

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Meio-Norte  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*



## ***O produtor pergunta, a Embrapa responde***

*Milton José Cardoso  
Edson Alves Bastos  
Aderson Soares de Andrade Júnior  
Candido Athayde Sobrinho*

Editores Técnicos

**Embrapa**  
Brasília, DF  
2017

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Meio-Norte**

Av. Duque de Caxias, 5.650  
Caixa Postal 01  
64006-220 Teresina, PI  
Fone: (86) 3198-0500  
Fax: (86) 3198-0530  
www.embrapa.br  
www.embrapa.br/fale-conosco/sac/

**Unidade responsável pelo conteúdo**

Embrapa Meio-Norte

**Comitê de Publicações da  
Embrapa Meio-Norte**

Presidente: *Jefferson Francisco Alves Legat*  
Vice-Presidente: *Lígia Maria Rolim Bandeira*

Membros: *Flavio Favaro Blanco, Luciana Pereira dos S. Fernandes, Orlane da Silva Maia, Humberto Umbelino de Sousa, Pedro Rodrigues de Araújo Neto, Carolina Rodrigues de Araújo, Daniela Maria Machado Ribeiro Azevedo, Karina Neoob de Carvalho Castro, Francisco das Chagas Monteiro, Francisco de Brito Melo e Maria Teresa do Régio Lopes*

**1ª edição**

1ª impressão (2017): 1.000 exemplares

**Embrapa Informação Tecnológica**

Parque Estação Biológica (PqEB)  
Av. W3 Norte (final)  
70770-901 Brasília, DF  
Fone: (61) 3448-4236  
Fax: (61) 3448-2494  
www.embrapa.br/livraria  
livraria@embrapa.br

**Unidade responsável pela edição**

Embrapa Informação Tecnológica

**Coordenação editorial**

*Selma Lúcia Lira Beltrão*  
*Lucilene Maria de Andrade*  
*Nilda Maria da Cunha Sette*

Supervisão editorial: *Juliana Meireles Fortaleza*

Revisão de texto: *Corina Barra Soares*

Normalização bibliográfica:  
*Rejane Maria de Oliveira*

Projeto gráfico da coleção:  
*Mayara Rosa Carneiro*

Editoração eletrônica:  
*Júlio César da Silva Delfino*

Arte-final da capa: *Júlio César da Silva Delfino*

Ilustrações do texto: *Sílvio Roberto Ferigato*

Foto da capa: *Eugênia Ribeiro*

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Informação Tecnológica

---

Feijão-caupi : o produtor pergunta, a Embrapa responde / Milton José Cardoso ...  
[et al.], editores técnicos. – Brasília, DF : Embrapa, 2017.  
244 p. : il. ; 16 cm x 22 cm – (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

ISBN 978-85-7035-693-2

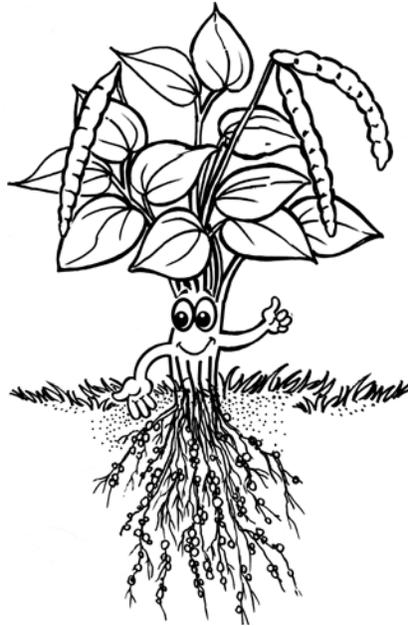
1. Cultivo. 2. Preparo. 3. Melhoramento. I. Cardoso, Milton José. II. Bastos, Edson Alves. III. Andrade Júnior, Aderson Soares de. IV. Athayde Sobrinho, Candido. V. Embrapa Meio-Norte. VI. Coleção.

CDD 635.652

© Embrapa 2017

# 8

## Fixação Biológica de Nitrogênio



*Rosa Maria Cardoso Mota de Alcântara*

*Gustavo Ribeiro Xavier*

*Jeri Édson Zilli*

*Lindete Míria Vieira Martins*

*Norma Gouvêa Rumjanek*

*Paulo Ivan Fernandes Júnior*

*Jakson Leite*

*Elson Barbosa da Silva Júnior*

*Carolina Etienne de Rosália e Silva Santos*

## 170 O que significa fixação biológica do nitrogênio?

Fixação biológica do nitrogênio (FBN) é um processo natural que ocorre pela associação simbiótica entre plantas e microrganismos do solo. Esses microrganismos são bactérias chamadas de diazotróficas, que capturam o nitrogênio do ar e o transformam em formas assimiláveis pelas plantas.

## 171 Onde e como ocorre a fixação biológica do nitrogênio nas plantas?

Nas plantas leguminosas, como o feijão-caupi, a fixação do nitrogênio ocorre nos nódulos que se formam nas raízes, em decorrência da sua associação com bactérias diazotróficas. Nesses nódulos, as bactérias estabelecem-se, captam o nitrogênio do ar e conseguem transformá-lo em amônia, por meio da ação da enzima nitrogenase.

## 172 O que é nódulo?



Nódulo é uma estrutura especializada que se forma nas raízes das plantas quando ocorre a simbiose. É no interior dos nódulos que as bactérias se alojam, recebendo substâncias nutritivas produzidas pela própria planta, e, em troca, realizam o processo de captura e transformação do nitrogênio atmosférico.

## 173 O que é simbiose?

Simbiose é um tipo de associação entre dois organismos em que ambos se beneficiam. No caso da fixação biológica do

nitrogênio (FBN), a bactéria diazotrófica denominada rizóbio é beneficiada pela planta, que lhe fornece substâncias nutritivas para o seu desenvolvimento, enquanto o rizóbio favorece a planta, disponibilizando o nitrogênio necessário na forma assimilável.

#### **174 O que é rizóbio?**

Rizóbio é um termo genérico atribuído a um grupo de bactérias capazes de se associarem com as leguminosas, formando nódulos em suas raízes, para a fixação do nitrogênio do ar.

#### **175 Como ocorre a fixação biológica no nitrogênio, na cultura do feijão-caupi?**

Em geral, nas leguminosas, a fixação biológica do nitrogênio (FBN) ocorre por meio da quebra da tríplice ligação do nitrogênio atmosférico ( $N_2$ ), por meio de um complexo enzimático, denominado nitrogenase. O processo se dá no interior dos nódulos, que são formados em um processo complexo, que abrange várias etapas e envolve mudanças fisiológicas e morfológicas, tanto na planta hospedeira quanto na bactéria. As mudanças na bactéria visam, principalmente, à fixação do nitrogênio, ao passo que, na planta hospedeira, visam à formação do nódulo e à assimilação do nitrogênio fixado pelas bactérias.

#### **176 Na cultura do feijão-caupi, a fixação biológica do nitrogênio é feita de forma natural ou precisa ser induzida?**

O feijão-caupi tem a capacidade de associar-se naturalmente aos rizóbios e realizar a fixação biológica dos nutrientes (FBN), o que vai garantir parte do suprimento de nitrogênio às plantas. No entanto, os rizóbios nativos nem sempre estão em quantidade suficiente no solo e não possuem a eficiência simbiótica necessária para que o nitrogênio fixado garanta o bom desenvolvimento das plantas,

com conseqüente aumento da produção. Assim, é preciso fornecer rizóbios eficientes por meio da prática agrícola de inoculação de sementes.

177

### **Quais fatores afetam a fixação biológica do nitrogênio na cultura do feijão-caupi?**

A fixação biológica do nitrogênio (FBN) depende de fatores bióticos (ligados aos organismos vivos) e abióticos (fatores de solo e clima). Com relação aos fatores abióticos, a FBN é afetada principalmente pela acidez do solo, pela temperatura, pela fertilidade do solo e pela umidade. A acidez do solo afeta em particular os aspectos nutricionais, como menores teores de fósforo, cálcio e magnésio, e teores excessivos de alumínio e manganês. Elevadas temperaturas do solo são limitantes à FBN, uma vez que afetam praticamente todas as etapas de crescimento do rizóbio e das plantas hospedeiras. A deficiência hídrica, além de prejudicar o desenvolvimento das plantas, influencia a atividade fisiológica dos rizóbios e sua sobrevivência. O excesso de umidade também inibe a nodulação e a FBN, porque afeta a atividade das enzimas responsáveis pela redução do nitrato e a assimilação de amônia.

178

### **Quais nutrientes influenciam a fixação biológica do nitrogênio na cultura do feijão-caupi? Como afetam?**

A limitação do processo da fixação biológica do nitrogênio (FBN) na cultura do feijão-caupi pode ser devida à baixa disponibilidade de nutrientes, como nitrogênio, fósforo, cálcio, molibdênio e cobalto.

O nitrogênio é, entre os nutrientes, o que apresenta maior efeito sobre o processo; quando em excesso, reduz a FBN, porque inibe a nodulação. O fósforo e o cálcio são nutrientes essenciais, tanto à planta quanto à bactéria, e sua baixa disponibilidade afeta a formação de nódulos e a atividade de FBN. O molibdênio é

constituente da enzima nitrogenase e, portanto, indispensável para a FBN. O cobalto é importante para o crescimento da bactéria, para a formação do nódulo e para a síntese da proteína, onde atua como responsável pela proteção da nitrogenase ao oxigênio, no interior dos nódulos.

### 179 O que significa inoculação?

Inoculação é uma prática segundo a qual bactérias fixadoras de nitrogênio selecionadas pela pesquisa são adicionadas às sementes das plantas no momento da semeadura. A inoculação é feita com um produto chamado inoculante, que não polui o solo, fornece nitrogênio para as plantas e é muito mais barato do que o adubo químico nitrogenado.

### 180 O que é inoculante?

Inoculante é um produto biológico (biótico), ou seja, um adubo natural que ajuda a planta a crescer e produzir satisfatoriamente. É formado pela mistura de bactérias (rizóbios) e um veículo, que pode ser um solo muito rico em matéria orgânica, denominado turfa, formulações líquidas ou combinações de turfa com líquido ou géis.



### 181 Existem inoculantes específicos para a cultura do feijão-caupi?

Sim. A pesquisa científica indicou, na última década, quatro estirpes com eficiência simbiótica para compor os inoculantes indicados para o feijão-caupi, identificadas como: Semia 6461 (Ufla 3-84), Semia 6462 (BR 3267), Semia 6463 (INPA 03-11B) e

Semia 6464 (BR 3262). Essas estirpes foram apresentadas à Rede de Laboratórios, para Recomendação, Padronização e Difusão de Tecnologia de Inoculantes Microbianos de Interesse Agrícola (Relare) e constam na lista de microrganismos autorizados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) para a utilização como produtos comerciais.

### **182 Onde adquirir inoculantes para a cultura do feijão-caupi?**

Inoculantes podem ser obtidos diretamente das empresas produtoras de inoculantes credenciadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), ou, indiretamente, de revendedores dessas empresas.

### **183 Quais elementos devem ser avaliados na aquisição de inoculantes?**

Alguns aspectos devem ser considerados: a) verificar se o produto está registrado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa); b) verificar o prazo de validade do inoculante, que deve constar na embalagem; c) certificar-se de que o produto foi conservado em condições adequadas de temperatura e umidade. Depois de adquirido, manter o inoculante em local arejado e protegido dos raios solares. Utilizar o inoculante recomendado para uma cultura específica, e não para outras culturas.

### **184 Como fazer a inoculação?**

Existem dezenas de inoculantes no mercado, e cada indústria tem formulações próprias e recomendam uma forma de inoculação. Assim, o primeiro passo é ler a recomendação que vem junto com o produto. Além disso, deve-se observar o seguinte: a inoculação deve ser feita à sombra, a semeadura deve ser efetuada no mesmo dia, e as sementes devem ficar protegidas do sol e do calor excessivo.

É extremamente importante fazer uma distribuição uniforme do inoculante na superfície da semente, para se obter o máximo possível de benefícios da fixação biológica do nitrogênio em todas as plantas. Depois da inoculação, as sementes devem ser secas à sombra e semeadas em, no máximo, 24 horas, desde que fiquem protegidas dos raios solares. Caso isso não seja possível, deve-se repetir a inoculação no dia do plantio.

### **185 Existem outras formas de fazer inoculação?**

Sim. Existem a pré-inoculação das sementes e a inoculação no sulco de plantio. Essas práticas podem aumentar o prazo entre a inoculação e o plantio. No momento, essas alternativas já estão sendo aplicadas na cultura da soja, e muito em breve deverão ser incorporadas ao sistema produtivo de feijão-caupi, incluindo novos veículos e formulações de inoculantes. Aconselha-se, mais uma vez, que o leitor leia, com atenção, as informações contidas nos rótulos dos produtos.

### **186 Como saber se a inoculação foi bem-sucedida?**

A eficiência da inoculação é verificada por avaliação visual. Na época do florescimento do feijão-caupi, o agricultor deve arrancar a planta inteira, incluindo o sistema radicular, e verificar se há nódulos nas raízes. A presença dos nódulos indica que ocorreu a nodulação do feijão-caupi pelos rizóbios (bactéria).

### **187 A presença de nódulos já indica que os rizóbios estão fixando nitrogênio?**

Não. Para se certificar de que os rizóbios estão fixando o N, deve-se fazer um corte nos nódulos para observar sua coloração. Se o interior estiver vermelho ou róseo, o nitrogênio já estará se fixando. Para uma avaliação mais eficiente, é preciso fazê-la em vários pontos da lavoura.

188

### **Como diferenciar nódulos formados por rizóbios em feijão-caupi de nódulos formados por nematoides?**

Os nódulos de feijão-caupi formados por rizóbios são estruturas esféricas, próprias da planta. São facilmente destacados da raiz, bastando lhes imprimir uma leve pressão, ao passo que os nódulos provocados por nematoides são inchaços causados nas raízes, resultantes das toxinas do patógeno, e não se destacam facilmente da raiz.

189

### **Que vantagens traz a inoculação para o feijão-caupi?**

As vantagens da inoculação para as culturas, inclusive para o feijão-caupi, estão diretamente relacionadas aos benefícios da fixação biológica do nitrogênio (FBN), tais como: a) utilização biológica do N, substituindo gastos com a aquisição de adubos nitrogenados; b) promoção do crescimento da planta, que origina maior produção das culturas; e c) melhoria das condições do solo, pelo aumento da incorporação da massa verde, oriunda de uma maior produção da cultura.

Em resumo, a inoculação propicia a diminuição dos custos de produção e, conseqüentemente, aumenta os rendimentos e os ganhos econômicos para a agropecuária brasileira e para o setor produtivo, além de cooperar com a preservação sustentável do meio ambiente, já que o nitrogênio mineral, em grande quantidade, é um poluente ambiental.

190

### **Quais fatores podem interferir na inoculação?**

São vários os fatores que podem causar prejuízos a essa prática, tais como: a) inoculantes de má qualidade; b) inoculação feita de forma inadequada; c) falta de correção do pH do solo; d) insuficiência de nutrientes essenciais, como o fósforo; e) adição de produtos tóxicos às sementes, tais como fungicidas, inseticidas e

nematicidas; f) temperaturas elevadas; e g) deficiência hídrica logo após a semeadura.

191

**Qual é a quantidade de inoculante recomendada para a cultura do feijão-caupi?**

A dose recomendada para os inoculantes comerciais corresponde a 250 g do produto para cada 50 kg de sementes de feijão-caupi. Essa dose é suficiente para uma área de 1 ha a ser plantada com feijão-caupi e baseia-se na quantidade mínima necessária do produto aderido à semente após o tratamento (aproximadamente 1 milhão de células bacterianas para cada semente). Recomenda-se observar as recomendações para cada tipo de inoculante.



192

**A inoculação deve ser repetida em plantios sucessivos, cujos solos já receberam inoculantes?**

As bactérias fixadoras têm capacidade de sobreviver no solo, porém períodos prolongados de estiagem podem restringir sua sobrevivência. Dessa forma, para garantir que a fixação biológica do nitrogênio (FBN) ocorra sempre de forma satisfatória, recomenda-se recorrer, todos os anos, à inoculação.

193

**É necessário associar a inoculação à adubação nitrogenada na cultura do feijão-caupi em solos com baixo teor de nitrogênio?**

Não. Desde que o agricultor utilize um inoculante de boa qualidade e conduza a inoculação da forma adequada, não é

necessária a utilização de adubos nitrogenados na cultura do feijão-caupi. A pesquisa tem comprovado que o uso de pequenas doses de nitrogênio no plantio, como doses de arranque, não promove nenhum benefício em termos de aumento de produtividade da lavoura.

194

### **O tratamento de sementes com defensivos pode afetar a inoculação?**



Sim. O inoculante em hipótese alguma poderá ser misturado aos defensivos. De maneira geral, herbicidas e nematicidas são menos tóxicos do que fungicidas, especialmente os utilizados para o tratamento de sementes. Hoje, o principal problema de redução da viabilidade do inoculante é o tratamento de sementes. De forma geral, fungicidas devem ser aplicados apenas naquelas lavouras onde realmente há histórico de doenças. Para mais instruções, convém recorrer à assistência técnica.

195

### **Quando fazer o tratamento nas sementes do feijão-caupi?**

Recomenda-se que esse tratamento seja feito sempre antes da inoculação. Somente após a secagem total das sementes é que se pode fazer a inoculação. No caso de sementes tratadas com fungicidas e inoculadas, a semeadura deve ser efetuada obrigatoriamente no mesmo dia, evitando, assim, a exposição das bactérias ao fungicida. Caso isso não seja possível, as sementes devem ser inoculadas novamente.

196

### **Qual é o custo da inoculação para a cultura do feijão-caupi?**

O investimento com o uso da tecnologia de inoculação do feijão-caupi tem custo baixo, inferior a R\$ 10,00 a dose, para 1 ha de feijão-caupi. Embora o preço seja dinâmico, o custo da inoculação será sempre muito menor do que custo do nitrogênio mineral. Isso representa uma vantagem econômica, haja vista que, ao favorecer o aumento da produção com baixo custo, promove o aumento da margem de lucro do agricultor.

197

### **A inoculação promove outros benefícios?**

Além da vantagem econômica, a prática da inoculação promove benefícios ambientais e sociais. No que concerne à preservação ambiental, o uso do inoculante dispensa a aplicação de fertilizantes nitrogenados, os quais contribuem para a contaminação do ar e das águas. E pelo aspecto social, a utilização de inoculantes contribui para o aumento da oferta de grãos e da disponibilidade de proteína de baixo custo, além de gerar excedente de produção.