

Pré-inoculação de sementes de *Vigna unguiculata* (L) Walp. com inoculante polimérico no Centro-Oeste

Pre-inoculation of seed the Vigna unguiculata (L) Walp. with inoculant polymeric in the Midwest

Elson Barbosa da Silva Júnior^{1,2*}, Suzinei Silva Oliveira³, Lindete Vieira Mirian Martins⁴, Paulo Jansen de Oliveira⁵, Jerri Edson Zilli⁶, Robert Michael Boddey⁶, Gustavo Ribeiro Xavier⁶

¹Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, RJ, Brasil

²Instituição de Ensino Superior Capixaba - MULTIVIX, Rua Jacobina 165, CEP 29830-000, Nova Venécia, ES, Brasil

³Embrapa Agrossilvipastoril, Sinop, MT, Brasil

⁴Departamento de Tecnologia e Ciência Sociais, Universidade do Estado da Bahia (UNEB), Juazeiro, BA, Brasil

⁵Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, RJ, Brasil

⁶Embrapa Agrobiologia, Seropédica, RJ, Brasil

*autor correspondente

✉ elsonlica@yahoo.com.br

RESUMO: A cultura do feijão-caupi normalmente cultivada nas regiões Norte e Nordeste do Brasil vem ganhando espaço na região Centro-Oeste, com essa expansão tem exigido o avanço em novas tecnologias de produção. Com isso o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da pré-inoculação de sementes de feijão-caupi com inoculante polimérico em comparação com inoculante turfoso. Desta forma o ensaio foi realizado em Sinop- MT na safra 2010/2011, na área experimental da Embrapa Agrossilvipastoril, comparando sementes pré-inoculadas com inoculante turfoso e polimérico com 0, 7, 14 e 35 dias, mais o controle positivo com 70 kg N ha⁻¹ e controle absoluto. Não houve diferença significativa na nodulação entre os tratamentos pré-inoculados com polímero ou turfa até 14 dias, mas com 35 dias, a nodulação usando o veículo polimérico é superior à turfa proporcionando, também, a maior massa seca de nódulos e a segunda maior produtividade em valores absolutos 1549,8 kg ha⁻¹.

PALAVRAS-CHAVE: Prática agrícola, rizóbios, *Vigna unguiculata*.

ABSTRACT: The culture of cowpea usually cultivated in the North and Northeast regions Brazil is becoming space in the Midwest region, with this expansion has required the advancement in new production technologies. With that objective of this study was to evaluate the effect of pre-inoculation of seed of cowpea with polymeric inoculant compared to peat inoculant. This way the essay was performed in Sinop- MT in the 2010/2011 crop, the experimental area of Embrapa Agrossilvipastoril, comparing seed pre-inoculated with peat inoculant and polymeric 0, 7, 14 and 35 days, plus fertilization treatment with 70 kg N ha⁻¹ and absolute. There was no significant difference in nodulation between pre-inoculated treatments with polymer or peat up to 14 days, plus to the 35 days nodulation using the polymeric carrier was superior to peat, providing also greater nodule dry weight and the second highest productivity in values absolute 1549.8 kg ha⁻¹.

KEYWORDS: Agricultural practice, rhizobia, *Vigna unguiculata*.

Os estudos visando formulação e formas de aplicação de inoculantes têm como finalidade aumentar a eficiência e facilitar a prática da inoculação (DEAKER; ROUGHLEY; KENNEDY, 2004; DEAKER; HARTLEY; GEMELL, 2012; VIEIRA NETO et al., 2008; FERNANDES JÚNIOR et al., 2009; ZILLI et al., 2010), o qual em feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) é mais difundida entre agricultores tecnificados. Estes estão concentrados na região Centro-Oeste do Brasil, entretanto o feijão-caupi é mais difundido nas regiões Nordeste e Norte do país.

O método tradicional de inoculação de sementes preconiza a semeadura no máximo 24 horas após a aplicação das bactérias nas sementes. Por outro lado, nos últimos anos produtos (FERNANDES JÚNIOR et al., 2009; RIVERA et al., 2014) e práticas (VIEIRA NETO et al., 2008; ZILLI et al., 2010) de inoculação que permitam a inoculação que antecedam este período de 24 horas (pré-inoculação) têm surgido e visam dar agilidade à semeadura no campo. A prática aumentaria o prazo entre a inoculação e o plantio, beneficiando a agricultura empresarial, que necessita de vários dias de plantio em virtude da extensão da área e garantiria a possibilidade de pequenos agricultores de adquirirem sementes já inoculadas.

A prática de pré-inoculação é uma tecnologia que tem se mostrado viável para a cultura da soja, a qual depende da obtenção de materiais de revestimento de sementes e/ou veículos inoculantes que garantam a sobrevivência das estirpes rizobianas nas sementes (DEAKER et al., 2012; FERNANDES JÚNIOR et al., 2012). O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da pré-inoculação de sementes de feijão-caupi com inoculante polimérico em comparação com inoculante turfoso.

O experimento foi realizado em Sinop- MT, na safra 2010/2011, na área experimental da Embrapa Agrossilvipastoril, em um Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico (SANTOS et al., 2006), em altitude de 368m (coordenadas geográficas 11° 51' 29" S e 55° 36' 1,6" W) e precipitação pluvial registrada no período do experimento 250, 390 e 410 mm nos respectivos meses de condução do experimento dezembro, janeiro e fevereiro. A análise de fertilidade do solo antes do plantio foi realizada conforme Claessen (1997) na profundidade de 0 a 20 cm, com as seguintes características: pH, 5,2; alumínio trocável, 0,17 cmolc dm⁻³; K, 72 cmolc dm⁻³; Ca, 1,88 cmolc dm⁻³; Mg, 0,40 cmolc dm⁻³; matéria orgânica, 34,9 g kg⁻¹; P, 6,71 mg dm⁻³ e N, 2,1 g kg⁻¹.

Os inoculantes utilizados neste experimento foram produzidos em veículo turfoso e em veículo polimérico IPC 2.2 (FERNANDES JÚNIOR et al., 2009; SILVA JÚNIOR et al., 2012). Para ambos os inoculantes foi utilizada a estirpe de *Bradyrhizobium* sp. BR3267 (MARTINS et al., 2003) e realizados o controle de qualidade, concentração mínima de 10⁹ UFC g⁻¹ de inoculante e não apresentando contaminantes até a diluição de 10⁻⁵ (BRASIL, 2011).

Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições. As parcelas experimentais (4x6 m) consistiram de oito linhas de 6 m, espaçadas de 0,5 m na entrelinha e distanciadas de 1,5 m entre parcelas. A semeadura foi realizada no sistema de plantio direto, com as sementes de feijão-caupi (BRS Guariba), com uma densidade de 200.000 plantas por hectare. O experimento foi constituído de dez tratamentos, sendo a inoculação com inoculante polimérico IPC 2.2 e inoculante turfoso no dia da semeadura 7, 14 e 35 dias antes do plantio, além de um controle sem inoculante e sem nitrogênio- N (controle absoluto) e controle sem inoculação e com N na dose de 70 kg ha⁻¹ (controle positivo). A inoculação em todos os tratamentos foi executada com a mesma densidade de células rizobianas (1,33×10⁶ UFC por semente). As sementes pré-inoculadas foram armazenadas em temperatura ambiente, em laboratório (24 ± 3°C) até a data da semeadura. A adubação nitrogenada, na forma de uréia, foi realizada no plantio e 24 dias

após a emergência das plantas- DAE (período que coincide com o início da floração), na proporção de ¼ do total de N na primeira aplicação e o restante na segunda.

As variáveis analisadas foram: massa de matéria seca dos nódulos (mg planta⁻¹), matéria seca da parte aérea (g planta⁻¹), N acumulado na parte aérea aos 32 DAE com média de cinco plantas; N acumulado nos grãos e produtividade de grãos secos (13% de umidade) aos 73 DAE baseada na amostragem da área útil (8 m²) de cada parcela, tendo-se considerado as quatro fileiras centrais. A massa de matéria seca de nódulos e da parte aérea foi determinada após secagem em estufa de circulação de ar forçado a 65 °C e pesadas em balança de precisão até atingirem peso constante. Calculou-se, também, os teores de nitrogênio total na parte aérea e no grão pelo método Kjeldahl (LIAO, 1981). Sendo o acúmulo de nitrogênio na parte aérea (ANPA = matéria seca da parte aérea x % N na parte aérea/100) e acúmulo de nitrogênio nos grãos- ANG (kg ha⁻¹), sendo (ANG = produtividade x % N no grão/100).

Os dados foram analisados por meio do programa Sisvar v. 4.5 (FERREIRA, 2008), sendo realizada a análise de regressão e variância em fatorial, com desdobramento do veículo dentro de cada tempo e comparação das médias pelo teste T de Student (LSD) ao nível de probabilidade de 0,05.

Na média geral a nodulação das plantas inoculadas, independentemente do veículo, foram superiores ao controle absoluto e ao controle positivo (nitrogenado), mostrando o benefício da inoculação (Tabela 1), ao passo que o controle positivo proporcionou a maior massa da parte aérea e o maior acúmulo de nitrogênio na mesma. Quanto à produtividade e ao nitrogênio acumulado nos grãos, na média geral, os tratamentos inoculados com turfa ou polímero, foram similares ao controle positivo que, por sua vez, foram superiores ao controle absoluto, corroborando com Zilli et al. (2008) e Zilli, Campo e Hungria (2010), os quais obtiveram respectivamente com a inoculação em cobertura e com antecedência de cinco dias ao plantio (pré-semeadura) rendimento de grãos e nitrogênio acumulado superiores ao controle absoluto.

As curvas de regressão ao longo do tempo não foram significativas para a produtividade em ambos os veículos e para o veículo turfoso também na variável nitrogênio acumulado nos grãos (Tabela 1). Porém, o rendimento de grãos com a pré-inoculação nos dois veículos foi similar à inoculação padrão e ao controle positivo, que foram superiores ao controle absoluto (Tabela 2). Entretanto, a nodulação respondeu de forma linear à pré-inoculação com o veículo polimérico (Tabela 1), indicando manutenção da nodulação com passar dos dias após a inoculação. Fato este observado nos dados de Zilli, Campo e Hungria (2010), onde a nodulação da soja com inoculante turfoso, inoculada com antecedência de cinco dias ao plantio (pré-semeadura) proporcionou uma massa de nódulos similar à inoculação padrão.

A massa da parte aérea, o nitrogênio acumulado na parte aérea e nos grãos responderam de forma quadrática para a pré-inoculação com polímero, indicando uma queda com o tempo (Tabela 1). Assim como a pré-inoculação em veículo turfoso, onde a nodulação, a massa da parte aérea e o nitrogênio

Tabela 1. Resposta à inoculação em veículo polimérico e turfoso, referente à massa de nódulos e parte aérea seca (caule, ramos e folhas), nitrogênio total na parte aérea e nos grãos secos e produtividade de grãos de plantas de feijão-caupi (BRS Guariba).

FV (Veículo de Inoculação)	MS nódulos	MS parte aérea	N acumulado parte aérea	N acumulado grãos	Prod.
	-----32 DAE-----			-----74 DAE-----	
	(mg planta ⁻¹)	(g planta ⁻¹)	(mg planta ⁻¹)	----- (kg ha ⁻¹) -----	
Veículo Turfa	180,7a	3,6b	152cb	49a	1367a
Veículo Polímero	232,3a	3,6b	157b	55a	1477a
Controle absoluto	77,3b	3,0b	111c	39b	994b
Controle positivo	66,5b	4,9a	223a	57a	1506a
Equação de Regressão e Coeficiente de Determinação (Turfa)	quadrática R ² = 90,1**	quadrática R ² = 97,5*	quadrática R ² = 98,8*	R ² = 64,8 ^{ns}	R ² = 99,4 ^{ns}
Equação de Regressão e Coeficiente de Determinação (Polímero)	linear R ² = 93,6**	quadrática R ² = 99,9*	quadrática R ² = 99,5**	quadrática R ² = 94,4**	R ² = 94,5 ^{ns}
¹ CV%	9,36	19,06	4,81	3,84	2,11

Letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de T de Student (LSD), a 5% de probabilidade. MS= massa seca; DAE= Dias após a emergência. Sementes inoculadas com inoculante polimérico e turfoso. ¹Dados transformados com log x. *significativo a 5%; **significativo a 15%; ns= não significativo.

Tabela 2. Desdobramento do veículo de inoculação dentro de cada tempo e do tempo independentemente do veículo, comparando aos controles, referente à massa de nódulos e parte aérea seca (caule, ramos e folhas), nitrogênio total na parte aérea e nos grãos secos e produtividade de grãos de plantas de feijão-caupi (BRS Guariba).

FV (Tempo de Inoculação)	Dia do plantio		7 dias		14 dias		35 dias		Controle Absoluto	Controle Positivo
	Polímero	Turfa	Polímero	Turfa	Polímero	Turfa	Polímero	Turfa		
MS nódulos (mg planta ⁻¹)	209aA	125aBC	219aA	164aAB	184aA	242aA	317aA	192bAB	77 (¹ B/ ² C)	66 (¹ B/ ² C)
Veículo x Tempo	167a		191a		213a		254a		77b	66b
MS parte aérea (g planta ⁻¹)	3,4aB	2,8aB	3,9aAB	3,7aAB	3,6aB	4,6aA	3,6aB	3,4aB	3,0 (¹ B/ ² B)	4,9 (¹ A/ ² A)
Veículo x Tempo	3,1cb		3,8cb		4,1ba		3,5cb		3,0c	4,9a
N acumulado parte aérea (mg planta ⁻¹)	158aB	119aC	167aB	159aBC	143aBC	193aAB	158aB	136aC	111 (¹ C/ ² C)	223 (¹ A/ ² A)
Veículo x Tempo	138cb		163b		168b		147cb		111c	223a
N acumulado grãos (kg ha ⁻¹)	60aA	50aA	54aA	50aA	49aAB	49aA	57aA	49aA	39b (¹ B/ ² B)	57a (¹ A/ ² A)
Veículo x Tempo	55a		52a		49a		53a		39b	57a
Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹)	1585aA	1406aA	1469aA	1386aA	1365aA	1307aA	1549aA	1311aA	994b (¹ B/ ² B)	1506a (¹ A/ ² A)
Veículo x Tempo	1496a		1427a		1336a		1430a		994b	1506a

Letras minúsculas dentro de cada tempo e letras maiúsculas (¹Polímero comparado a os controles e ²Turfa comparado a os controles) iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de T de Student (LSD), a 5% de probabilidade. MS= massa seca. Sementes inoculadas no dia do plantio, pré-inoculadas com 7, 14 e 35 dias com inoculante polimérico e turfoso. Armazenadas em temperatura ambiente (24 ± 3°C).

acumulado nos grãos também responderam de forma quadrática (Tabela 1).

Por outro lado, constatou-se que não houve diferença significativa entre os veículos, tanto na inoculação padrão quanto nos tratamentos pré-inoculados para as variáveis massa seca da parte aérea, o nitrogênio acumulado e produtividade (Tabela 2). Também não se observou diferença significativa na nodulação entre os tratamentos pré-inoculados com polímero ou turfa até 14 dias (Tabela 2), mas na pré-inoculação com 35 dias, a nodulação usando o veículo polimérico é superior à turfa, mostrando que o uso da turfa na prática da pré-inoculação

é limitado com o decorrer do tempo. Esta possibilidade da pré-inoculação com turfa já foi comprovada como uma prática por Zilli, Campo e Hungria (2010), que ao trabalharem com soja constataram que a inoculação realizada com inoculante turfoso com antecedência de cinco dias da semeadura proporcionou número e massa de nódulos estatisticamente igual à inoculação padrão e superior aos controles. Adicionalmente, na Tabela 2 verifica-se que a pré-inoculação com 7, 14 e 35 dias com o inoculante polimérico proporcionou uma nodulação similar à inoculação padrão e superior a os controles positivo e absoluto. Porém, este potencial não foi testado na presença de fungicidas,

que comumente são utilizados no tratamento de sementes e que podem afetar negativamente a sobrevivência dos rizóbios nas sementes com o tempo de armazenamento.

Quanto à produtividade (Tabela 2), os veículos não diferiam dentro de cada tempo de inoculação, mas para efeito de constatação de indícios, em termos absolutos a inoculação com o veículo polimérico tenha sido acima do turfoso, como já tinha sido observado por Silva Júnior et al. (2012) e Fernandes Júnior et al. (2012). A maior produtividade foi obtida com a inoculação padrão com veículo polimérico, com 1585 kg ha⁻¹, tendo também o maior acúmulo de N, com 60 kg N ha⁻¹ (Tabela 2), já o tratamento pré-inoculado aos 35 dias com polímero possibilitou um rendimento de grãos 1549 kg ha⁻¹, em valores absolutos superior ao controle positivo e à inoculação padrão com turfa, tendo acumulado 57 kg N ha⁻¹, equivalente ao controle positivo. Ao passo que a pré-inoculação com turfa aos 35 dias proporcionou um rendimento de grãos de 1311 kg ha⁻¹, tendo acumulado 49 kg N ha⁻¹, representando uma redução no rendimento de grãos de quase 100 kg ha⁻¹ quando comparado com a inoculação padrão com turfa.

A pré-inoculação de sementes de feijão-caupi com o inoculante polimérico mostrou-se viável, pois a prática não afetou negativamente a nodulação.

A pré-inoculação com o inoculante polimérico proporcionou uma produtividade superior ao controle absoluto e similar à inoculação padrão (inoculante turfoso) e ao tratamento nitrogenado.

Referências

- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 13, de 24 de março de 2011. Aprova as normas sobre especificações, garantias, registro, embalagem e rotulagem dos inoculantes destinados à agricultura, bem como as relações dos micro-organismos autorizados e recomendados para produção de inoculantes no Brasil. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 25 mar. 2011. Seção 1, v. 1, p. 3-7.
- CLAESSEN, M. E. C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997. 212 p. (Embrapa-CNPS. Documentos, 1).
- DEAKER, R.; HARTLEY, E.; GEMELL, G. Conditions affecting shelf-life of inoculated legume seed. **Agriculture**, Basel, v. 2, p. 38-51, 2012.
- DEAKER, R.; ROUGHLEY, R. J.; KENNEDY, I. R. Legume seed inoculation technology: a review. **Soil Biology & Biochemistry**, Elmsford, v. 36, p. 1275-1288, 2004.
- FERNANDES JÚNIOR, P. I. et al. Polymers as carriers for rhizobial inoculant formulations. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, p. 1184-1190, 2009.
- FERNANDES JÚNIOR, P. I. et al. Performance of polymer compositions as carrier to cowpea rhizobial inoculant formulations: Survival of rhizobia in pre-inoculated seeds and field efficiency. **African Journal of Biotechnology**, Nairobi, v. 11, n. 12, p. 2945-2951, 2012.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Recife, v. 6, p. 36-41, 2008.
- LIAO, C. F. H. Devarda's allow methods for total nitrogen determination. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 45, p. 852-855, 1981.
- MARTINS, L. M. V. et al. Contribution of biological nitrogen fixation to cowpea: a strategy for improving grain yield in the Semi-Arid Region of Brazil. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 38, p. 333-339, 2003.
- RIVERA, D. et al. Evaluation of polymers for the liquid rhizobial formulation and their influence in the *Rhizobium*-Cowpea interaction. **Universitas Scientiarum**, Bogotá, v. 19, n. 3, p. 265-275, 2014.
- SANTOS, H. G. et al. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- SILVA JÚNIOR, E. B. et al. Eficiência agrônômica de nova formulação de inoculante rizobiano para feijão-caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 1, p. 138-141, 2012.
- VIEIRA NETO, S. A. et al. Formas de aplicação de inoculante e seus efeitos sobre a nodulação da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 861-870, 2008.
- ZILLI, J. E. et al. Inoculação de *Bradyrhizobium* em soja por pulverização em cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 4, p. 541-544, 2008.
- ZILLI, J. E.; CAMPO, R. J.; HUNGRIA, M. Eficácia da inoculação de *Bradyrhizobium* em pré-semeadura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 2, p. 335-338, 2010.

Recebido: 14 jul. 2014
Aprovado: 20 maio 2016