

INOCULAÇÃO DE BACTÉRIAS FIXADORAS DE NITROGÊNIO NO FEIJOEIRO COMUM (*Phaseolus vulgaris* L.)

Hugo Franciscon¹, Priscila Weber¹, Leandro Paiola Albrecht², Alfredo Paiola Albrecht², Leandro Rampim¹ e Rafael Massahiro Yassue¹

¹Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Departamento de Ciências Agrárias, Campus de Marechal Cândido Rondon. Rua Pernambuco, n. 1777, CEP: 85960-000, Marechal Cândido Rondon – PR. E-mail: hugo_franciscon@hotmail.com, priscila_weber_@hotmail.com, rampimleandro@hotmail.com, rafael_yassue@hotmail.com.

²Universidade Federal do Paraná – UFPR, Departamento de Ciências Agrônômicas, Setor Palotina. Rua Pioneiro, n. 2153, Jardim Dallas, CEP: 85950-000, Palotina – PR. E-mail: Ipalbrecht@yahoo.com.br, ajpalbrecht@yahoo.com.br.

RESUMO: O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma leguminosa cultivada em todo mundo, considerada uma das principais fontes de proteína para a alimentação humana e um dos principais alimentos de consumo direto. O Brasil é um grande consumidor e produtor de feijão, responsável por cerca de 14% da produção mundial. O Paraná é o estado que possui a maior produção nacional, que gira em torno de 680 mil toneladas por ano. Entretanto, a produtividade média paranaense (1494 kg ha⁻¹), apesar de ser maior que a média nacional e a média mundial (700 kg ha⁻¹) está bem aquém do potencial produtivo do feijoeiro (5000 kg ha⁻¹). Um dos motivos é a alta exigência nutricional do feijoeiro, principalmente em nitrogênio, o que gera a necessidade de alto investimento. Além da questão econômica, há a questão ambiental, já que fertilizantes nitrogenados causam poluição das águas. Como solução deste problema há a inoculação com bactérias fixadoras de nitrogênio, uma tecnologia de baixo custo e que não causa impactos ambientais. Porém, tal tecnologia ainda não está bem elucidada, o que gera resultados discrepantes e baixa credibilidade na mesma.

PALAVRAS-CHAVE: *Rhizobium tropici*, *Azospirillum brasilense*, coinoculação.

LITERATURE REVIEW ABOUT THE INOCULATION OF NITROGEN-FIXING BACTERIA IN COMMON BEAN (*Phaseolus vulgaris* L.)

ABSTRACT: The common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is cultivated worldwide for being one of the main sources of protein for human consumption and a major food legume for direct consumption. Brazil is a major consumer and producer of beans, is responsible for almost 14% of world production. Paraná is one of the states that has largest production in the country, with about 680 thousand ton per year. However the Paraná average yield (1494 kg ha⁻¹), although higher than the national average and the world average (700 kg ha⁻¹) is smaller than the productive potential of bean (5000 kg ha⁻¹). One reason is the high nutritional requirements of bean, especially in nitrogen, which creates the need for high investment. Beyond economics, there is the environmental issue, since nitrogen fertilizers cause water pollution. As a solution to this problem, there inoculation with nitrogen fixing bacteria, a low cost technology that causes no environmental impact. However, such technology is not completely explained, which generates conflicting results and low credibility in it.

KEY WORDS: *Rhizobium tropici*, *Azospirillum brasilense*, co-inoculation.

INTRODUÇÃO

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é amplamente cultivado em regiões de clima temperado e subtropical. É a principal e mais importante cultura no mundo, utilizada diretamente na alimentação humana, consumida e produzida em todos os continentes. A América do Sul é o continente que mais produz e consome feijões, com destaque especial para o Brasil. Os feijões são considerados como um alimento quase perfeito, por possuir uma boa quantidade e qualidade de proteínas, carboidratos, fibras, minerais, vitaminas e outros compostos importantes para a saúde humana (Jones, 1999).

No mundo são cultivados, aproximadamente, 28 milhões de hectares de feijão comum, totalizando em uma produção de 20 milhões de toneladas. A produtividade mundial está um pouco acima de 700 kg ha⁻¹ (El-Aal et al., 2011), uma produtividade considerada baixa, já que algumas cultivares possuem potencial produtivo de até 5.000 kg ha⁻¹ (Amaral et al., 1980; Guerra et al., 2000).

A produção nacional foi de 3,79 milhões de toneladas no ano de 2011, o que tornou o Brasil o maior produtor mundial. Das unidades da federação, o Paraná lidera a produção com 677.9 mil toneladas na safra 2011/2012, com rendimento médio de 1.494 kg ha⁻¹. Na safra 2010/2011 o estado produziu 821.2 mil toneladas (Richetti et al., 2011; Salvador, 2012; Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, 2014).

O feijão é uma espécie muito sensível ao estresse hídrico, além de altamente exigente nutricionalmente, pelo seu ciclo curto e sistema radicular pouco desenvolvido, fazendo-se necessária uma correta adubação da cultura, na quantidade e no momento correto (Rosolem e Marubayashi, 1994).

As sementes de feijão possuem alto teor de proteína, entre 20 e 34 %. Isso além de tornar o feijão uma importante fonte de proteína vegetal, para a alimentação humana, faz do feijoeiro uma planta exigente em nitrogênio, o qual interfere no teor e qualidade da proteína da semente, principalmente nos estádios de formação e enchimento de grãos (Cobra Netto et al., 1971; Amaral et al., 1980; Gomes Junior et al., 2005).

A necessidade em nitrogênio do feijoeiro, durante todo o ciclo, pode chegar a 425 kg ha⁻¹, porém, em média, mantendo-se entre 200 e 250 kg ha⁻¹ para a maioria das cultivares (Amaral et al., 1980; Guerra et al., 2000), o que resulta na aplicação de altas quantidades de fertilizantes nitrogenados durante o ciclo da cultura.

A utilização de fertilizantes nitrogenados em excesso pode causar poluição das águas. Em inúmeros países da Europa, Estados Unidos, Austrália, China e Índia, tem-se problemas de contaminação das fontes hídricas por nitrito e nitrato, devido à pesada adubação

nitrogenada das lavouras (Croll e Hayes, 1988; Barnes et al., 1992; Alaburda e Nishihara, 1998; Oenema et al., 1998; Zhu et al., 2000).

Os fertilizantes químicos disponibilizam o nitrogênio, principalmente, em duas formas ao solo, como nitrato (NO_3^-) ou amônio (NH_4^+), o amônio pode ser transformado para nitrato por bactérias presentes no solo. Nitritos (NO_2^-) e nitratos são facilmente lixiviados, sob alta pluviosidade e em alta disponibilidade no solo, principalmente em solos arenosos. Tais nutrientes, em elevada concentração, são altamente prejudiciais à saúde humana, causando diversos males, como a metemoglobinemia, doença que causa deficiência na oxigenação sanguínea e, em bebês, a síndrome da criança azul. Essas substâncias também podem produzir, no organismo, compostos carcinogênicos. Além disso, o aumento dos teores de nitratos e nitritos nas águas causam danos ambientais como a eutrofização das águas se mortandade dos peixes (Croll e Hayes, 1988; Alaburda e Nishihara, 1998; Zhu et al., 2000; Nascimento et al., 2008).

A fertilização nitrogenada, além de propiciar problemas a nível ambiental e de saúde pública, representam uma boa fatia do custo de produção da cultura, passando dos 400 reais por hectare, dependendo da quantidade de fertilizante e a fonte de nitrogênio utilizada (Gerlach et al., 2013).

Leguminosas, como o feijão e a soja, são capazes de associarem-se a bactérias dos gêneros *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*, respectivamente. Essas bactérias transformam o nitrogênio atmosférico (N_2) em formas utilizáveis pelas plantas, em troca recebem fotossintatos da planta. A simbiose leguminosa/bactéria fixadora pode reduzir ou até mesmo suprimir toda a necessidade dessas culturas em fertilizantes nitrogenados, o que traz grande vantagem ambiental e econômica no cultivo nessas plantas. O maior exemplo é a soja brasileira, na qual a eficiência da simbiose com *Bradyrhizobium* é tanta que fornece todo o nitrogênio exigido pela cultura, o que além de trazer benefícios ambientais, proporciona um menor custo de produção e, com isso, alta competitividade no mercado internacional e maior lucratividade ao produtor (Mendes et al., 2014).

Entretanto, mesmo se tratando de uma leguminosa como a soja, o cultivo do feijão no Brasil faz uso de fertilizantes nitrogenados. O Instituto Agronômico do Paraná, uma referência no cultivo do feijoeiro comum no estado, recomenda o fornecimento de nitrogênio mineral, em doses de até 80 kg ha^{-1} , sem fazer qualquer menção à inoculação (Parra, 2003).

O presente trabalho fora elaborado com o objetivo de compilar informações sobre a inoculação do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) com bactérias fixadoras de nitrogênio, a fim de possibilitar uma melhor compreensão do assunto.

POTENCIAL E DESAFIOS A SEREM SUPERADOS PELA TECNOLOGIA

Araújo et al. (1996) afirma sobre a importância e o potencial da inoculação do feijoeiro com bactérias rizóbios. Um prognóstico do futuro da inoculação, realizado pelos mesmos autores, relatam que essa tecnologia poderá vir a substituir, por completo, a utilização de fertilizantes nitrogenados, perante a correção de alguns problemas. Um dos grandes entraves é a pouca especificidade do feijão ao associar-se com bactérias fixadoras, associando-se, muitas vezes, com espécies que pouco ou nada contribuem para a cultura, em relação a aporte de nitrogênio (Araújo et al., 1996).

Como os solos brasileiros são ricos em bactérias rizóbios nativas, existe um grande problema ao se inocular o feijão, já que a bactéria selecionada tem dificuldade em competir com a bactéria nativa, a qual já encontra-se instalada e adaptada ao ambiente. Esse problema pode ser solucionado apenas pela técnica da inundação, que consiste na utilização de uma quantidade enorme da bactéria inoculada, de modo a superar as nativas pela população. Na década de 1990 até primeiros anos do segundo milênio, onde estão concentrados os primeiros estudos e publicações, através da tecnologia existente para a produção dos inoculantes, não era possível confeccionar um produto com tal concentração de bactérias, de modo que a inoculação em feijoeiro ainda não apresentava os resultados desejados, causando descrença (Araújo et al., 1996; Cassini e Franco, 2008).

Outro problema em relação à inoculação, é a grande variedade de rizóbios que se associam ao feijão e o pouco conhecimento sobre estes. Onde, muitas vezes, uma bactéria classificada como biovar de uma determinada espécie, em verdade, trata-se de uma nova espécie. Isso prejudica a identificação de espécies e biovars mais eficientes. O caso mais recente e importante foi a descoberta da *Rhizobium tropici*, espécie mais tolerante às condições existentes nos solos brasileiros, capaz de fixar nitrogênio de maneira mais eficiente. A mesma era classificada, anteriormente, como um tipo da bactéria *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli* (Cassini e Franco, 2008).

EVOLUÇÃO E RESULTADOS ATUAIS DA TECNOLOGIA

Desde os anos 1970 até agora, foram testadas várias espécies e estirpes de rizóbios. De início, a prática da inoculação permitia suprimir parte da adubação nitrogenada, porém, ainda sendo necessário a adubação, com no mínimo, 40 kg ha⁻¹ de nitrogênio (Guss e Döberelner, 1972; Hungria e Neves, 1986). Com o passar do tempo foram descobertas outras espécies e hoje, com a utilização de *Rhizobium tropici* na inoculação do feijoeiro, pode-se

obter produtividades máxima, comparadas a adubações com 160 kg ha⁻¹ de nitrogênio, aplicando-se apenas 20 kg ha⁻¹ de nitrogênio na sementeira, quantidade necessária para suprir a deficiência do nutriente até o estabelecimento da simbiose planta/rizóbio (Pelegrin et al., 2009) já que a mesma tem a característica de ser lenta no feijoeiro comum (Burdman et al., 1996).

Mercante et al. (2006) em experimento conduzido no município de Dourados-MS, comparou o efeito da inoculação de duas estirpes de *Rhizobium tropici*, SEMIA 4077 e SEMIA 4080, e diferentes níveis de adubação nitrogenada em diferentes cultivares de feijoeiro comum. O tratamento inoculado não recebeu fertilizante nitrogenado, o tratamento sem inoculante recebeu 20 kg ha⁻¹ de N na sementeira e três níveis diferentes de cobertura, 0, 60 e 120 kg ha⁻¹. Para a avaliação dos resultados, Mercante et al. (2006) comparou o tratamento inoculado com o não inoculado sem N na base e sem cobertura (Y1), com o não inoculado sem cobertura (Y2), com o não inoculado com 60 kg ha⁻¹ em cobertura (Y3) e com o não inoculado com 120 kg ha⁻¹ em cobertura (Y4). A inoculação com *Rhizobium tropici*, sem a adição de qualquer quantidade de fertilizantes nitrogenado, proporciona maior nodulação, maior teor foliar de nitrogênio e maior produtividade do que o feijoeiro não inoculado e adubado com nitrogênio mineral (Figuras 1, 2 e 3).

Araújo et al. (2007) obtiveram resultados semelhantes ao comparar parcelas inoculadas sem adubação complementar de N com parcelas não inoculadas e adubadas com N mineral, com e sem fungicida no tratamento das sementes.

Já Pelegrin et al. (2009) comparou feijoeiro com e sem inoculação com diferentes níveis de adubação nitrogenada. Constatou que não houve diferença estatística quando comparada a produtividade do tratamento inoculado e adubado com 20 kg ha⁻¹ de N e o tratamento não inoculado com 20 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Também verificou-se que a nodulação e o teor de nitrogênio não foram afetados pela inoculação, mas somente pela adubação nitrogenada (Tabela 1). Os autores explicam o fato de não ter havido diferença significativa entre os tratamentos pela provável presença, em abundância, de rizóbios nativos eficientes, os quais mascararam os resultados, não podendo-se, deste modo, concluir que a inoculação fora ineficiente.

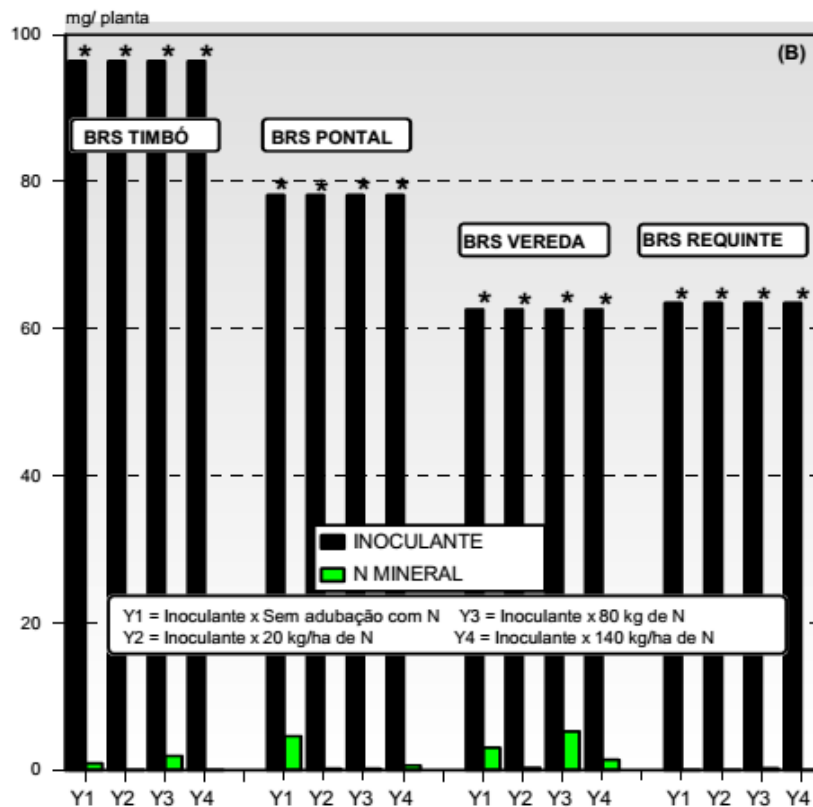


Figura 1. Massa de nódulos por planta, avaliadas as diferentes cultivares sob os diferentes tratamentos, gráfico original do trabalho de Mercante et al. (2006).

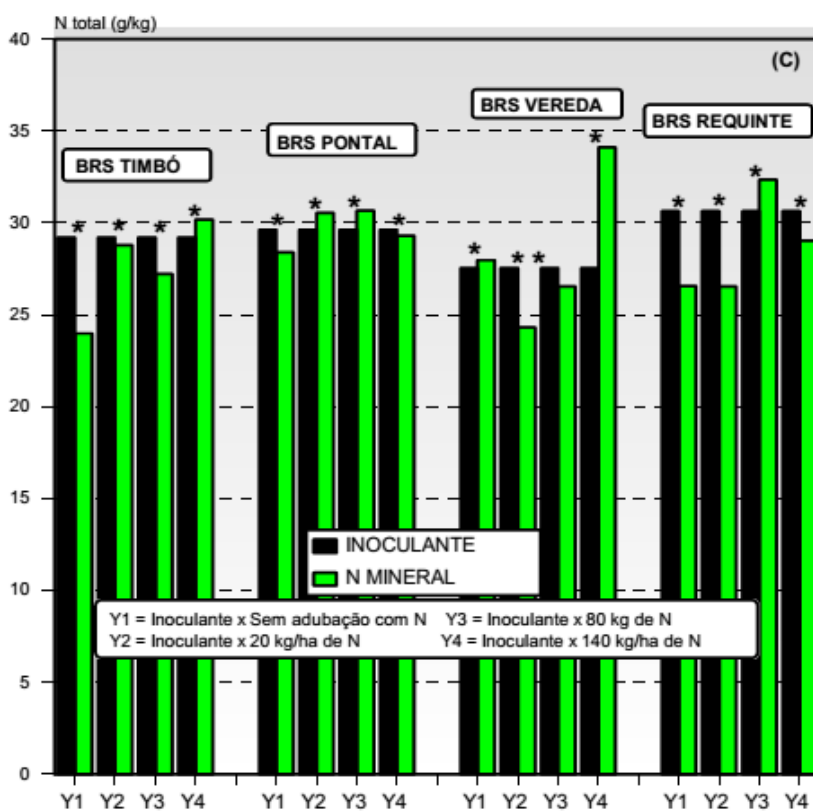


Figura 2. Nitrogênio total por planta, avaliadas as diferentes cultivares sob os diferentes tratamentos, gráfico original do trabalho de Mercante et al. (2006).

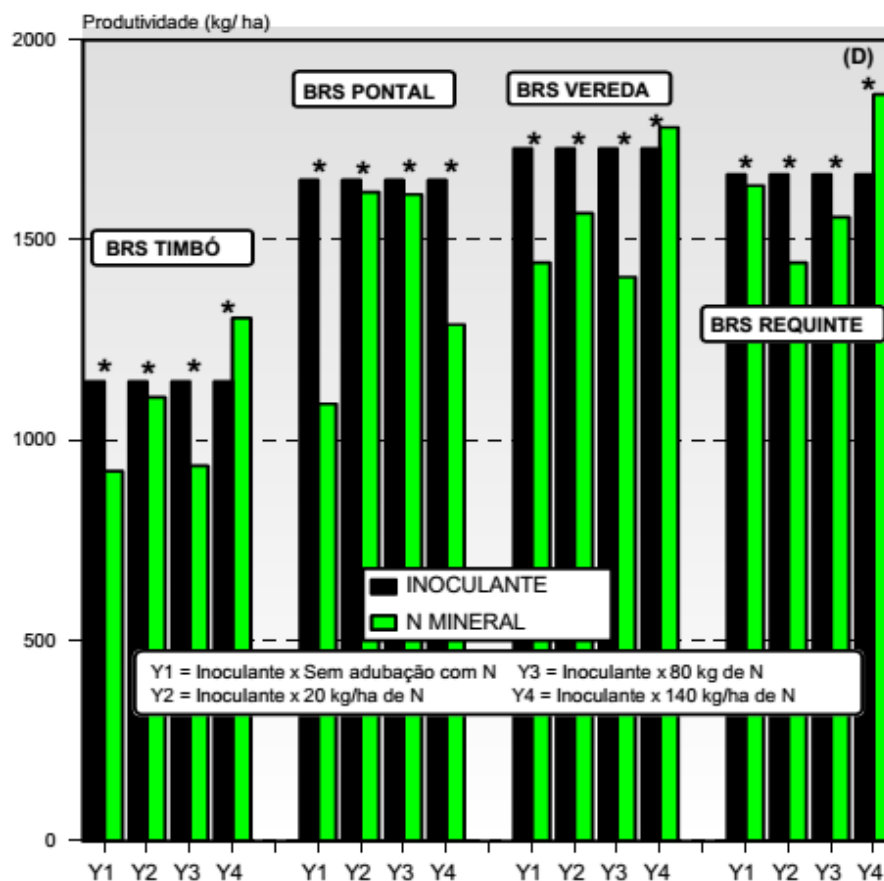


Figura 3. Produtividade, avaliadas as diferentes cultivares sob os diferentes tratamentos, gráfico original do trabalho de Mercante et al. (2006).

Tabela 1. Número de nódulos, matéria seca de nódulos e da parte aérea, teor de N total da parte aérea e de grãos, massa de cem sementes e produtividade de grãos de feijoeiro, cv. Pérola, supridos ou não com N e, ou, inoculados com rizóbio, tabela adaptada de Meirelles et al. (2014).

Tratamento	Número de nódulos	Matéria seca dos nódulos	Matéria seca parte aérea	Teor de N da parte aérea	Massa de cem sementes	Teor de N nos Grãos	Produtividade de grãos
	n ^o /pl	mg/pl	g/pl	g kg ⁻¹	g	g kg ⁻¹	kg ha ⁻¹
Sem N	14,2 a	41,9 a	3,9 a	36,7 a	28,8 a	33,4 a	2.967 c
Inoculado	12,6 a	42,3 a	3,8 a	32,8 a	30,1 a	32,7 a	3.131 bc
Inoculado + 20 kg ha ⁻¹	13,5 a	44,3 a	3,9 a	33,4 a	29,3 a	32,5 a	3.339 abc
20 kg ha ⁻¹	11,3 a	33,1 a	4,1 a	33,5 a	29,6 a	33,2 a	3.261 abc
40 kg ha ⁻¹ (20+20)	11,9 a	33,9 a	4,9 a	35,0 a	28,8 a	32,9 a	3.666 ab
80 kg ha ⁻¹ (20+30+30)	7,4 a	20,1 a	4,1 a	35,1 a	30,7 a	33,2 a	3.623 ab
160 kg ha ⁻¹ (20+70+70)	2,6 a	4,4 a	4,6 a	36,6 a	30,6 a	35,1 a	3.762 a
CV%	75,9	81,8	22,9	6,4	4,0	4,6	10,1

Para a obtenção de bons resultados com a inoculação, é importante utilizar bactéria eficiente e realizar, anualmente, a reinoculação, para que a bactéria consiga aumentar sua população e dominar o ambiente, evitando a simbiose com espécies de rizóbios pouco eficientes (Hungria et al., 2003).

Outro fator que interfere na qualidade da inoculação é o tratamento das sementes do feijoeiro com produtos químico e o inoculante, conjuntamente. Araújo et al. (2007) comprovaram que o tratamento das sementes com fungicida prejudicam a eficiência da inoculação (Tabela 2).

Tabela 2. Rendimento final e nitrogênio fixado nos grãos do feijoeiro (cv. Carioca) submetido a inoculação com *R. tropici* e adubação com N mineral, tabela adaptada de Meirelles et al. (2014).

Tratamentos	Produtividade (kg ha ⁻¹)	N fixado nos grãos (kg ha ⁻¹)
Testemunha	950,0 b	37,05 b
N mineral	1.313,8 ab	51,86 ab
Inoculante + fungicida	1.262,5 ab	50,48 ab
Inoculante (2x) + fungicida	1.281,3 ab	49,95 ab
Inoculante	1.783,3 a	71,32 a
Inoculante (2x)	1.386,0 ab	56,82 ab
CV %	21,62	37,25

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem, estatisticamente, pelo teste de Tukey (p < 0,5).

COINOCULAÇÃO COM BACTÉRIAS FIXADORAS DE NITROGÊNIO NO FEIJÃO COMUM

A coinoculação de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* é uma tecnologia que foi desenvolvida sobre o fato das bactérias do gênero *Azospirillum* estimularem a produção de fitohormônios pela planta e, conseqüentemente, o desenvolvimento radicular e a nodulação pelo rizóbio (Ribaudó et al., 2005).

Meirelles et al. (2014), em experimento conduzido no campo experimental da UNESP – Ilha solteira, comprovou a eficácia da associação das duas bactérias, não apenas no aporte de N para o feijoeiro, mas também no uso do nutriente pelo mesmo, proporcionando produtividades superiores à cultura que recebeu fertilizante nitrogenado mineral ou foi apenas inoculado com rizóbios (Tabela 3). A explicação argumentada pelos autores é que a bactéria *Azospirillum brasiliensis*, além de fixar nitrogênio atmosférico, produz composto e estimulam a produção de hormônio, pelas plantas, que potencializam o crescimento radicular e, conseqüentemente, a eficiência no aproveitamento dos recursos hídricos e minerais, incrementa a nodulação e a simbiose entre o feijoeiro e a rizóbio.

Burdman et al. (1996) comprovaram, em experimento, que o feijoeiro, quando associado à *Azospirillum brasilense*, produz uma maior quantidade flavonóides e isoflavonóides, os quais estimulam a nodulação, o que explica a maior nodulação por rizóbio existente no feijoeiro quando inoculado com *Azospirillum* e rizóbio, conjuntamente.

Para uma maior produtividade, Meirelles et al. (2014) recomendam a inoculação da semente de feijão com uma dose de 2 g kg⁻¹ do inoculante comercial a base de *Rhizobium tropici* e, posteriormente quando o feijão estiver nos estádios V₂/V₃, pulverização tratorizada de 200 ml ha⁻¹ do produto comercial a base de *Azospirillum brasiliensis*.

Tabela 3. Dados relativos à massa seca da parte aérea (MSPA), teor de nitrogênio foliar (N foliar), teor de nitrogênio no grão (N grão), massa de cem grãos (M100) e produtividade de feijoeiro. Selvíria-MS, 2013, tabela adaptada de Meirelles et al. (2014).

Densidades	MSPA g planta ⁻¹	N foliar g kg ⁻¹	N grão -----g-----	M100	Produtividade kg ha ⁻¹
Testemunha ¹	8,42 abc	35,93 bc	31,08	23,73	1.915 b
80 kg N/ha ²	9,11 ab	47,65 a	33,13	23,62	1.751 b
MF Semente ³	10,98 a	41,53 b	31,24	24,02	1.761 b
MF+MG 1 Semente ⁴	8,93 ab	36,52 bc	29,91	24,14	1.922 b
MF+MG 2 Semente ⁵	5,95 c	34,67 c	31,01	23,78	1.929 b
MF Semente+MG2Foliar ⁶	10,89 a	36,66 bc	32,24	23,85	2.233 a
MF Semente+MG3Foliar ⁷	8,08 bc	37,82 bc	31,87	23,41	1.917 b
DMS	1,93	4,88	-	-	222,44
Teste F	2,89*	2,80*	1,62 ^{ns}	0,152 ^{ns}	1,67*
CV %	21,78	12,63	5,07	5,26	11,60

Médias seguidas das mesmas letras, dentro de cada parâmetro, não se diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

CV= Coeficiente de variação; DMS= Diferença Mínima Significativa; ns= não significativo; *= significativo a 5%.

- 1- Testemunha: sem fertilizante nitrogenado e inoculante;
- 2- 20 kg ha⁻¹ de N na semeadura e 60 kg ha⁻¹ em cobertura;
- 3- MF sementes: inoculação do rizóbio na semente;
- 4- MF+MG 1 Semente: inoculação do rizóbio e do *Azospirillum* na semente;
- 5- MF+MG 2 Semente: inoculação do rizóbio e do dobro da dose do *Azospirillum* na semente;
- 6- MF semente+MG2Foliar: inoculação do rizóbio na semente e, posterior, aplicação aérea do dobro da dose de *Azospirillum*;
- 7- MF semente+MG3Foliar: inoculação do rizóbio na semente e, posterior, aplicação aérea do triplo da dose de *Azospirillum*.

Porém, há trabalhos que demonstram não haver interação positiva na coinoculação do rizóbio com o *Azospirillum*. Veronezi et al. (2011) em experimento realizado com feijoeiro cv. Pérola, cultivado em vasos, coinoculado com diferentes combinações de estirpes de *Azospirillum brasilense* e rizóbios, não houve incremento na nodulação, peso da parte aérea e teor de N da parte aérea pela coinoculação em relação aos tratamentos inoculados apenas com

os rizóbios, com excessão do rizóbio CPAO 19.5 L3 associado às estirpes AbV5 e AbV6 de *Azospirillum*.

Essa discrepância nos resultados pode ser explicada pela sensibilidade da interação simbiótica entre rizóbios e o feijoeiro a fatores edafoclimáticos, como temperatura, potencial hidrogeniônico do solo, disponibilidade de fósforo, alumínio, nitrogênio e molibdênio. O pH ideal para a nodulação com rizóbios está entre 6,0 e 6,5. A temperatura tem que estar entre 28 e 31° C. A deficiência de nutrientes, como fósforo e molibdênio, ou o excesso de nutrientes, como Al^{3+} e NO_3^- , prejudicam uma nodulação eficiente do feijoeiro com as bactérias fixadoras. *Rhizobium tropici* é uma exceção, já que tolera pH abaixo de 5,5 e temperatura de até 37°C, o que a torna a bactéria fixadora mais eficiente na nodulação do feijoeiro nas condições edafoclimáticas brasileiras. Além dos fatores supracitados, a genética da planta também interfere na eficiência da simbiose, já que há genótipos mais e menos eficientes (Cassini e Franco, 2008). Deste modo cada cultivar, bactéria e manejo utilizado em cada solo e clima diferente trará resultados diferentes, o que demonstra a singularidade dos resultados.

CONCLUSÕES

Através das informações apresentadas no presente trabalho, pode-se concluir que um dos principais entraves atuais para o aumento da produtividade do feijão está na alta quantidade de nutrientes exigidos pela cultura. Em especial, o nitrogênio.

Por sua vez, o aumento da adubação nitrogenada gera dois problemas principais, aumento no custo da produção, o que diminui a lucratividade e a competitividade dos produtores (dos pequenos em especial) e problemas ambientais, gerado pela potencial poluição das águas.

Resultados da literatura demonstram que os fertilizantes nitrogenados podem ser substituídos pela inoculação, tecnologia que pode proporcionar rendimentos tão bom quanto ou superiores à fertilização com nitrogênio mineral. Dentre as tecnologias de inoculante, ressalta-se as bactérias *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*, as quais usadas conjuntamente (coinoculação) ou separadamente, apresentam significativos resultados.

De modo geral, os produtos comerciais e a tecnologia existentes para a inoculação do feijoeiro são bastante eficientes. Porém, costumam apresentar resultados discrepantes, pois fatores edafoclimáticos e fatores genéticos dos genótipos de feijoeiro interferem nos resultados. Deste modo, é aconselhado, a identificação e correção destes fatores, além de procurar trabalhos locais, que possam fornecer informações mais concretas. Testes *in loco*

realizados por assistentes técnicos ou pelos próprios produtores são válidos, no intuito de identificar a melhor tecnologia.

REFERÊNCIAS

- ALABURDA, J.; NISHIHARA, L. Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, v.32, n.2, p.160-165, 1998.
- AMARAL, F.A.L.; DE REZENDE, H.E.C.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C.; MALAVOLTA, E. Exigências de nitrogênio, fósforo e potássio de alguns cultivares de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Anais da E.S.A.**, Piracicaba, v.37, p.223-239, 1980.
- ARAÚJO, R.S.; CARMONA, F.G.; TIRITAN, C.S.; CRESTE, J.E. Fixação biológica de N₂ no feijoeiro submetido a dosagens de inoculante e tratamento químico na semente comparado à adubação nitrogenada. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.29, n.4, p.535-540, 2007.
- ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. (Coord.). **Cultura do Feijoeiro Comum no Brasil**. Piracicaba: Postafós, 1996.p.786.
- BARNES, C.J.; JACOBSON, G.; SMITH, G.D. The origin of high-nitrate ground waters in the Australian arid zone. **Journal of Hydrology**, [S.l.], v.137, n. 1-4, p.181-197, 1992.
- BURDMAN, S.; VOLPIN, H.; KIGEL, J.; KAPULNIK, Y.; OKON, Y. Promotion of nod Gene Inducers and Nodulation in Common Bean (*Phaseolus vulgaris*) Roots Inoculated with *Azospirillum brasilense* Cd. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, USA, v.62, n.8, p.3030-3033, 1996.
- CASSINI, S.T.A.; FRANCO, M.C. Fixação biológica de nitrogênio: microbiologia, fatores ambientais e genéticos. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BOREM, A. **Feijão.2ª** Ed. Viçosa: Editora UFV, 2008. p.143-170.
- COBRA NETTO, A.; ACCORSI, W.R.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre a nutrição mineral do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L., var. Roxinho). **Anais da ESALQ**, Piracicaba: USP, v.33, 1971.p.257-274.
- CROLL, B.T.; HAYES, C.R. Nitrate and water supplies in the United Kingdom. **Environmental Pollution**, [S.l.], v.50, n.1-2, p.163-187, 1988.
- EL-AAL, H.A.; EL-HWAT, N.; EL-NAFNAWY, N.; MEDANY, M. Effect of sowing dates, irrigation levels and climate change on yield of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **American-Eurasian Journal of Agriculture & Environment Science**, Menufiya, Egito, v.11, p.79-86, 2011.
- GERLACH, G.A.X.; ARF, O.; CORSINI, D.C.D.C.; DA SILVA, J.C.; COLETTI, A.J. Análise econômica da produção de feijão em função de doses de nitrogênio e coberturas vegetais. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.43, n.1, p.42-49, 2013.
- GOMES-JUNIOR, F.G.; LIMA, E.R.; LEAL, A.J.F.; MATOS, F.A.; DE SÁ, M.E. e HAGA, K.I. Teor de proteína em grãos de feijão em diferentes épocas e doses de cobertura nitrogenada. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.27, n.3, p.455-459, 2005.
- GUERRA, A.F.; DA SILVA, D.B.; RODRIGUES, G.C. Manejo de irrigação e fertilização nitrogenada para o feijoeiro na região dos cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.6 p.1229-1236, jun. 2000.

GUSS, A.; DÖBERELNER, J. Efeito da adubação nitrogenada e da temperatura do solo na fixação do nitrogênio no feijão (*Phaseolus vulgaris*). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.7, p.87-92, 1972.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C. Benefits of inoculation of the common bean (*Phaseolus vulgaris*) crop with efficient and competitive *Rhizobium tropici* strains. **Biology and Fertility of Soils**, [S.l.], v.39, n.2, p.88-93, 2003.

HUNGRIA, M.; NEVES, M.C.P. Interação entre cultivares de *Phaseolus vulgaris* e estirpes de *Rhizobium* na fixação e transporte do nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.21, n.2, p.127-140, 1986.

JONES, A.L., **Phaseolus Bean: Post-harvest Operations**. Roma, Italia: Editora Centro Internacional de agricultura tropical (CIAT), Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 1999.p.24. Disponível em: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/inpho/docs/Post_Harvest_Compendium_-_Phaseolus_beans.pdf. Acesso em: 17 de julho de 2014.

MEIRELLES, F.C.; CORSINI, D.C.D.C.; GERLACH, G.A.X.; DA SILVA, J.C.; GITTI, D.C.; DE SOUZA, E.; PORTUGAL, J.R.; ARF, O. Coinoculação de *Azospirillum brasilense* e *Rhizobium tropici* em feijão em cultivo irrigado. In: Congresso nacional de pesquisa de feijão (CONAFE), 10., 2014, Londrina, **Anais Web**, Londrina: IAPAR, jul. 2014. Disponível em: http://www.conafe2014.com.br/_apps/trabalhos/277/277_1.rtf. Acessado em: 15 de Agosto de 2014.

MENDES, I.; HUNGRIA, M.; MERCANTE, F.; BUENO, F. **Fixação biológica de nitrogênio na soja**. Disponível em: <http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=23030&secao=Colunas%20e%20Artigos>. Acessado em: 06 de agosto de 2014.

MERCANTE, F. M.; OTSUBO, A. A.; LAMAS, F. M. Inoculação de *Rhizobium tropici* e aplicação de adubo nitrogenado na cultura do feijoeiro. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DE SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 27.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 11.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 9.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 6., 2006, Dourados. **Anais...** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. 1 CD-ROM. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 82).

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E DO ABASTECIMENTO: **Perfil do feijão no Brasil**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/feijao/saiba-mais>. Acessado em: 17 de julho de 2014.

NASCIMENTO, T.Z.; PEREIRA, R.O.L.; DE MELLO, H.L.D.; COSTA, J. Metemoglobinemia: do diagnóstico ao tratamento. **Revista Brasileira de Anestesiologia**, Campinas, v.58, n.6, p.651-664, 2008.

OENEMA, O.; BOERS, P.C.M.; VAN EERDT, M.M.; FRATERS, B.; VAN DER MEER, H.G.; ROEST, C.W.J.; SCHRÖDER, J.J.; WILLEMS, W.J. Leaching of nitrate from agriculture to groundwater: the effect of policies and measures in the Netherlands. **Environmental Pollution**, [S.l.], v.102, p.471-478, 1998.

PARRA, M.S. Feijão. In: OLIVEIRA, E.D. (Coord.). **Sugestão de Adubação e Calagem para Culturas de Interesse Econômico no Estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, ago. 2003, p.17-18.

PELEGRIN, R.; MERCANTE, F.M.; OTSUBO, I.M.N.; OTSUBO, A.A. Resposta da cultura do feijoeiro à adubação nitrogenada e à inoculação com rizóbio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, p.219-226, 2009.

RIBAUDO, C.M.; KRUMPHOLZ, E.M.; CASSÁN, F.D.; BOTTINI, R.; CANTORE, M.L.; CURÁ, J.A. *Azospirillum* sp. Promotes Root Hair Development in Tomato Plants through a Mechanism that Involves Ethylene. **Journal of Plant Growth Regulation**, [S.l.], v.25, n.2, p.175-185, 2006.

RICHETTI, A.; MELO, C.L.P.; SOUZA, J.P.B. **Viabilidade econômica da cultura do feijão comum, safra 2012, em Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa Arroz e Feijão, 2011. p.9. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado Técnico, 173).

ROSOLEM, C.A.; MARUBAYASHI, O.M. Seja o doutor de seu feijoeiro. **Informações Agrônômica**. n.68, Piracicaba: Potafós, 1994. p.18.

SALVADOR, C. A. **Feijão: Análise da Conjuntura Agropecuária**. Curitiba: Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento, v. 1, n. 1, p.18, 2012.

VERONEZI, S.D.F.; COSTA, M.R.; SILVA, A.T.; MERCANTE, F.M. Co-inoculação de rizóbio e *Azospirillum brasilense* em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). In: Seminário de Agroecologia de Matogrosso do Sul, 4. 2012, Dourados. **Cadernos de Agroecologia**. Dourados: UEMS, 2012. v.7, n.2, p.1-5. Disponível em: '<http://www.aba-agroecologia.org.br/revistas/index.php/cad/article/download/13081/8688>'. Acessado em: 05 de agosto de 2014.

ZHU, J.G.; HAN, Y.; LIU, G.; ZHANG, Y.L.; SHAO, X.H. Nitrogen in percolation water in paddy fields with a rice/wheat rotation. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, [S.l.], v.57, p.75-82, 2000.