

## Notas Científicas

# Eficiência agrônômica de nova formulação de inoculante rizobiano para feijão-caupi

Elson Barbosa da Silva Júnior<sup>(1)</sup>, Paulo Ivan Fernandes Júnior<sup>(2)</sup>, Paulo Jansen de Oliveira<sup>(3)</sup>, Norma Gouvêa Rumjanek<sup>(4)</sup>, Robert Michael Boddey<sup>(4)</sup> e Gustavo Ribeiro Xavier<sup>(4)</sup>

<sup>(1)</sup>Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, BR 465, Km 7, CEP 23890-000 Seropédica, RJ. E-mail: [elsonica@yahoo.com](mailto:elsonica@yahoo.com) <sup>(2)</sup>Embrapa Semiárido, BR 428, Km 152, CEP 56302-970 Petrolina, PE. E-mail: [paulo.ivan@cpatsa.embrapa.br](mailto:paulo.ivan@cpatsa.embrapa.br) <sup>(3)</sup>UFRRJ, Instituto de Tecnologia, Departamento de Engenharia Química. E-mail: [pjansen@ufrj.br](mailto:pjansen@ufrj.br) <sup>(4)</sup>Embrapa Agrobiologia, Rodovia BR 465, Km 7, CEP 23890-000 Seropédica, RJ. E-mail: [norma@cnpab.embrapa.br](mailto:norma@cnpab.embrapa.br); [bob@cnpab.embrapa.br](mailto:bob@cnpab.embrapa.br); [gustavo@cnpab.embrapa.br](mailto:gustavo@cnpab.embrapa.br).

**Resumo** – O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência agrônômica da formulação polimérica IPC 2.2 como veículo de inoculação para feijão-caupi. Foi avaliada a sobrevivência de células aos 180 dias de armazenamento. Em experimento de campo, comparou-se a formulação polimérica com a turfososa e a líquida e com adubação nitrogenada de 50 e 80 kg ha<sup>-1</sup> de N e um controle absoluto. A formulação IPC 2.2 manteve concentração de células superior a 10<sup>9</sup> g<sup>-1</sup> após 180 dias e, em campo, proporcionou produtividade de grãos superior à do controle absoluto e igual à dos tratamentos nitrogenados e veículos turfosos e líquido.

**Termos para indexação:** *Vigna unguiculata*, fixação biológica do nitrogênio, inoculação, polímeros, tecnologia de inoculantes.

## Agronomic efficiency of a new rhizobial inoculant formulation for use in cowpea

**Abstract** – The objective of this work was to evaluate the agronomic efficiency of the polymer formulation IPC 2.2 as a carrier for inoculation in cowpea. Cell survival at 180 days storage was evaluated. The polymer formulation was compared with peat and liquid carriers and with nitrogen rates of 50 and 80 kg ha<sup>-1</sup> N and absolute control, in a field experiment. The formulation IPC 2.2 kept a cell concentration higher than 10<sup>9</sup> g<sup>-1</sup>, after 180 days and, in the field experiment, it provided a yield higher than that of the treatment absolute and equal to those of the nitrogen treatments and to the peat and liquid carriers.

**Index terms:** *Vigna unguiculata*, biological nitrogen fixation, inoculation, polymer, inoculant technology.

No Brasil, a cultura do feijão-caupi – *Vigna unguiculata* (L.) Walp. – tem-se desatado na tecnologia de inoculação para a promoção da fixação biológica de N<sub>2</sub> (FBN). A seleção de novas estirpes de rizóbio (Martins et al., 2003; Lacerda et al., 2004; Zilli et al., 2009; Gualter et al., 2011) e o desenvolvimento de novas formulações de inoculantes (Fernandes Júnior et al., 2009) têm mostrado potencial para o incremento da FBN. As misturas poliméricas à base de amido e carboximetilcelulose têm sido testadas como alternativas para o desenvolvimento de novas formulações de inoculantes, e os resultados têm sido promissores (Fernandes Júnior et al., 2009; Silva et al., 2009). Essas formulações representam uma alternativa aos veículos tradicionalmente empregados na produção comercial de inoculantes, como a turfa que, apesar da

ampla utilização, apresenta limitações como a escassez no mercado, alto impacto ambiental na extração e custo elevado (Deaker et al., 2004). O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência agrônômica da formulação polimérica IPC 2.2 como veículo de inoculação para feijão-caupi.

A mistura polimérica em gel IPC 2.2 à base de amido e carboximetilcelulose, protegida sob depósito de patente IP 0506338-8 (Fernandes Júnior et al., 2009), foi utilizada para a produção de inoculantes, tendo seguido as determinações do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento - Mapa (Brasil, 2011) para as estirpes de *Bradyrhizobium* recomendadas para produção de inoculantes comerciais para feijão-caupi: UFLA 3-84= BR3302 (SEMIA 6461); INPA 03-11B= BR3301 (SEMIA 6463), BR3267 (SEMIA 6462) e

BR3262 (SEMIA 6464), mais a estirpe BR3299, em processo de recomendação. Cada inoculante produzido continha apenas uma estirpe, que foi avaliada quanto à sobrevivência de células rizobianas e quanto à presença de contaminantes, após um dia de preparação e aos 180 dias de armazenamento, por meio da contagem de unidades formadoras de colônia (UFC) de acordo com normas do Mapa (Brasil, 2010).

O ensaio, em condições de campo, foi instalado em maio de 2010 na área experimental da Embrapa Agrobiologia, Seropédica, RJ (22°45'S, 43°40'W, altitude 30 m), em Argissolo Vermelho-Amarelo (Santos et al., 2006). O clima predominante é quente e úmido, sem inverno pronunciado, identificado como Aw na classificação de Köppen. A precipitação pluvial, acumulada nos três meses de condução do experimento (de maio a julho), foi de 180 mm.

A análise prévia do local de plantio foi realizada pela avaliação da fertilidade do solo (0–20 cm) conforme Claessen (1997), tendo sido realizada a calagem com 1,5 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário calcítico, pelo método da neutralização do alumínio, um mês antes do plantio e da adubação com 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (superfosfato simples) em sulco, no plantio. Após a calagem, o solo apresentou as seguintes características: pH, 5,2; alumínio trocável, 0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; K, 100 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca, 1,1 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg, 1,3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; matéria orgânica, 16,7 g kg<sup>-1</sup>; P, 13,3 mg dm<sup>-3</sup> e N, 0,79 g kg<sup>-1</sup>.

Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com seis 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 após o preparo do solo com aração, gradagem e sulcamento. As sementes de feijão-caupi 'BRS Guariba' receberam inóculo no dia do plantio, com uma densidade de plantas de 150.000 ha<sup>-1</sup>. Os tratamentos consistiram de inoculação da estirpe BR3267 (Martins et al., 2003) que, tradicionalmente, é a mais utilizada na comercialização de inoculantes para caupi, com três tipos de veículos: polimérico IPC 2.2 testado; o turfoso Legumax e o líquido Legumax, obtidos da parceria com a empresa Turfal Indústria e Comércio de Produtos Químicos e Agronômicos Ltda., Quatro Barras, PR; dois tratamentos com fertilizantes nitrogenados, aplicação de 50 e 80 kg ha<sup>-1</sup> de N-ureia; e o controle absoluto, sem fonte de N fertilizante e inoculante. A adubação nitrogenada foi parcelada à proporção de ¼ do total

de N aplicada ao plantio, e o restante foi aplicado à floração (20–25 dias após a emergência das plantas, DAE). A inoculação com os três tipos de veículos (polimérico, turfoso e líquido) foi executada com a mesma densidade de rizóbios (1,33×10<sup>6</sup> UFC por semente).

As variáveis analisadas foram: massa de matéria seca de nódulos secos e da parte aérea, N acumulado na parte aérea, N acumulado nos grãos e produtividade de grãos secos (13% de umidade). A nodulação foi avaliada em cinco plantas, coletadas aos 35 DAE; a massa de matéria seca de nódulos e da parte aérea foi determinada após secagem em estufa de circulação forçada a 65°C até massa constante. A produtividade avaliada aos 70 DAE foi baseada na amostragem de área útil (8 m<sup>2</sup>) de cada parcela, tendo-se considerado as quatro fileiras centrais. Foi determinado o teor de N total, na parte aérea e no grão, pelo método Kjeldhal (Liao, 1981). O acúmulo de N nos grãos e na parte aérea foi calculado por meio da multiplicação: massa de matéria seca da parte aérea ou dos grãos (g) × (% de N)/100.

Os dados foram analisados com uso do Sisvar v. 4.5 (Ferreira, 2008), e a análise de variância e a comparação das médias foram feitas por meio do teste t de Student (LSD), a 5% de probabilidade.

O inoculante polimérico manteve, nas cinco estirpes, as características recomendadas pelo Mapa (Brasil, 2011), que preconiza a concentração mínima de 1×10<sup>9</sup> UFC g<sup>-1</sup> até seis meses de armazenamento e que não haja crescimento de contaminantes na diluição de 10<sup>-5</sup> (Tabela 1). Os tratamentos não diferiram na avaliação da massa de nódulos secos (Tabela 2), o que indica a capacidade simbiótica das estirpes nativas em nodular o feijão-caupi, conforme observado em outros trabalhos (Martins et al., 2003; Zilli et al., 2009).

**Tabela 1.** Número de unidades formadoras de colônias (UFC), presentes no inoculante polimérico, com cinco estirpes<sup>(1)</sup> individuais de rizóbio (BR3267, BR3262, BR3301, BR3302 e BR3299), com um dia e 180 dias após a produção.

Sobrevivência	BR 3267	BR 3262	BR 3301	BR 3302	BR 3299
	------(UFC g <sup>-1</sup> de inoculante)-----				
Rizóbio (após 1 dia)	7,0×10 <sup>9</sup>	6,5×10 <sup>9</sup>	6,0×10 <sup>9</sup>	5,0×10 <sup>9</sup>	4,0×10 <sup>9</sup>
Rizóbio (após 180 dias)	2,0×10 <sup>9</sup>	2,5×10 <sup>9</sup>	1,5×10 <sup>9</sup>	1,0×10 <sup>9</sup>	1,2×10 <sup>9</sup>
Contaminante (fungo)	0	0	0	0	0
Contaminante (não rizobiano)	0	0	0	0	0

<sup>(1)</sup>Coleção Embrapa Agrobiologia.

**Tabela 2.** Massa de matéria seca (MS) de nódulos e da parte aérea (folhas, caules e ramos), nitrogênio acumulado na parte aérea de plantas de feijão-caupi 'BRS Guariba', 35 dias após a emergência, nitrogênio acumulado nos grãos e produtividade de grãos.<sup>(1)</sup>

Tratamento	MS de nódulos (mg por planta) <sup>(2)</sup>	MS da parte aérea (g por planta)	N na parte aérea (mg por planta)	N nos grãos (kg ha <sup>-1</sup> )	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )
Controle absoluto <sup>(3)</sup>	24,6A	4,9B	182,7A	44B	1.132B
Nitrogênio (50 kg ha <sup>-1</sup> de N)	33,6A	5,4AB	206,4A	50AB	1.319AB
Nitrogênio (80 kg ha <sup>-1</sup> de N)	23,8A	6,2A	234,7A	54AB	1.395A
Inoculante turfoso	35,2A	5,2AB	213,1A	46AB	1.214AB
Inoculante líquido	59,4A	4,9AB	200,0A	45B	1.195AB
Inoculante polimérico <sup>(4)</sup>	60,2A	5,3AB	211,3A	56A	1.431A
CV (%)	58,03	19,60	21,92	16,92	16,18

<sup>(1)</sup>Médias seguidas por letras iguais, nas colunas, não diferem pelo teste t de Student (LSD) a 5% de probabilidade. <sup>(2)</sup>Dados transformados pela raiz quadrada de  $Y + 1,0$ . <sup>(3)</sup>Tratamento sem inoculação e sem adubação com nitrogênio. <sup>(4)</sup>IPC 2.2 como veículo.

Na avaliação da massa de matéria seca da parte aérea, o tratamento com a adubação de 80 kg ha<sup>-1</sup> N-ureia foi superior ao do controle absoluto, justificado pelo aporte de N às plantas, propiciado pela adubação acima do recomendado para a cultura (70 kg ha<sup>-1</sup> de N). Em relação ao N acumulado na parte aérea, os tratamentos não diferiram. No entanto, o N acumulado no grão, no tratamento com o inoculante polimérico com o veículo IPC 2.2, foi superior ao do controle absoluto e ao inoculante líquido. A partir desses dados, sugere-se que o veículo com polímero tenha uma capacidade de proteção e de favorecimento do aumento da sobrevivência no solo das bactérias inoculadas. Gualter et al. (2011) verificaram que, quanto ao acúmulo de N na parte aérea, a adubação nitrogenada de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N-ureia foi superior nas estirpes recomendadas BR3262 e INPA 03-11B e, quanto à produtividade, as estirpes recomendadas foram similares às do tratamento nitrogenado.

Os tratamentos com inoculação apresentaram produtividade similar à dos tratamentos nitrogenados de 50 e de 80 kg ha<sup>-1</sup> N-ureia, no entanto, apenas o inoculante com o veículo IPC 2.2 e o tratamento com adubação de 80 kg ha<sup>-1</sup> N-ureia foram superiores ao controle absoluto (Tabela 2). O veículo de inoculação à base de mistura polimérica IPC 2.2 possibilitou produtividade de mais de 200 kg ha<sup>-1</sup> acima das tecnologias já recomendadas (inoculantes líquido e turfoso), superior ao controle absoluto (sem inoculação e adubação) e igual ao tratamento com 80 kg ha<sup>-1</sup> N-ureia. Em estudos anteriores, também foi observado efeito significativo

do uso do polímero IPC 2.2 sobre a produtividade de colmos em cana-de-açúcar (Silva et al., 2009).

O veículo de inoculação IPC 2.2 enquadrou-se dentro das especificações, estabelecidas pelo Mapa (Brasil, 2010, 2011), para o controle de qualidade do produto quanto à sobrevivência de células e ausência de contaminantes, durante o período 180 dias. Além disso, apresentou eficiência agrônômica com resposta igual à das tecnologias recomendadas e apresentou uma produtividade superior à do controle absoluto e igual à dos inoculantes líquido, turfoso e ao tratamento com 80 kg ha<sup>-1</sup> N-ureia.

## 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**, 25 mar. 2011. Seção 1, p.3-7.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 30, de 12 de novembro de 2010. Estabelece os métodos oficiais para análise de inoculantes, sua contagem, identificação e análise de pureza. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, 17 nov. 2010. Seção 1, p.4-10.
- CLAESSEN, M.E.C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997. 212p. (Embrapa-CNPS. Documentos, 1).
- DEAKER, R.; ROUGHLEY, R.J.; KENNEDY, I.R. Legume seed inoculation technology: a review. **Soil Biology and Biochemistry**, v.36, p.1275-1288, 2004.

- FERNANDES JÚNIOR, P.I.; ROHR, T.G.; OLIVERA, P.J.; XAVIER, G.R.; RUMJANEK, N.G. Polymers as carriers for rhizobial inoculant formulations. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.1184-1190, 2009.
- FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v.6, p.36-41, 2008.
- GUALTER, R.M.R.; BODDEY, R.M.; RUMJANEK, N.G.; FREITAS, A.C.R. de; XAVIER, G.R. Eficiência agronômica de estirpes de rizóbio em feijão-caupi cultivado na região da Pré-Amazônia maranhense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.303-308, 2011.
- LACERDA, A.M.; MOREIRA, F.M. de S.; ANDRADE, M.J.B. de; SOARES, A.L. de L. Efeito de estirpes de rizóbio sobre a nodulação e produtividade do feijão caupi. **Revista Ceres**, v.51, p.67-82, 2004.
- LIAO, C.F.H. Devarda's allow method for total nitrogen determination. **Soil Science Society of America Journal**, v.45, p.852-855, 1981.
- MARTINS, L.M.V.; XAVIER, G.R.; RANGEL, F.W.; RIBEIRO, J.R.A.; NEVES, M.C.P.; MORGADO, L.B.; RUMJANEK, N.G. 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**, v.38, p.333-339, 2003.
- SANTOS, H.G. dos; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C. dos; OLIVEIRA, V.A. de; OLIVEIRA, J.B. de; COELHO, M.R.; LUMBRERAS, J.F.; CUNHA, T.J.F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.
- SILVA, M.F. da; OLIVEIRA, P.J. de; XAVIER, G.R.; RUMJANEK, N.G.; REIS, V.M.; Inoculantes formulados com polímeros e bactérias endofíticas para a cultura da cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.1437-1443, 2009.
- ZILLI, J.É.; MARSON, L.C.; MARSON, B.F.; RUMJANEK, N.G.; XAVIER, G.R. Contribuição de estirpes de rizóbio para o desenvolvimento e produtividade de grãos de feijão-caupi em Roraima. **Acta Amazonica**, v.39, p.749-758, 2009.

---

Recebido em 15 de setembro de 2011 e aprovado em 16 de dezembro de 2011