

Efeitos da Formononetina no Crescimento e Produtividade do Milho

Leandro Ramão Paim¹, Antonio Carlos Tadeu Vitorino², Fatima Maria de Souza Moreira³, Jussara Gonçalves Fonseca⁴, Jesse Valentin dos Santos⁵, Marlene Estevão Marchetti⁶, Érica Oliveira de Araújo⁷ e Danieli Pieretti Nunes⁸

^{1,2,4,6,7,8} Universidade Federal da Grande Dourados, Rod. Dourados/Itahum, km 12, Cidade Universitária, C.P. 533, CEP 79804-970, Dourados-MS, Brasil. E-mail: ¹leandro.r.paim@hotmail.com, ²antoniovitorino@ufgd.edu.br, ⁴jsagof@hotmail.com, ⁶marlenemarchetti@ufgd.edu.br, ⁷ericabb25@hotmail.com ⁸danipieretti@gmail.com. ^{3,5} Universidade Federal de Lavras, CP: 3037, CEP: 37200-000, Lavras-MG, Brasil. E-mail: ³fmoreira@dcs.ufla.br e ⁵js.valentim@hotmail.com

RESUMO - A formononetina tem potencial para aumentar a produtividade do milho, pois pode estimular a micorrização nas plantas. O objetivo do presente trabalho foi verificar o efeito de um estimulante a micorrização (formononetina) associado à adubação fosfatada na produtividade e crescimento do milho. O experimento foi realizado num Latossolo Vermelho Distroférrico, em condições de campo, em Dourados-MS. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em parcelas subdivididas, com cinco repetições, sendo quatro doses de fósforo nas parcelas (0; 17,5; 35 e 70 kg P₂O₅ ha⁻¹) fornecido com superfosfato triplo, e quatro doses de formononetina nas sub-parcelas (0, 25, 50 e 100 g ha⁻¹) fornecida com produto comercial PHC 506, aplicado na semente. Avaliou-se no final do ciclo do milho (estádio R6) altura das plantas, massa de 100 grãos, número de espigas e produção de grãos por unidade experimental. A formononetina aumenta a altura de plantas, massa de 100 grãos e número de espigas, sendo que essas respostas dependeram da dose de fósforo. Conclui-se que a aplicação de formononetina aumenta o crescimento do milho tendo potencial para ser usada na cultura.

Palavras-chave: *Zea mays* L., micorriza, estimulante da micorrização.

Introdução

Micorriza é a associação simbiótica e mutualística entre plantas e fungos micorrízicos, destacando-se as micorrizas arbusculares (MAs), formados pelos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e plantas (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). Vários fatores podem alterar a resposta da planta a micorrização, dentre eles o teor de fósforo no solo. O fósforo tem funções importantes na planta, sendo constituinte de compostos de energia, fosfolipídios e outros compostos (MALAVOLTA et al., 2006). O fósforo interfere na simbiose entre o fungo e a planta. Em geral, para o milho ocorre redução na colonização quando aplicado fósforo (CARRENHO et al., 2010).

A formononetina foi descoberta em 1991, isolada de plantas de trevo (*Trifolium repens*) estressadas por deficiência de fósforo. Esse isoflavonóide é ativo em propágulos de fungos micorrízicos arbusculares. Acredita-se que o efeito estimulante da formononetina pode ser devido a maior germinação e crescimento micelial de FMA (NAIR et al., 1991).

Devido ao estímulo a micorrização, a formononetina pode proporcionar aumento na produção de matéria seca da parte aérea. Campos et al. (2010) observaram aumento na massa seca de diversos genótipos de milho inoculados com fungos micorrízicos arbusculares. Ela, também, tem potencial para proporcionar ganhos na produtividade das plantas. Romero (1999), avaliando produtividade da cultura do milho, observou aumentos de 14 a 28% na produtividade, quando aplicado formononetina. Lambais et al. (2003) verificaram aumento na produtividade de feijão cultivado em vasos, utilizando 840 mg de formononetina por 200 sementes.

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi verificar o efeito de um estimulante a micorrização (formononetina) associado à adubação fosfatada na produtividade e crescimento do milho.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no ano agrícola de 2010/11, em uma área sob Latossolo Vermelho Distroférico, de textura muito argilosa, na Fazenda Experimental da UFGD, município de Dourados - MS, situada nas coordenadas geográficas S 22° 13' 56" e O 54° 59' 25", a 400 m de altitude.

A caracterização química do solo é apresentada pelos seguintes resultados: pH (CaCl₂): 5,0; P: 13 mg dm⁻³; K: 0,18 cml_c dm⁻³; Al: 0,12 cml_c dm⁻³; Ca: 6,1 cml_c dm⁻³; Mg: 2,2 cml_c dm⁻³; H+Al: 6,2 cml_c dm⁻³; SB: 8,48 cml_c dm⁻³; CTC: 14,8 cml_c dm⁻³ e saturação por bases: 57%. Da análise de textura obteve-se resultados de 243,9 g kg⁻¹ de areia; 140,6 g kg⁻¹ de silte e 613,4 g kg⁻¹ de argila. A caracterização química e física foi realizada segundo metodologia proposta por Claessen et al. (1997). Com base nos teores de nutrientes presentes na análise de solo fez-se a adubação do solo seguindo as recomendações de Coelho et al. (2010) para a cultura do milho.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com cinco repetições, sendo os tratamentos arrançados em esquema de parcelas subdivididas, com quatro doses de fósforo nas parcelas (0; 17,5; 35 e 70 kg P₂O₅ ha⁻¹), tendo como fonte o superfosfato triplo, e nas sub-parcelas quatro doses de formononetina (0, 25, 50 e 100 g formononetina ha⁻¹), tendo como fonte o produto comercial PHC 506. Cada unidade experimental tinha seis linhas de 7 m de comprimento, com espaçamento entre-linhas de 0,8 m, sendo considerada como área útil apenas as quatro linhas centrais, eliminando-se 0,5 m de cada extremidade.

O milho foi semeado manualmente, e em área submetida a plantio direto, utilizando-se o híbrido DKB YG 390, em 17/12/2010. A adubação NPK também foi realizada manualmente,

aplicando-se 60 kg K₂O ha⁻¹ (tendo como fonte o cloreto de potássio), 20 kg N ha⁻¹ no plantio (tendo como fonte o sulfato de amônio) e 80 kg N ha⁻¹ em cobertura (tendo como fonte a uréia), aplicado no estágio V6. Para o fósforo utilizou-se as doses de acordo com cada tratamento.

O PHC-506 é produzido pela Plant Health Care (PHC), INC-Pittsburg, EUA. O produto é formulado como um pó amarelo claro, sal de potássio de 4'-metoxi, 7-hidroxi isoflavona, peso molecular 306, solúvel em água (1 g em 3 mL de água), o qual foi aplicado nas sementes, pouco antes da semeadura. A dose recomendada pela empresa é 50 g ha⁻¹ de formononetina. As sementes foram tratadas manualmente, colocando-as em saco plástico aplicando-se o produto e agitando-se vigorosamente para distribuição homogênea.

Ao final do ciclo do milho (estádio R6) foram avaliados os efeitos dos tratamentos sobre o desenvolvimento e produtividade da cultura, realizando-se as seguintes avaliações: altura das plantas, número de espigas por planta, massa de 100 grãos e produção de grãos na unidade experimental. Posteriormente, determinou-se a umidade e os devidos descontos da umidade (utilizou-se 13% como umidade padrão).

Os dados coletados foram submetidos à análise de regressão, utilizando-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2000). A significância da equação foi avaliada pelo teste F, a 10% de probabilidade. A significância dos coeficientes das equações foi avaliada pelo teste t, a 10% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Na tabela 1 pode-se observar que a altura de plantas e massa de 100 grãos foram afetados pelas doses de P₂O₅ (p<0,01), pelo teste F. A altura de plantas, número de espigas e massa de 100 grãos foram afetados pelas doses de formononetina (p<0,01), pelo teste F. Ocorreu interação para altura de plantas, número de espigas e massa de 100 grãos (p<0,01) pelo teste F.

Na figura 1 pode-se notar que para a testemunha e as doses 17,5 e 70 kg P₂O₅ ha⁻¹ não houve resposta na altura de plantas quando se aplicou formononetina. Para a dose 35 kg P₂O₅ ha⁻¹ houve aumento na altura de plantas com aplicação de formononetina. O modelo que melhor ajustou-se aos dados foi o linear (p<0,1), pelo teste F, e o coeficiente da equação significativo (p<0,1), pelo teste t.

Observa-se que a dose de fósforo influenciou o efeito da formononetina, pois apenas na dose 35 kg P₂O₅ ha⁻¹ houve efeito. Segundo Carrenho et al. (2010) em geral ocorre redução na colonização quando aplicado fósforo o que pode prejudicar a contribuição da micorrização

para a planta. Assim, foi observado que a dose 70 kg P₂O₅ ha⁻¹ limitou o efeito no crescimento. Nota-se também que as doses mais baixas de fósforo (testemunha e 17,5 kg P₂O₅ ha⁻¹) limitaram o efeito da formononetina. O maior crescimento pode ser devido à formononetina acelerar a micorrização favorecendo o crescimento da planta hospedeira. As micorrizas proporcionam aumento no desenvolvimento de plantas, devido a melhorias na agregação do solo, maior absorção de nutriente e alterações bioquímicas e fisiológicas (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

Na figura 2 observa-se que o número de espigas por planta de milho aumentou com aplicação de formononetina, na testemunha e na dose de 35 kg P₂O₅ ha⁻¹. Em ambas as doses o modelo que melhor ajustou-se aos dados foi o quadrático (p<0,01), pelo teste F. Os coeficientes foram significativos em ambas às equações (p<0,01), pelo teste t. Nas doses 17,5 e 70 kg P₂O₅ ha⁻¹ não houve efeito da formononetina no número de espigas. Na ausência de P₂O₅ ocorreu aumento no número de espigas por planta até a dose 40 g formononetina ha⁻¹. Na dose 35 kg ha⁻¹ ocorreu aumento até a dose 43,18 g formononetina ha⁻¹. O número de espigas por planta é uma características genética da planta e pouco afetada por fatores externos. Mas, alguns trabalhos mostram que ela pode ser afetada pela nutrição da planta. Como, por exemplo, o trabalho de Sorrato et al. (2011) verificaram aumento no número de espigas por planta, com a aplicação de nitrogênio. A formononetina é um estimulante a micorrização, com isso, ela pode aumentar a absorção de nutrientes, como por exemplo, o fósforo e o nitrogênio, e uma adequada nutrição pode ter aumentado o número de espigas por planta.

Na figura 3 a massa de 100 grãos aumentou com aplicação de formononetina, na testemunha e na dose de 35 kg P₂O₅ ha⁻¹. Para ambas as doses o modelo que melhor ajustou-se aos dados foi o quadrático (p<0,01), pelo teste F. No tratamento testemunha, os coeficientes foram significativos (p<0,01), pelo teste t. Na dose 35 kg ha⁻¹ os coeficientes foram significativos (p<0,05 e p<0,01), pelo teste t. Nas doses 17,5 e 70 kg P₂O₅ ha⁻¹ não houve efeito significativo. Na ausência de P₂O₅ ocorreu aumento na massa de 100 grãos até a dose 47,75 g formononetina ha⁻¹. Apesar de não haver significância da regressão e dos parâmetros na dose 17,5 kg P₂O₅ ha⁻¹, nota-se tendência a efeito negativo de altas doses de fósforo, pois na testemunha e na dose de 35 kg P₂O₅ ha⁻¹ ocorreu aumento na massa de 100 grãos, já para a dose 70 kg ha⁻¹ não houve efeito. A massa de 100 grãos aumentou, possivelmente, pela melhor absorção de nutrientes, por exemplo, o fósforo que é um nutriente essencial ao desenvolvimento da planta e dos grãos, pois faz parte de compostos de energia, fosfolipídios e outros ésteres (MALAVOLTA et al., 2006), necessário ao adequado desenvolvimento do

sistema radicular e conseqüentemente absorção de nutriente (CRUSCIOL et al., 2005). Bressan et al. (2002) estudaram o sorgo inoculado com *Glomus etunicatum*, e verificaram aumento na massa de grãos.

A formononetina não proporcionou aumentos significativos na produção do milho, sendo que as produções médias foram 9443, 9645, 9524 e 9512 kg ha⁻¹ para a testemunha e para as doses de 25, 50 e 100 g formononetina ha⁻¹, respectivamente. Com isso, apesar de não haver ganhos, é possível afirmar que a aplicação do produto pode ser vantajosa economicamente, dependendo do preço da adubação fosfatada e do produto, pois não houve perdas de produção.

Conclusão

A formononetina tem resposta dependente das doses de fósforo e sua aplicação aumenta o crescimento da planta apresentando potencial para ser usada na cultura do milho.

Agradecimentos

Agradecimentos ao CNPq pelo apoio financeiro no desenvolvimento da pesquisa, através do projeto multi-institucional “Biofertilizante formononetina (isoflavonóide) como estimulante de micorrização em soja e milho para aumento de produtividade associada à eficiência do uso de fertilizantes minerais”.

Literatura Citada

BRESSAN, W.; VASCONCELLOS, C.A. Alterações morfológicas no sistema radicular do milho induzidas por fungos micorrízicos e fósforo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.37, p.509-517, 2002.

CAMPOS, D.T.S.; ANDRADE, J.A.C.; CASSIOLATO, A.M.R. Crescimento e micorrização de genótipos de milho em casa de vegetação. Bragantia, v.69, p.555-562, 2010.

CARRENHO, R.; COSTA, S.M.G.; BALOTA, E.L.; COLOZZI FILHO, A. Fungos micorrízicos arbusculares em agroecossistemas brasileiros In: SIQUEIRA, J.O.; SOUZA, F.A.; CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M., (Ed.). Micorrizas: 30 anos de pesquisa no Brasil. Lavras, Editora UFLA, 2010. p. 215-250.

CLAESSEN, M.E.C.; BARRETO, W.O.; PAULA, J.L.; DUARTE, M.N. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997.

COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E.; PITTA, G.V.E.; ALVES, V.M.C. Fertilidade do solo. In: Sistema de produção: Cultivo do milho. 6 ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 2010. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/economia.htm>.

Acesso em: 10 Jan. 2012.

CRUSCIOL, C.A.C.; MAUAD, M.; ALVAREZ, R.C.F.; LIMA, E.V.; TIRITAN, C.S. Doses de fósforo e crescimento radicular de cultivares de arroz de terras altas. *Bragantia*, v.64, p.643-649, 2005.

FERREIRA, D.F. Sistema de análises de variância para dados balanceados. Lavras, UFLA, 2000.

LAMBAIS, M.R.; RÍOS R.; ANDRADE, R.M. Antioxidant responses in bean (*Phaseolus vulgaris*) roots colonized by arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytologist*, v.160, p.421-428, 2003.

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

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo, Ceres, 2006. 638 p.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. Microbiologia e bioquímica do solo. Lavras: UFLA, 2006. 729p.

NAIR, M.G.; SAFIR, G.N.; SIQUEIRA, J. O. Isolation and identification of vesicular-arbuscular mycorrhiza stimulatory compounds from clover (*Trifolium repens*) roots. *Applied and Environmental Microbiology*, v.57, p.434-439, 1991.

ROMERO, A.G.F. Avaliação agrônômica de formulações de isoflavonóide estimulante da micorrização no milho (*Zea mays* L.). Lavras, 1999. 40p. (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas - Universidade Federal de Lavras).

SORRATO, R.P.; SILVA, A.H.; CARDOSO, S.M.; MENDONÇA, C.G. Doses e fontes alternativas de nitrogênio no milho sob plantio direto em solo arenoso. *Ciência e Agrotecnologia*, v.35, p. 62-70, 2011.

Tabela 1. Resumo da análise de variância de altura de plantas, massa de 100 grãos, número de espigas e produtividade e da cultura do milho.

Fonte de variação	Altura de plantas	Massa de 100 grãos	Número de espigas/planta	Produtividade
Dose de P ₂ O ₅ (P)	30,007 **	15,801 **	0,912 ^{ns}	2,154 ^{ns}
Dose de formononetina (F)	5,512 **	9,795 **	21,821 **	0,366 ^{ns}
P x F	3,911 **	4,647 **	7,549 **	1,655 ^{ns}
CV 1 (%)	1,46	1,68	1,62	7,66
CV 2 (%)	1,26	1,92	1,50	6,53

** : Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. ^{ns} : Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

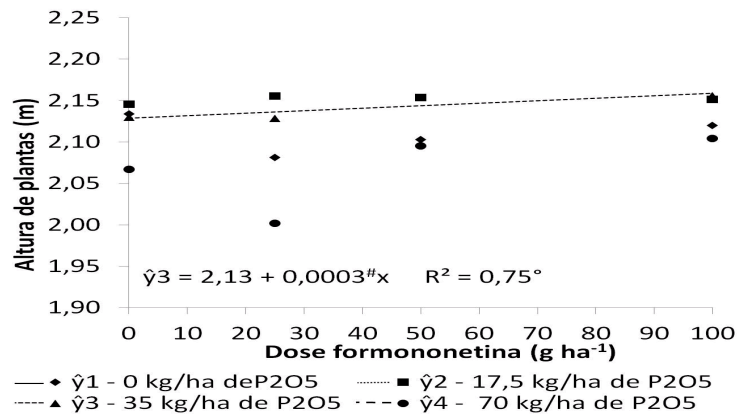


Figura 1. Altura de plantas de milho em função da aplicação de formononetina, dentro de cada dose de P₂O₅. (#: Significativo a 10% de probabilidade pelo teste t. °: Significativo a 10% pelo teste F).

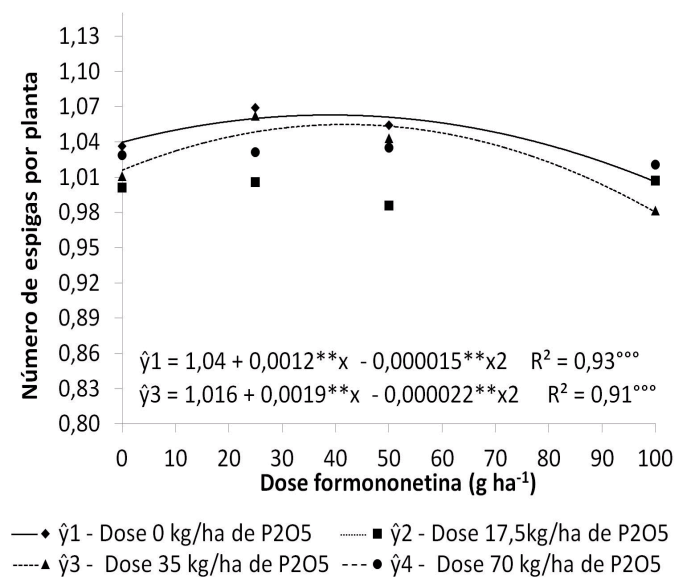


Figura 2. Número de espigas por planta em função da aplicação de formononetina, dentro de cada dose de P₂O₅. (**: Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t. °°: Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F).

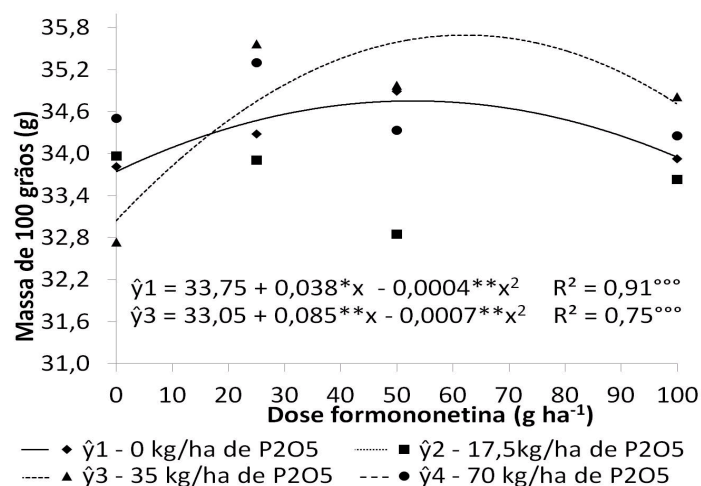


Figura 3. Massa de 100 grãos de milho em função da aplicação de formononetina, dentro de cada dose de P₂O₅. (*: Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t. **: Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t. °°: Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F).