

## Componentes de Produção e Produtividade do Milho em Resposta a Doses de Fósforo e Inoculação com *Pseudomonas fluorescens*

Mariana Alves de Oliveira<sup>1</sup>, Claudemir Zucareli<sup>2</sup>, Cristian Rafael Brzezinski<sup>3</sup>, André Sampaio Ferreira<sup>4</sup>, Allan Ricardo Domingues<sup>5</sup> e Leandro Teodoski Spolaor<sup>6</sup>

<sup>1,3</sup>Pós-graduando em Agronomia, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, Brasil, [agro-star@hotmail.com](mailto:agro-star@hotmail.com), [cristian\\_brzezinski@yahoo.com.br](mailto:cristian_brzezinski@yahoo.com.br), Doutor, Professor Adjunto - Depto. de Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, UEL, Londrina-PR, Brasil [claudemircca@uel.br](mailto:claudemircca@uel.br) <sup>4,5,6</sup>Acadêmicos do curso de Agronomia da Universidade Estadual de Londrina e bolsista CNPq/Pibic [allandomingez@hotmail.com](mailto:allandomingez@hotmail.com), [asampaio\\_5@hotmail.com](mailto:asampaio_5@hotmail.com), [leandrotspolaor@hotmail.com](mailto:leandrotspolaor@hotmail.com)

**RESUMO** - Para avaliar o desempenho agrônômico da cultura do milho, submetido à inoculação de *Pseudomonas fluorescens* sob diferentes doses de adubação fosfatada, foi conduzido um experimento em condições de casa de vegetação, utilizando a cultivar de milho híbrido 30F35. Foram testados dez tratamentos, sob o delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5x2, sendo cinco doses de adubação fosfatada (0, 40, 80, 100 e 160 kg ha<sup>-1</sup>) e dois de inoculante a base de *P. fluorescens* (com e sem), com quatro repetições. Foram avaliadas as características fitométricas, os componentes de produção e a produtividade de grãos. Os dados foram submetidos à análise de variância, comparação de média a 5% de probabilidade e estudo de regressão para efeito de doses. A inoculação com *P. fluorescens* e adubação fosfatada não incrementaram a altura de planta, massa de matéria seca de folha e caule, comprimento de espiga, massa de 100 grãos e a produtividade. A massa de matéria seca de raiz é incrementada pelo aumento crescente das doses de adubação fosfatada. A dose de 80 e 160 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na presença de *P. fluorescens* aumenta a massa de matéria seca de raiz.

**Palavras-chave:** *Zea mays*, rizobactérias, inoculação, desempenho agrônômico.

### Introdução

As oscilações de safras de milho são resultados de estresses múltiplos ocasionados por fatores como seca, baixa fertilidade do solo, baixo pH, altas concentrações de alumínio (Al) e baixa disponibilidade de fósforo (P), que tornam-se fatores limitantes na obtenção de altas produtividades. O fósforo é um elemento essencial no metabolismo das plantas, desempenhando papel importante na fotossíntese, respiração, transferência de genes e em processos que envolvem transferência de energia (STAUFFER & SULEWSKI, 2003).

Na cultura do milho, a deficiência de P reduz a taxa de emissão e crescimento de folhas, particularmente das folhas baixas. Com menor área foliar, há menor captação da radiação solar e, conseqüentemente, menos carboidratos, afetando a subseqüente emergência das raízes nodais e reduzindo a capacidade de absorção de fósforo pela planta, o que prejudica a formação e o desenvolvimento dos grãos. Os solos cultivados com milho no país apesar de serem ricos em P, este nutriente apresenta-se adsorvido aos colóides do solo, estando, portanto não disponível para a cultura e exigindo constantes aplicações do elemento.

Uma agricultura sustentável requer à utilização de estratégias que permitam o aumento da produção de alimentos sem prejuízos ao meio ambiente e saúde, dentro do contexto econômico, político e social de cada região (MARIANO et al., 2004). Uma das alternativas potenciais para atingir este objetivo é o uso de Rizobactérias Promotoras de Crescimento em Plantas (RPCPs), que são de fácil aplicação em tratamento de sementes, todavia estas bactérias são nativas do solo, não interferindo no equilíbrio ecológico e enquadrando-se na realidade por tecnologias “limpas”, ou seja, na viabilização da agricultura sustentável com a maximização da produção de alimentos com menos gastos e uso de insumos agrícolas.

Com o intuito de aumentar a eficiência da utilização de fósforo nos sistemas agrícolas, mantendo o equilíbrio ecológico, aumentou-se o interesse pela manipulação de RPCPs, que apresentam grande potencialidade e praticabilidade de uso, com efeitos benéficos de promover o crescimento vegetal. Isso ocorre com o aumento da disponibilidade de nutrientes para as plantas, pela solubilização de fosfato inorgânico e aumento da absorção pelas raízes. O mecanismo de contato entre o fósforo e as raízes é a difusão e interceptação radicular, pois somente o P que se encontra próximo das raízes está estrategicamente disponível para ser absorvido. Em virtudes de reações de adsorção em colóides minerais, grande parte de P adicionado ao solo torna-se indisponível. Entretanto a promoção de crescimento do sistema radicular como o uso de RPCPs é um dos mecanismos para aumentar a eficiência para a absorção de fósforo na cultura do milho.

Neste contexto o trabalho tem como objetivo de avaliar o desempenho agrônômico da cultura do milho, submetida à inoculação de *Pseudomonas fluorescens* sob diferentes doses de adubação fosfatada.

### **Material e Métodos**

O experimento foi realizado em casa de vegetação no Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Londrina.

Foi utilizada a cultivar de milho híbrido 30F35 Pioneer, que apresenta ciclo precoce e alto potencial produtivo. Foram testados dez tratamentos, utilizando-se o delineamento inteiramente casualizados, em esquema fatorial 5x2, correspondente a cinco doses de adubação fosfatada (0, 40, 80, 100 e 160 kg ha<sup>-1</sup>) e dois de inoculante (com e sem), com 4 repetições, sendo instalado oito repetições em que quatro foram referentes às avaliações destrutivas das plantas no florescimento masculino e quatro repetições seguiram até o final do ciclo da cultura para avaliação de produtividade.

As parcelas foram constituídas de vasos plásticos com capacidade de 25 kg, em cada vaso foi adicionado 20 kg de solo corrigido e adubado de acordo com a recomendação. A

dose do inoculante a base de *Pseudomonas fluorescens* utilizada foi de 140 mL ha<sup>-1</sup>, sendo 100 mL de Rizofos liq Maíz e 40 mL de Premax R Protector.

A semeadura foi realizada manualmente com cinco sementes por vaso, realizou-se o desbaste na fase de desenvolvimento V<sub>3</sub>, utilizando a escala fenológica da cultura proposta por Ritchie et al. (1986), permanecendo uma planta por vaso. Sendo realizada adubação nitrogenada de cobertura, parceladamente aos 35 e aos 45 dias após a emergência das plântulas (estádio V<sub>5</sub>).

Foram avaliadas as características fitométricas no florescimento masculino e os componentes de produção, a produtividade dos grãos após a colheita das repetições remanescentes no estágio 10 (grãos com teor de água de 20%).

As características fitométricas avaliadas foram: Altura de planta: obtida com o auxílio de uma régua graduada, considerando a distância do colo da planta até a inserção da folha-bandeira, resultado expresso em cm; Massa de matéria seca da parte aérea e raiz: a parte aérea (folhas e caules) e raiz foram secas em estufa com circulação de ar forçado a 50 °C até atingirem massa constante, expressos em g; sendo as raízes lavadas previamente para remoção do solo. Componentes de produção: comprimento de espiga: distância entre o primeiro e o último grão da linha mais longa, expresso em cm; Massa de 100 grãos: contagem de 100 grãos e pesagem em balança digital, expresso em g.

O teor de água dos grãos após a colheita foi obtido por um medidor de capacitância digital, (G600), previamente ajustado e calibrado para a cultura do milho. A produtividade de grãos por planta foi obtida por meio da pesagem dos grãos colhidos em cada parcela experimental, com umidade corrigida para 13,0% (umidade de armazenamento para grãos de milho)

Os dados foram submetidos à análise de variância, comparação de média a 5% de probabilidade e estudo de regressão para efeito de doses.

### **Resultados e Discussão**

As variáveis altura de planta, massa de matéria seca de folha e caule, comprimento de espiga, massa de 100 grãos e produtividade não foram afetadas pelos fatores dose de adubação fosfatada, inoculação e interação entre os mesmos, como pode ser observado na Tabela 1.

Cardoso et al. (2008) ao avaliar o efeito da inoculação de rizobactérias do gênero *Pseudomonas* no crescimento e desenvolvimento de plantas de milho precoce cultivado em casa-de-vegetação, em solo não estéril, constataram efeito positivo da inoculação para as

características altura de planta e massa de matéria seca de parte aérea. A massa de 100 grãos foi favorecida com a inoculação das sementes com *P. fluorescens* constado por Andreotti et al. (2008), resultados divergentes dos obtidos neste estudo.

Gonçalves Jr et al. (2007) e Gonçalves Junior et al. (2008) verificaram aumentos significativos nos componentes de produção massa de 1000 grãos e produtividade de grãos de milho, sendo influenciados de forma significativa por doses de NPK, com resultados distintos dos resultados obtidos para produtividade neste estudo em relação a doses de adubação fosfatada.

**Tabela 2.** Médias de altura de planta (AP), massa de matéria seca de folha (MMSF), massa de matéria seca de caule (MMSR), massa de matéria seca de raiz (MMSR), comprimento de espiga (CE), massa de 100 grãos (M100) e produtividade de grãos (PG) de plantas de milho, submetidas a diferentes doses de adubação fosfatada e inoculação das sementes com *Pseudomonas fluorescens*, cultivadas em casa de vegetação.

Causas de variação	Variáveis analisadas						
	AP (cm)	MMSF (g)	MMSR (g)	MMSR (g)	CE (cm)	M100 (g)	PG (g/planta)
Dose (Kg ha <sup>-1</sup> )							
0	2,07	172,50	322,50	351,25	13,87	32,50	106,62
40	2,26	160,00	285,00	175,00	15,62	36,00	133,77
80	2,24	210,00	302,50	207,00	16,25	32,25	127,82
100	2,16	152,50	232,50	180,00	15,25	37,00	114,54
160	2,22	200,00	290,00	277,50	15,37	24,25	119,55
Inoculação							
Sem	2,18	183,00	306,00	214,00	15,60	34,20	122,04
Com	2,21	175,00	267,00	262,50	14,95	34,60	118,86
Valor de F							
Dose (D)	0,93ns	1,71 ns	1,75 ns	4,38 *	1,00ns	0,93 ns	1,03 ns
Inoculação (I)	0,14ns	0,22 ns	2,97 ns	2,27 ns	0,70ns	0,04 ns	0,11 ns
D * I	0,59ns	0,72 ns	2,12 ns	3,41 *	0,48ns	0,38 ns	0,23 ns
CV (%)	10,29	30,28	24,98	42,69	16,10	17,88	24,80

<sup>ns</sup>Não-significativo, \*Significativo a 5%.

Constatou-se alteração significativa para a massa de matéria seca de raiz com alteração significativa para efeitos isolados de dose e interação entre dose e inoculação (Tabela 1).

O tratamento sem inoculação e o tratamento com inoculação apresentaram ajuste quadrático em função das doses de adubação fosfatada para a variável massa de matéria seca de raiz como pode ser visto na Figura 1. A massa de matéria seca de raiz para o tratamento sem inoculação apresentou um ponto de mínima de 106 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, e o tratamento com inoculação apresentou um ponto de mínima de 62 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, mostrando-se crescente até os 160 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

O efeito da inoculação mostra-se positivo no desenvolvimento do sistema radicular, e associado à adubação favoreceu a massa de matéria seca com o acréscimo das doses de adubação fosfatada. Estes resultados corroboram com Cardoso et al. (2008) que relatam efeito positivo da inoculação com *Pseudomonas* na cultura do milho para a massa de matéria seca de raiz, mostrando a capacidade destas bactérias em promover o crescimento de planta.

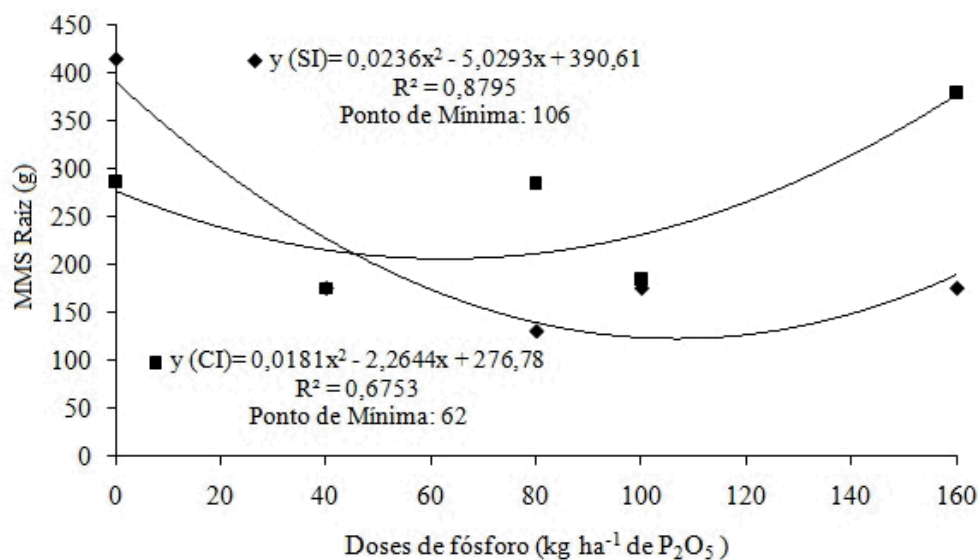


Figura 1. Massa de matéria seca de raiz (MMS) de plantas de milho submetidas à inoculação (CI) e sem inoculação (SI) de *Pseudomonas fluorescens* em função de doses de fósforo ((kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).

Na Tabela 2 está apresentado o desdobramento da interação dose\*inoculação para a massa de matéria seca de raiz. As doses de 0, 40 e 100 kg ha<sup>-1</sup> não apresentaram incrementos na massa de matéria seca de raiz para a ausência e presença de inoculação. Já as doses de 80 e 160 kg ha<sup>-1</sup> a presença de inoculação apresentou acréscimos na massa de matéria seca de raiz, mostrando efeito positivo da inoculação de *Pseudomonas fluorescens*. Estas bactérias produzem hormônios de crescimento como auxinas e giberelinas, além de promoverem o crescimento vegetal, provocam um aumento na disponibilidade de nutrientes para as plantas, pela solubilização de fosfato Rodríguez & Fraga (1999), e o maior crescimento de raiz favorecendo a absorção de nutrientes.

Tabela2. Desdobramento da interação para médias de massa de matéria seca de raiz de plantas de milho, em função de diferentes doses de adubação fosfatada e inoculação das sementes com *Pseudomonas fluorescens*, cultivadas em casa de vegetação.

Doses (Kg ha <sup>-1</sup> )	Inoculação	
	Sem	Com
0	415,00 a	287,50 a
40	175,00 a	175,00 a
80	130,00 b	285,00 a
100	175,00 a	185,00 a
160	175,00 b	380,00 a

Médias seguidas de mesma letra minúsculas na linha para efeito de inoculação, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### Conclusões

A inoculação com *Pseudomonas fluorescens* e adubação fosfatada não incrementaram a altura de planta, massa de matéria seca de folha e caule, comprimento de espiga, massa de 100 grãos e a produtividade.

A massa de matéria seca de raiz é incrementada pelo aumento crescente das doses de adubação fosfatada.

A dose de 80 e 160 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na presença de *P. fluorescens* favorece o aumento da massa de matéria seca de raiz.

### Literatura Citada

ANDREOTTI, M.; LODO, B. N.; BASSO, F. C.; PARIZ, C. M.; BUZETTI, S. Avaliação da eficiência agrônômica do inoculante Rizofós contendo pseudomonas fluorescens em cultivo de milho safrinha. In: Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 28, 2010, Londrina. **Anais...**Londrina: Fertibio, 2008.

CARDOSO, I.C.M.; MARIOTTO, J. R.; KLAUBERG FILHO, O.; SANTOS, J. C. P.; FELIPE, A. F.; NEVES, A.N.; MIQUELUTTI, D. J. Resposta de milho (*Zea mays* L.) precoce à inoculação de rizobactérias em casa-de-vegetação. In: Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 28, 2008, Londrina. **Anais...**Londrina: Fertibio, 2008.

GONÇALVES JÚNIOR, A.C.; TRAUTMANN, R. R.; MARENGONI, N. G.; RIBEIRO, O. L.; SANTOS, A. L. Produtividade do milho em resposta a adubação com NPK e Zn em Argissolo Vermelho-amarelo Eutrófico e Latossolo Vermelho Eutrófico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1231-1236, 2007.

GONÇALVES JUNIOR, A. C.; NACKE, H.; STREY, L.; SCHWANTES, D.; SELZLEIN, C. Produtividade e componentes de produção do milho adubado com Cu e NPK em um argissolo. **Scientia Agrária**, Curitiba, v.9, n.1, p.35-40, 2008.

MARIANO, R. L. R.; SILVEIRA, E. B.; ASSIS, S. M. P.; GOMES, A. M. A.; NASCIMENTO, A. R. P.; DONATO, I. M. T. S. Importância de Bactérias Promotoras de Crescimento e de Biocontrole de doenças de plantas para uma agricultura sustentável. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, vol.n.1, p.89-111, 2004.

RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J.; BENSON, G.O. **How a Corn Plant Develops**. Special Report no 48, Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1986. 21p. (Special Repórter, 48)

RODRÍGUEZ, H.; FRAGA, R. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. **Biotechnology Advances**, v. 17, p. 319-339, 1999.

STAUFFER, M. D.; SULEWSKI, G. **Fósforo: nutriente essencial para a vida**. Informações Agronômicas, Piracicaba, n.102, p.1-2, 2003.