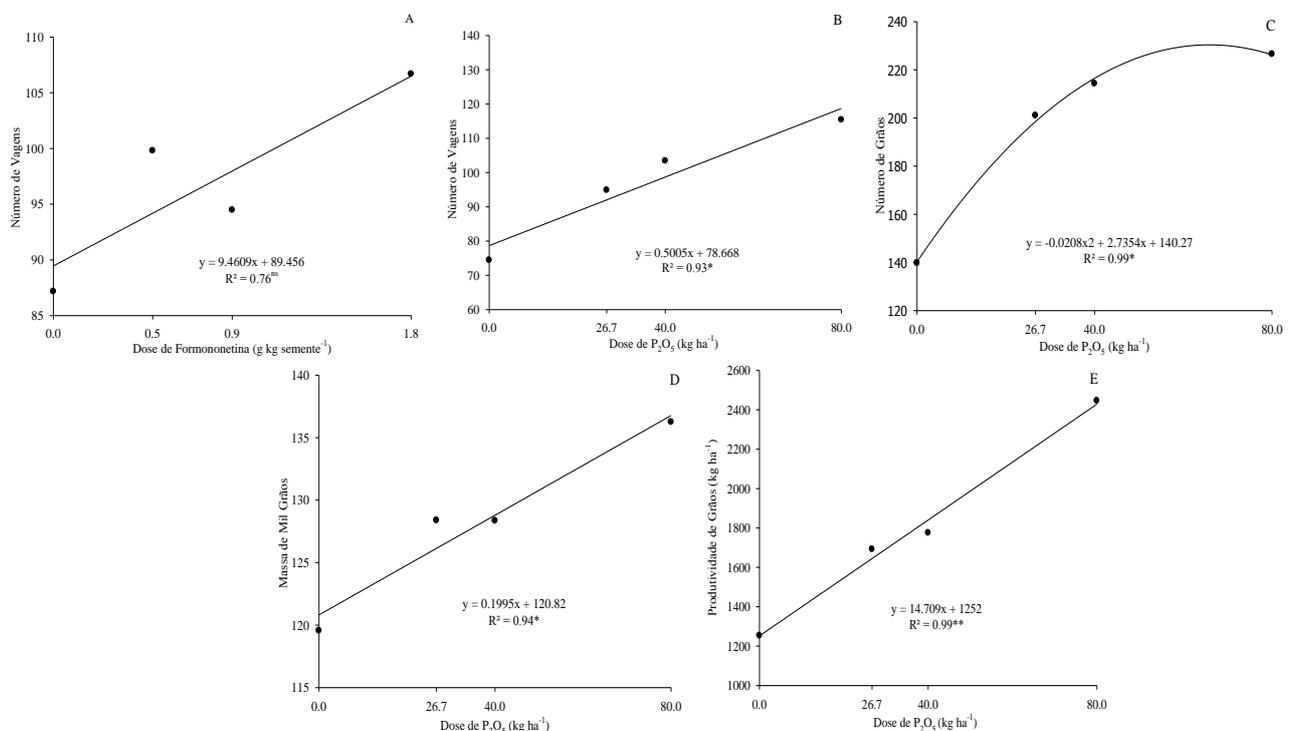


Figura 1 - Número de vagens, número de grãos por planta, massa de mil grãos e produtividade de grãos em kg ha⁻¹ em função das doses de formonometina e fósforo em Latossolo Amarelo distrófico com médio e baixo teor de fósforo na região do Cerrado piauiense. ns: não significativo; ** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste “F” respectivamente.