



INOCULAÇÃO DO FEIJOEIRO (*Phaseolus Vulgaris* L.) COM BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO DE PLANTAS

Vieira; R. F.¹; Silveira, A. P. D. da²; Ferracini, V.L.¹

¹Embrapa Meio Ambiente; ²IAC

Problema abordado

O Brasil é o maior produtor mundial de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) com produção média anual de 3,5 milhões de toneladas e é um dos principais alimentos da população brasileira. Os grãos representam uma importante fonte protéica na dieta humana dos países em desenvolvimento das regiões tropicais e subtropicais. Seu consumo per capita no Brasil situou-se, em 2001, em 14,9 kg hab⁻¹ ano⁻¹ e, na década de 70, chegou a alcançar patamares de 23 - 24 kg hab⁻¹ ano⁻¹, sendo esta redução atribuída, ao longo do tempo, a vários fatores.

Historicamente, o feijão é cultivado no Brasil por pequenos produtores descapitalizados, com baixo uso de insumos externos e voltado, sobretudo, para a subsistência das famílias. Além do baixo nível tecnológico empregado pelos produtores, a baixa produtividade da cultura no País relaciona-se também ao seu cultivo em solos de baixa fertilidade, especialmente em nitrogênio (N) e em fósforo (P) (MERCANTE et al., 1999). A utilização de adubos nitrogenados, além de encarecer o produto final, tem um custo ecológico adicional, em decorrência das várias formas de perdas deste elemento do solo. Muitos trabalhos de pesquisa publicados sobre adubação do feijoeiro comum demonstram que a resposta dessa cultura à aplicação de fertilizantes nitrogenados e fosfatados é alta, comparada a outros nutrientes. O fósforo é um elemento essencial no metabolismo das plantas, desempenhando papel importante na transferência de energia das células, na respiração e na fotossíntese.

As quantidades de P aplicadas no feijoeiro variam de 60 kg a 120 kg de P₂O₅ ha⁻¹, dependendo, evidentemente, do teor de fósforo disponível revelado pela análise química do solo e da não limitação de água para a cultura. Embora exista uma substancial reserva

de P presente no solo, grande proporção está indisponível para as plantas e considerável parte do fertilizante fosfatado, que é aplicado ao solo, torna-se imobilizado após a aplicação (RODRÍGUEZ; FRAGA, 1999). Em decorrência disto, apenas uma pequena proporção deste elemento é disponibilizado de forma imediata para absorção pelas plantas (ADESEMOYE; KLOEPPER, 2009).

Consideráveis números de trabalhos têm sido desenvolvidos num esforço de encontrar alternativas para suprir as necessidades das plantas em P e N a um custo menor. Neste sentido, vários pesquisadores têm estudado a possibilidade de inoculação de diferentes culturas com bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP). Estes microrganismos podem aumentar o desenvolvimento das culturas por meio de vários mecanismos, que incluem, entre outros, a fixação de N_2 , a produção de substâncias reguladoras do crescimento, o aumento da absorção de água e de nutrientes, o controle de fitopatógenos, entre outros. As bactérias solubilizadoras de fosfato (BSF), por exemplo, desempenham importante papel na disponibilização de formas inorgânicas de fósforo, aumentando o teor deste elemento na solução do solo. Efeitos das BSF em promover o crescimento do feijoeiro têm sido mostrados em vários trabalhos, muitos deles com respostas benéficas na fotossíntese e nos conteúdos de P e N nas folhas (COLLAVINO et al., 2010). Segundo Guiñazú et al. (2010), a inoculação de plantas com BSF selecionadas, aumenta a população destas bactérias na rizosfera da planta, levando a uma melhor nutrição em P. Entretanto, o uso disseminado de inoculantes de BPCP permanece limitado em decorrência dos resultados inconsistentes obtidos com diferentes culturas.

Objetivo

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de bactérias promotoras de crescimento de plantas, no desenvolvimento do feijoeiro.

Principais contribuições científicas

Neste trabalho foram selecionadas estirpes de bactérias capazes de aumentar o crescimento do feijoeiro. A utilização destes microrganismos em plantas tem sido proposta como um componente do manejo sustentável de nutrientes. Esta prática pode preservar, ou aumentar o rendimento das culturas, por meio do aumento da resistência da planta a vários estresses ambientais.

O que se observa na tabela 1, nos tratamentos que não receberam adubação fosfatada, é que os isolados K36 e T79 aumentaram as quantidades de P e N absorvidas pelo feijoeiro e os pesos das partes áreas secas, em relação à testemunha. Nos tratamento onde se adicionou P os resultados foram muito semelhantes entre si, menos no tratamento K36, onde houve uma tendência de aumento da quantidade de P absorvida pelas plantas. Neste caso, porém, o isolado K36 não aumentou a quantidade de N absorvida pela planta.

Dos resultados obtidos neste trabalho verificou-se que os isolados K36 e T79 apresentaram potencial para promover o crescimento do feijoeiro, em solo com baixo teor de P e podem, no futuro, serem utilizados nesta cultura como inoculantes, substituindo a adubação fosfatada e nitrogenada. Entretanto, deve-se ter em mente, que estas bactérias podem produzir resultados não consistentes em solos diferentes e sob condições ou não de determinados tipos de estresses. Assim, para considerar estes microrganismos como fontes potenciais para aumentar a nutrição do feijoeiro, elas devem ser testadas a campo, sob diferentes condições edafoclimáticas.

Impactos sociais

O feijoeiro tem especial importância socioeconômica por sua relevância na dieta da população e por ser o país um dos maiores produtores e consumidores de feijão do mundo. Além do seu alto conteúdo em proteína, o feijão contém grandes quantidades de carboidratos complexos, fibras, oligossacarídeos e fitoquímicos, como polifenóis e isoflavonas (ANDERSON et al., 1999). Ademais, a sua importância alimentar deve-se também ao menor custo de sua proteína em relação aos produtos de origem animal (MESQUITA et al., 2007). O gênero *Phaseolus* compreende aproximadamente 55 espécies, das quais 5 apresentam potencial agrícola, sendo a espécie *Phaseolus vulgaris* L. a mais cultivada em todo mundo. De acordo com o IBGE (2009), este alimento é produzido em uma área de aproximadamente 4,1 milhões de hectares com uma produtividade média de 1088 kg ha⁻¹. Cerca de 2,9 milhões de hectares de lavouras são de pequenos e médios produtores, que utilizam na sua maioria, mão-de-obra familiar e baixo nível tecnológico, tendo como consequência, uma produtividade média de 776 kg ha⁻¹, considerada baixa (NAPOLEÃO, 2004). Os pequenos agricultores cultivam o feijão como uma cultura de subsistência. Este tipo de agricultura se caracteriza pela utilização de métodos tradicionais de cultivo, realizados por famílias camponesas ou por comunidades rurais. Neste caso, a produção é bem inferior se comparada às áreas rurais mecanizadas. A tecnologia de adoção de bactérias promotoras de crescimento de plantas poderá aumentar a oferta de grãos gerando um excedente de produção, uma vez que poderá

substituir, pelo menos em parte, a utilização de fertilizantes fosfatados e nitrogenados, apontando para um impacto social positivo.

Impactos econômicos

Muitas bactérias são conhecidas por estimularem o crescimento das plantas por meio de interações diretas e indiretas em suas raízes e são classificadas como bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP). As BPCP estão usualmente em contato com a superfície das raízes e podem aumentar o rendimento da planta por um ou mais mecanismos.

Conforme dito anteriormente, um dos fatores mais limitantes à produtividade do feijoeiro é a baixa disponibilidade de nutrientes, sobretudo P e N, nos solos agrícolas. O feijoeiro é considerado planta exigente em nutrientes, em razão do seu sistema radicular pequeno e pouco profundo. O fósforo é um nutriente mineral essencial requerido para crescimento das plantas, porque ele é componente de diversas moléculas importantes. Os fosfatos são, porém, recursos naturais não renováveis e devem ser utilizados de modo eficaz. Junto com os fertilizantes nitrogenados eles encarecem o sistema de produção do feijão, principalmente, em propriedades de baixo porte. A adubação nitrogenada, por exemplo, é bastante onerosa, uma vez que são necessários cerca de 1.800 Kcal para fixação de 1 kg de nitrogênio atmosférico, fazendo-se necessário o uso de alternativas à aplicação deste fertilizante, para que ele seja utilizado de forma sustentável. A otimização da eficiência nutricional é, portanto, de grande importância na produção das culturas anuais, devido ao custo dos fertilizantes, imprescindíveis para o aumento da produtividade (FAGERIA, 1992). A inoculação de microrganismos promotores de crescimento de plantas tem grande potencial para ser utilizado como insumo biológico, de modo a favorecer o crescimento e desenvolvimento de diferentes culturas. Isto irá acarretar na diminuição de insumos químicos e, por conseguinte, em um sistema de produção mais ambientalmente aceitável.

Impactos ambientais

Bactérias do solo e da rizosfera, conhecidas como bactérias solubilizadoras de fosfato (BSP), solubilizam compostos de P inorgânico insolúvel, por meio da produção de ácidos orgânicos de baixo peso molecular, tais como ácido glucônico e ceto-glucônico (RODRÍGUEZ et al., 2006). Embora várias BSP ocorram no solo e na rizosfera das plantas, a quantidade de P liberada por estas bactérias não é, geralmente, suficiente para suprir os requerimentos das plantas em crescimento (RODRÍGUEZ et al., 2006). A

inoculação de plantas com BSP selecionadas aumenta a população nativa destas bactérias podendo melhorar a nutrição da planta naquele nutriente (GUIÑAZÚ et al., 2010). Efeitos positivos da utilização de bactérias solubilizadoras de fosfato em promover o crescimento de *Phaseolus vulgaris* têm sido mostrados em vários trabalhos, muitos deles demonstrando aumentada fotossíntese e conteúdos de P e N nas folhas (COLLAVINO et al., 2010). A produtividade das culturas depende, dentre outros fatores, do adequado suprimento destes nutrientes, sendo o fornecimento de P via adubação uma prática essencial nos solos brasileiros. A deficiência de P nos solos tropicais é intensa graças ao pH ácido e à presença de grandes proporções de argila sesquioxídica, o que aumenta muito a adsorção de fosfatos e a formação de precipitados com Fe e Al, reduzindo, conseqüentemente, a disponibilidade de P para as plantas (SANCHEZ; SALINAS, 1981). Este fato demanda a utilização de grandes quantidades de fertilizantes para a adequada produção das culturas.

A produção de fertilizantes nitrogenados, realizado pelo processo 'Haber-Bosch', consome grande quantidade de energia, uma vez que a conversão de N_2 em NH_3 ocorre sob altas temperaturas (300 a 600°) e pressões (200 a 800 atm), utilizando petróleo como fonte de energia. Em termos de custo energético é muito caro. Por isso é interessante que tecnologias alternativas à sua utilização sejam consideradas.

A agricultura atual se baseia no uso intensivo de insumos industrializados, devido a sua resposta rápida, mas traz conseqüências danosas ao ambiente. Entre os impactos ambientais negativos, a eutroficação das águas causada, principalmente, pelo uso inadequado de N e P é um dos problemas mais estudados. O nitrogênio pode também sofrer perdas na forma gasosa, que voltam para a atmosfera, como o óxido nitroso. O óxido nitroso é um importante gás de efeito estufa, com um potencial de aquecimento até 310 vezes maior que de uma molécula de dióxido de carbono (CO_2).

Tabela 1. Peso das plantas secas e quantidades de N e P absorvidas pela parte aérea do feijoeiro inoculado com diferentes bactérias.

Tratamentos ¹	Peso da parte aérea seca (gr vaso ⁻¹)	Quantidade de N absorvida (mg N vaso ⁻¹)	Quantidade de P absorvido (mg P vaso ⁻¹)
Solo onde não foi adicionado fertilizante fosfatado			
CP0	2,62 gh	72,32 def	10,29 e
K24P0	3,95 ef	105,00 ab	7,43 g
K36P0	4,03 de	92,52 bc	14,65 cd
K71P0	2,50 h	70,13 ef	8,47 ef
T22P0	4,09 de	93,11 bc	10,14 e
T30P0	3,31 fg	57,55 f	10,28 e
T79P0	4,16 de	89,71 bcd	14,07 d
A24P0	3,22 g	76,25 def	7,93 fg
Solo com adição de fertilizante fosfatado			
CP1	5,58 ab	99,39 ab	19,97 ab
K24P1	5,29 bc	97,38 b	15,12 cd
K36P1	5,38 de	70,11 ef	20,30 a
K71P1	5,06 bc	96,60 b	16,98 bc
T22P1	5,54 ab	98,62 ab	16,98 bc
T30P1	4,67 cd	117,43 a	17,75 b
T79P1	5,34 bc	6,33 bcde	18,98 ab
A24P1	6,13 a	102,74 ab	18,35 ab
EP	0,24	5,94	0,88

¹Designações dadas às bactérias; CP, tratamento sem inoculação. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si (Teste LSD, $p \geq 0,05$). EP, erro padrão

A troca de insumos químicos por insumos biológicos favorece o estabelecimento de uma agricultura sustentável e é importante principalmente para os produtores de baixa renda, que cultivam o feijoeiro para subsistência.

Referências

ADESEMOYE, A. O.; KLOEPPER, J. W. Plant-microbes interactions in enhanced fertilizer-use efficiency. **Applied Microbiology and Biotechnology**, Berlin, v. 85, p. 1-12, 2009.

ANDERSON, J. W.; SMITH, B. M.; WASHNOCK, C. S. Cardiovascular and renal benefits of dry bean and soybean intake. **American Journal of Clinical Nutrition**, New York, v. 70, p. 464S–474S, 1999.

COLLAVINO, M. M.; SANSBERRO, P. A.; MROGINSKI, L. A.; AGUILAR, O. M. comparison of in vitro solubilization activity of diverse phosphate-solubilizing bacteria native

to acid soil and their ability to promote *Phaseolus vulgaris* growth. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 46, p. 727-738, 2010.

FAGERIA, N. K. **Maximizing crop yields**. New York: Marcel Dekker, 1992. 274 p .

GUIÑAZÚ, L. B.; ANDRÉS, J. A.; MFDEL, P.; PISTORIO, M. R. Response of alfafa (*Medicago sativa* L.) to sigle and mixed inoculation with phosphate-solubilizing bactéria and *Sinorhizobium meliloti*. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 46, p. 185-190, 2010.

IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/default.shtm>>. Acesso em: 02 out. 2009.

MERCANTE, F. M.; TEIXEIRA, M. G.; ABBOUD, A. C. S.; FRANCO, A. A. Avanços biotecnológicos na cultura do feijoeiro sob condições simbióticas. **Revista de Ciências da Vida**, Seropédica, v. 21, p. 127-146, 1999.

MESQUITA, F. R. et al. Linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.): Composição Química e digestibilidade protéica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, p. 1114-1121, 2007.

NAPOLEÃO, B. A. Tecnologia garante rentabilidade para a cultura do feijão. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25, p. 1-144, 2004.

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

RODRÍGUEZ, H.; FRAGA, R.; GONZALEZ, T.; BASHAN, Y. Genetics of phosphate solubilization and its potential applications for improving plant growth-promoting bacteria. **Plant and Soil**, The Hague, v. 287, p. 15-21, 2006.

SANCHEZ, P. A.; SALINAS, J. G. Low-input technology for managing oxisols and ultisols in tropical America. **Advances in Agronomy**, New York, v. 34, p. 279-406, 1981.