

Inoculante e modos de aplicação de cobalto e molibdênio na cultura do feijão

Gilmar Kraieski¹ e Luiz Antônio Zanão Júnior²

Resumo: A produtividade média da cultura do feijão no Brasil é relativamente baixa. São necessárias pesquisas para aumentar a produtividade voltadas para a nutrição da cultura. O presente trabalho tem como objetivo avaliar o efeito da inoculação das sementes com *Bradyrhizobium japonicum*, formas de aplicação de cobalto e molibdênio e da combinação destas práticas na cultura do feijoeiro (IPR Curió), no Oeste do Paraná. O experimento foi conduzido em Vera Cruz do Oeste - PR, em propriedade particular. O delineamento foi em blocos casualizados, com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos avaliados foram: T1 = aplicação de cobalto e molibdênio via foliar, T2 = aplicação de cobalto e molibdênio via tratamento de sementes, T3 = aplicação de cobalto e molibdênio via foliar + inoculação das sementes, T4 = aplicação de cobalto e molibdênio por tratamento de sementes + inoculação das sementes e T5 = testemunha. Foram avaliados números de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de cem grãos e produtividade. A aplicação de Co e Mo via foliar ou no tratamento de sementes promoveram aumento de produtividade na cultura do feijoeiro.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*; *Bradyrhizobium japonicum*; fixação biológica de nitrogênio.

Inoculant and modes of application of cobalt and molybdenum in bean culture

Abstract: The average productivity of the bean crop in Brazil is relatively low. Research is needed to increase productivity for the nutrition of culture. The present work aims to evaluate the effect of seed inoculation with *Bradyrhizobium japonicum*, cobalt and molybdenum application forms and the combination of these practices on common bean (IPR Curió), in western Paraná. The experiment was conducted in Vera Cruz do Oeste - PR, in private property. The experimental design was a randomized block design with five treatments and four replications. The treatments evaluated were: T1 = application of cobalt and molybdenum via leaf, T2 = application of cobalt and molybdenum by treatment of seeds, T3 = application of cobalt and molybdenum via foliar + inoculation of seeds, T4 = application of cobalt and molybdenum by treatment of seed + inoculation of the seeds and T5 = control. Numbers of pods per plant, number of grains per pod, mass of one hundred grains and productivity were evaluated. The application of Co and Mo via foliar or seed treatment promoted increased productivity in the bean crop.

Key words: *Phaseolus vulgaris*; *Bradyrhizobium japonicum*; biological nitrogen fixation.

¹Técnico Agropecuário e graduando do curso de Agronomia do Centro Universitário - FAG. gilmar_agrovet@hotmail.com

²Engenheiro Agrônomo. Doutor em Solos e Nutrição de Plantas (UFV), Professor do Curso de Agronomia do Centro Universitário Assis Gurgacz - FAG. lazan10@hotmail.com

Introdução

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L) é uma espécie vegetal que tem por natureza a capacidade de realizar simbiose com bactérias formadoras de nódulos nas raízes das plantas chamadas de rizóbios. Essa simbiose resulta na fixação biológica de nitrogênio atmosférico (FBN) para as leguminosas como o feijoeiro. Essa FBN pode reduzir o custo com fertilização nitrogenada da cultura.

As leguminosas fazem parte da alimentação humana há 10 mil anos, sendo que o milho e feijão foram juntos as alimentações básicas dos povos antigos americanos. Ainda hoje, tradicionalmente com o arroz o feijão se compõe alimentação base do brasileiro (SEAB, 2016). Não está evidente a localização de origem do feijoeiro. Ainda cresce o número de feijões selvagens desde o Norte do México até o Norte da Argentina (FREITAS, 2006).

A cultura do feijão é cultivada em três períodos: safra das águas ou primeira safra, safra da seca ou segunda safra e safra de inverno ou terceira safra (SILVA; WANDER, 2013). Segundo SEAB (2016) o Paraná destacou-se com 23,4 % da produção nacional de feijão na safra 2015/16, sendo a região Sul do país responsável por 33% da produção nacional.

O nitrogênio (N) é o nutriente mais acumulado pela cultura do feijão. Cada tonelada de grãos produzidos exporta quase 30 kg desse nutriente (ZANÃO JÚNIOR *et al.*, 2012). O nitrogênio estimula o desenvolvimento vegetativo da planta, possibilitando assim que a mesma expresse todo seu potencial produtivo, se adequadamente nutrida.

Basicamente existem três fontes de N para a cultura do feijoeiro: solo, fertilizantes e fixação biológica do N atmosférico (FBN). Geralmente a FBN não supre as exigências do feijão, quando se desejam elevadas produtividades de grãos, sendo necessária complementação com fertilizantes nitrogenados. A eficiência da simbiose é muito variável, sendo de 2 a 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio (ANDRADE, 2000).

Segundo Embrapa (2017) FBN é um processo natural ocorrido na associação entre plantas e bactérias diazotróficas. O principal produto resultante é a captação de nitrogênio atmosférico, esse nutriente é essencial para o crescimento e o desenvolvimento vegetal. O nutriente é captado do ar e fixado pelas bactérias. Nas raízes as bactérias nodulíferas tem geralmente alta especificidade para cada espécie vegetal, a exemplo da simbiose entre plantas leguminosas e bactérias diazotróficas conhecidas como *Rizhobium*.

Em relação à FBN, o feijão tem a capacidade de ser inoculado por várias espécies do gênero *Rizhobium*, porém não é necessário o uso de inoculantes com estirpes específicas para essa cultura, sendo utilizado, e com bons resultados, inoculantes próprios da cultura da soja.

Estudos comprovaram que estirpes como a SEMIA 587, da soja, apresentaram resultados semelhantes a estirpes do próprio feijão como *Rizhobium tropici* (ZILLI *et al.*, 2011).

Alguns fatores podem interferir no processo de FBN no feijão, como por exemplo, estirpes utilizadas, condições fisiológicas do feijoeiro, pH do solo, teor de P do solo, umidade, matéria orgânica, adubação nitrogenada, temperatura e condições em que ocorre o processo de inoculação das sementes, além de molibdênio e cobalto (Mo e Co) (STRALIOTTO; TEXEIRA; MARCANTE, 2003).

Para que a cultura do feijão possa aproveitar melhor a fixação de nitrogênio atmosférico, alguns elementos como o micronutriente molibdênio e o elemento benéfico cobalto, são importantes. O uso desses elementos na cultura é importante para proporcionar bons resultados (TORRES *et al.*, 2014).

O molibdênio (Mo) é um micronutriente e atua direto na simbiose e fixação de nitrogênio atmosférico, sendo essencial para enzimas de nitrogenase e redutase, devido a isso, seu sintoma de deficiência é semelhante ao sintoma de falta de nitrogênio (BERGER; VIEIRA; ARAÚJO, 1996). Segundo Vieira (1998), o cobalto (Co) está intimamente ligado ao processo de FBN, por ser essencial aos microrganismos fixadores de N. Ele ocorre nos nódulos na forma da co-enzima cobalamina (vitamina B12 e seus derivados), que é necessária à síntese de leghemoglobina (KIRKBY; ROMHELD, 2007).

Conforme verificado por Graf (2016), as principais formas de aplicação de cobalto e molibdênio na cultura do feijoeiro são por tratamento de sementes e via foliar. No caso da aplicação foliar, os melhores resultados foram obtidos quando ela foi realizada no estágio fenológico V3.

No caso do feijoeiro, a CTSBF (2012), recomenda, em solos com baixos teores de molibdênio, principalmente em decorrência de pH do solo muito baixo e reduzidos teores de argila e matéria orgânica, a aplicação de molibdênio via foliar, em doses de 80 a 90 g ha⁻¹ de molibdênio, na forma de molibdato de amônio, aplicado entre os estádios V3 e V4. Segundo Ferreira, Andrade e Araújo (2004), alguns produtores têm seguido a orientação da assistência técnica e utilizado cobalto no cultivo de feijoeiro, aplicando-o junto às sementes ou por via foliar. No Paraná, poucos estudos foram realizados com a aplicação de cobalto e molibdênio em feijoeiro.

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da inoculação das sementes e formas de aplicação de Co e Mo na cultura do feijoeiro no Oeste do Paraná.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado em propriedade rural, situada em Vera Cruz do Oeste - PR, com latitude -25° 03' 28" e longitude -53° 52' 37". A altitude média é de 650 m e o clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa (precipitação abundante e bem distribuída ao longo de todo o ano). Considerado clima temperado chuvoso, sem a ocorrência de estação seca, com temperatura média no verão, superior a 22 °C e média no inverno inferior a 18 °C, (AYOADE, 2010). Segundo Caviglione *et al.* (2000), a precipitação média anual da região varia de 1600 a 2000 mm. A classe de solo que mais predomina é o Latossolo Vermelho Distroférrico.

Foram avaliados cinco tratamentos, sendo T1 = aplicação de cobalto e molibdênio via foliar, T2 = aplicação de cobalto e molibdênio via tratamento de sementes, T3 = aplicação de cobalto e molibdênio via foliar + inoculação das sementes, T4 = aplicação de cobalto e molibdênio em tratamento de sementes + inoculação das sementes e T5 = testemunha. O delineamento adotado foi em blocos casualizados, com quatro repetições.

No local do experimento, havia uma área de pastagem onde era cultivada a pastagem tifton 85, do gênero *cynodon*, destinada à atividade leiteira. O solo foi revolvido e houve dessecação do local para a semeadura do feijão.

A implantação do experimento foi iniciada com a semeadura do feijão, cultivar IPR Curió, no dia 13/01/2018.

A demarcação das linhas foi realizada com o auxílio de um marcador manual com distância de 0,45 m entre linhas, com aplicação de fertilizante NPK 02-20-18 à lanço, na dose de 250 kg ha⁻¹. A semeadura, no entanto foi realizada manualmente por causa da particularidade dos tratamentos que foram aplicados nas sementes. Foram semeadas 12 sementes por metro linear, com o auxílio de uma máquina semeadora manual.

Os tratos culturais foram realizados de acordo com as necessidades da cultura. O controle de ervas daninha foram totalmente por catação e capina com enxada. Para o controle de insetos foi utilizado pulverizador costal, sendo necessária toda semana uma aplicação de inseticida (imidacloprid e connect) para o controle de vaquinhas e mosca branca, até o fim do estágio vegetativo.

As parcelas experimentais foram compreendidas por seis linhas de 4 m de comprimento e espaçamento de 0,45 m. Como área útil, onde foram consideradas as quatro linhas centrais e os 2 m centrais das linhas.

Após o tratamento das sementes, nos tratamentos em que o cobalto e molibdênio foram aplicados via sementes, foram tratadas com fertilizante fonte de Co (1 %) e Mo (12 %) na dose de 4 mL kg⁻¹ de sementes. Nos tratamentos que houve inoculação, as sementes foram inoculadas com estirpes selecionadas de *Bradyrhizobium japonicum* (200 g para cada 50 kg de semente de feijão) instantes antes da semeadura. Foi usado o inoculante, sólido turfoso com estirpes SEMIA 5079 e SEMIA 5080 e concentração de 5 x 10⁹ ufc.

Nos tratamentos em que houve aplicação de Co e Mo via foliar, as mesmas foram feitas com auxílio de um pulverizador costal de 20 L na dosagem de 250 mL ha⁻¹, no estágio fenológico V3, após as 17 h, devido a temperatura e sol quente.

Durante todo o ciclo da cultura na área experimental, a pluviosidade total foi de 343 mm, com média de 4,9 mm por dia. Esta média é considerada boa para a cultura do feijão.

A colheita foi realizada dia 24 de março de 2018, completando-se 70 dias de ciclo da cultura, realizada a colheita manual.

Foi contado o número de vagens por planta e o número de grãos por vagem ainda na lavoura antes da colheita. Foram avaliadas 10 plantas por área útil para obtenção da média de cada parcela.

A massa de cem grãos foi determinada em balança digital de precisão de 0,01 g, com teor de água dos grãos corrigido para 13 % (base úmida), sendo realizadas em três repetições por unidade experimental e a produtividade de grãos, determinada na área útil de cada parcela, transformados em kg ha⁻¹.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa Assistat.

Resultados e Discussão

O número de vagens por planta não foi influenciado pelos tratamentos avaliados e as plantas produziram em média 20,7 vagens por planta (Tabela 1). Müller e Zanão Júnior (2015) verificaram que o IPR Curió produziu 16,12 vagens por planta, em média, em experimento conduzido em Santa Tereza do Oeste (PR). Nogueira et al. (2017) verificaram que a mesma cultivar produziu em média 14,2 vagens, em Londrina (PR). Esses autores afirmam que o número de vagens produzidas por planta, número de grãos por vagem e massa de sementes são características influenciadas pelo nível tecnológico adotado pelo agricultor e das condições edafoclimáticas locais durante a safra.

Tabela 1. Vagens por planta (VPP), grãos por vagem (GPV), massa de cem grãos e produtividade de feijoeiro IPR Curió em função da inoculação das sementes com *Bradyrhizobium japonicum*, juntamente com cobalto e molibdênio em diferentes formas de aplicações. Vera Cruz do Oeste - PR, 2018.

Tratamento	VPP	GPV	Massa de cem grãos ----- g -----	Produtividade ----- kg ha ⁻¹ -----
Testemunha	20,18 a	3,18 a	12,66 c	2112,15 b
Co e Mo S + I	20,13 a	3,20 a	15,16 b	2783,40 a
Co e Mo F + I	22,35 a	3,35 a	15,92 a	3166,65 a
Co e Mo S	19,93 a	3,95 a	14,41 b	2958,45 a
Co e Mo F	20,77 a	4,28 a	13,50 c	3252,90 a
CV%	9,3	14,4	4,5	12,9

*Médias seguidas de distintas nas colunas diferem entre si pelo Teste de Tukey (P<0,05). *Co e Mo S = Cobalto e molibdênio via tratamento de semente; I = inoculante. *Co e Mo F = Cobalto e molibdênio via foliar. CV% = Coeficiente de variação.

O número de grãos por vagem não diferenciou entre os tratamentos, com média de 3,6 grãos por vagem (Tabela 1). Müller e Zanão Júnior (2015) também verificaram que o IPR Curió produziu essa mesma quantidade de grãos por vagem em experimento conduzido em Santa Tereza do Oeste (PR).

A massa de cem grãos diferiu entre os tratamentos, sendo maior quando o Co e o Mo foram aplicado via foliar com inoculação (15,92 g) e menor no tratamento testemunha (12,66 g) e no tratamento em que foram aplicados via foliar, sem inoculação (13,50 g). A diferença entre o melhor resultado e a testemunha foi de 4,16 g (Tabela 1).

Para a produtividade de grãos, a testemunha, sem inoculação ou Co e Mo, apresentou resultados inferiores em relação aos demais tratamentos com uma média de 2112,15 kg ha⁻¹. A média dos outros tratamentos foi de uma produtividade de 3040,4 kg ha⁻¹, o que representa uma diferença de quase 930 kg ha⁻¹ de grãos produzidos a mais (Tabela 1).

Em experimento realizado em Viçosa-MG, a aplicação de molibdênio via foliar na cultura do feijão entre o 14º dia e 28º dia após germinação proporcionou maior produtividade de grãos (BERGER; VIEIRA; ARAÚJO, 1996). Correa *et al.* (1990) verificaram que os melhores resultados em termos de produtividade, massa de cem grãos e número de vagens por planta na cultura do feijão, cultivar Carioca, foram obtidos com a aplicação em conjunto entre cobalto e molibdênio. Defendem ainda que o uso de inoculante juntamente com o molibdênio proporcionou resultados benéficos para todos os parâmetros avaliados em seu trabalho.

Poucos estudos avaliaram a aplicação isolada de cobalto via foliar, e a maioria sem resultados significativos devido a sua baixa translocação na planta. No entanto, segundo

EMBRAPA (2017), quando aplicado em conjunto com molibdênio, eles promovem aumento na fixação biológica de nitrogênio e na produtividade

Pela análise dos resultados, os maiores efeitos se devem ao Mo e ao Co, uma vez que os tratamentos em que foi realizada a inoculação juntamente com a aplicação de Mo e Co não diferiram entre os em que ocorreu somente a aplicação desses dois elementos. A menor disponibilidade de Mo ocorre em pH ácido, o que pode ter justificado os resultados.

Conclusão

A aplicação de Co e Mo via foliar ou no tratamento de sementes juntamente com inoculante *Bradyrhizobium japonicum* promoveram aumento de produtividade na cultura do feijoeiro.

Referências

- ANDRADE, D. S. Rizóbio e inoculação. In: **Feijão Tecnologia de Produção**, Londrina: IAPAR, 2000. p. 37-48.
- BERGER, P. G.; VIEIRA, C.; ARAUJO, G. A.; Efeitos de doses e épocas de aplicação do molibdênio sobre a cultura do feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.31, n.6, p.473-480, 1996.
- AYOADE J. O. **Introdução à climatologia para Pesquisa Agropecuária Brasileira, os trópicos**. 8ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. 332 p.
- CAVIGLIONE J. H; KIIHL L. R. B; CARAMORI, P. H; OLIVEIRA D. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina : IAPAR, 2000. CD-ROM.
- CORRÊA, J. R. V.; JUNQUEIRA-NETO, A.; REZENDE, P. M.; ANDRADE, L. A. B. Efeito de *rizhobium*, molibdênio e cobalto sobre o feijoeiro comum cv. Carioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.25, n.4, p.513-519, 1990.
- COMISSÃO TÉCNICA SUL-BRASILEIRA DE FEIJÃO. **Informações técnicas para o cultivo de feijão na Região Sul brasileira**. 2.ed. Florianópolis: Epagri, 2012. 157p.
- EMBRAPA. **Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN)**. Soluções Tecnológicas. 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/1495/fixacao-biologica-de-nitrogenio-fbn>>. Acesso em: 20.jan.2018.
- FERREIRA, A. C. B; ANDRADE M. J. B; ARAÚJO, G. A. A. Nutrição e adubação do feijoeiro. **Informe Agropecuário**, v.25, n.223, p.61-72, 2004.

FREITAS, F.O. Evidências genético-arqueológicas sobre a origem do feijão comum no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.1199-1203, 2006.

GRAF, A. L.; KOVALSKI, E. R.; LAJUS, C. R.; SORDI, A.; CERICATO, A.; LUZ, G. L. Aspectos agronômicos qualitativos e quantitativos da cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em relação às adubações via semente e foliares, em casa de vegetação. **Unoesc & Ciência - ACET Joaçaba**, v.7, n.1, p.7-14, 2016.

KIRKBY, E.A.; RÖMHELD, V. **Micronutrientes na fisiologia de plantas: Funções, absorção e mobilidade**. Piracicaba, INPI, 2007. 24p. (Encarte de Informações Agronômicas, 118).

MULLER, F.; ZANÃO JÚNIOR, L. A. Produtividade de cultivares de feijoeiro em função da época de aplicação da adubação nitrogenada de cobertura em sistema de plantio direto. **Acta Iguazu**, v.4, n.2, p.45-57, 2015.

NOGUEIRA, A. F. et al. Efeito de épocas de semeadura no rendimento de grãos e seus componentes em cultivares de feijão. **Journal of Agronomic Sciences**, v.6, n.2, p.61-70, 2017.

SEAB - Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento, **Feijão - Análise da Conjuntura Agropecuária** 2016. Disponível em: < http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/2017/Feijao_2016_17.pdf>. Acesso em: 25. Ago. 2017.

SILVA O. F; WANDER A. E. **O feijão-comum no brasil passado, presente e futuro**. 2013. Santo Antônio de Goiás-GO: Embrapa Arroz e Feijão, 2013. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 287).

STRALIOTTO, R.; TEIXEIRA, M. G.; MERCANTE, F. M. Fixação biológica de nitrogênio. In: AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F. **Produção de feijoeiro comum em várzeas tropicais**. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p.122-153.

TORRES, H. R. M.; SANTOS NETO, A. R.; RIBEIRO, P. R. C. C; RIBEIRO J. J. Produtividade do feijão *Phaseolus vulgaris* L. com aplicações crescentes de molibdênio associadas ao cobalto via foliar. **Enciclopédia Biosfera**, v.10, n.18, p.2468-2481, 2014.

VIEIRA C. Adubação mineral e calagem. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. **Feijão: aspectos gerais e cultura no estado de Minas Gerais**. Viçosa: UFV, 1998, p. 41-42.

ZANÃO JÚNIOR L. A; DALCHIAVON F; FAVARO M. T. O; SANTOS C. Eficiência agronômica de um fertilizante mineral com micronutrientes incorporados nos grânulos na cultura do feijão. In: FERTBIO, Maceio, 2012. **Anais...** Maceió, AL, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2012. CD-ROM.

ZILLI, J. E.; SILVA NETO, M. L. S.; FRANÇA JÚNIOR, I.; PERIM, L.; MELO, A. R. Resposta do feijão-caupi à inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium* recomendadas para a soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n.3, p.739-742, 2011.