



Feijão

Cultivo de Feijão-Caupi

Sumário

Fixação biológica de nitrogênio

Dados Sistema de Produção

Embrapa Meio-Norte

Sistema de Produção, 2

ISSN 1678-8818 2

Embrapa Amazônia Ocidental

Sistema de Produção, 2

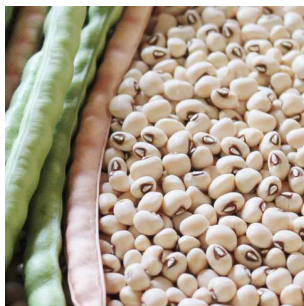
ISSN 1679-8880 2

Embrapa Agrobiologia

Sistema de Produção, 4

ISSN 1806-2830 4

Versão Eletrônica
2ª edição | Mar/2017



Cultivo de Feijão-Caupi

Fixação biológica de nitrogênio

Gustavo Ribeiro Xavier

Jerri Edson Zilli

Lindete Mária Vieira Martins

Norma Gouvea Rumjanek

Rosa Maria Cardoso Mota de Alcantara

O nitrogênio (N) é um dos nutrientes mais exigidos pelas plantas, e sua deficiência limita a produtividade das culturas, sobretudo nas regiões tropicais. Na natureza, o principal repositório de N é a atmosfera, cuja composição é de, aproximadamente, 78% de N_2 . O N_2 é inerte para a maioria dos seres vivos, ou seja, grande parte dos seres vivos não é capaz de usá-lo como nutriente. A transformação do N_2 é, de maneira geral, chamada de fixação e pode ocorrer de forma biológica, por meio da atividade de algumas bactérias; de forma industrial; ou ainda de forma atmosférica, pela atuação de descargas elétricas.

O nitrogênio molecular (N_2) não é usado por nenhum animal ou planta como nutriente devido à tripla ligação entre os dois átomos de N, uma das mais fortes de que se tem conhecimento na natureza. Apenas os micro-organismos que têm a enzima nitrogenase são capazes de transformá-lo em NH_3 , forma nitrogenada prontamente assimilável para as plantas e outros organismos (HUNGRIA et al., 2007). A esse processo, dá-se o nome de Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN).

A FBN constitui a principal via de incorporação do nitrogênio à biosfera e, depois da fotossíntese, é o processo biológico mais importante às plantas e fundamental para a vida na Terra (UNKOVICH et al., 2008).

Entre as bactérias diazotróficas, como são conhecidas as bactérias que fixam o nitrogênio, o grupo dos rizóbios é muito diverso e se associa com espécies vegetais da família Fabaceae, como o feijão-caupi, formando nas raízes estruturas especializadas, denominadas nódulos (Figura 1), onde ocorre o processo de FBN (RUMJANEK et al., 2005).

Foto: Rosa Maria Cardoso Mota de Alcantara



Figura 1. Detalhe de raiz de feijão-caupi inoculado com a estirpe de rizóbio BR 3267.

O uso da FBN representa uma alternativa para a substituição, total ou parcial, dos adubos nitrogenados. O suprimento eficiente de nitrogênio por esse processo para o desenvolvimento das culturas implica a diminuição dos custos de produção e economia de combustíveis fósseis usados para a fabricação de fertilizantes nitrogenados. Isso representa rendimentos e ganhos econômicos para a agropecuária brasileira e para o setor produtivo, bem como para a preservação sustentável do meio ambiente.

Ao longo dos anos, o Brasil se tornou um dos países que mais explora a FBN. A soja, cultura com a maior área plantada no País, é explorada exclusivamente com o uso da FBN. O feijão-caupi é outra cultura em cujos plantios desponta o emprego desse processo biológico.

Inoculação e inoculantes

A inoculação é o processo por meio do qual bactérias fixadoras de nitrogênio, selecionadas pela pesquisa, são adicionadas às sementes das plantas antes 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 que o adubo químico nitrogenado.

O produto 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-líquido ou géis. O produto final deve conter, no mínimo, 1 bilhão de células de bactérias fixadoras de N_2 vivas por g ou ml de inoculante.

O inoculante que contém rizóbios é desenvolvido e produzido de acordo com protocolos aprovados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Como fazer a inoculação

A inoculação, embora seja uma atividade bastante simples, requer cuidados para garantir uma distribuição uniforme de bactérias nas sementes. Em geral, é feita à sombra com a semeadura efetuada no mesmo dia. Recentemente, entretanto, muitas empresas têm lançado produtos comerciais para inocular as sementes alguns dias antes do plantio. Embora ainda não se conheçam produtos dessa natureza para o feijão-caupi, eles podem representar importante vantagem ao produtor.

O modo de misturar o inoculante à semente é bastante variável. Em cultivos que exigem pequenas quantidades de sementes (até 10 kg), é possível realizar o processo com o auxílio de um saco plástico que apresente uma capacidade próxima ao dobro da quantidade de sementes a ser inoculada. Para volumes maiores, o produtor pode utilizar uma betoneira ou um tambor rotatório com eixo descentralizado, construído artesanalmente (Figura 2). O produtor sempre deve ler as instruções de uso do inoculante no rótulo do produto para evitar erros de aplicação.

Fonte: Tecnologia de sementes e colheita (2010).

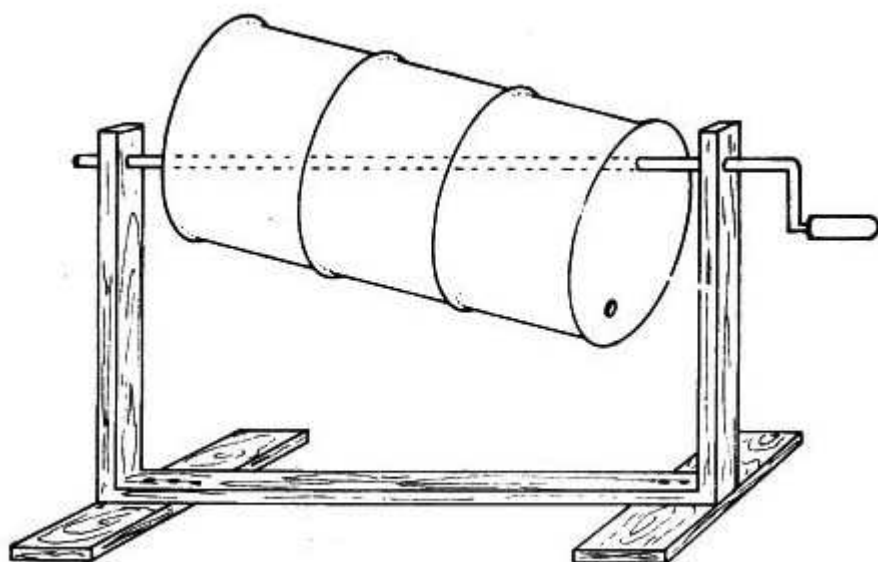


Figura 2. Detalhe de tambor rotativo.

Para melhor aderência do inoculante turfoso, recomenda-se umedecer as sementes com 200 ml de água açucarada a 10% (100 g de açúcar para 1 litro de água), o que é suficiente para 50 kg de sementes. Em seguida, a quantidade recomendada do inoculante deve ser uniformemente distribuída na superfície da semente para se obter benefício máximo da fixação biológica do nitrogênio em todas as plantas. No caso de inoculantes líquidos, estes devem ser misturados às sementes e homogeneizados conforme recomendação do fabricante.

Após a inoculação, as sementes devem ser colocadas para secar à sombra, protegidas do sol e do calor excessivo.

Dose recomendada de inoculante

A dose de inoculante recomendada é baseada na quantidade mínima do produto aderido à semente após o tratamento (600 mil células bacterianas por semente). Resultados de pesquisa indicam benefícios crescentes à nodulação e à fixação biológica do nitrogênio com o uso de concentrações de

até 1,2 milhão de células bacterianas por semente (RUMJANEK et al., 2005; ZILLI et al., 2009). Mais uma vez, é importante frisar a necessidade da leitura do rótulo dos produtos comerciais para melhor procedimento de inoculação.

Onde adquirir inoculantes

Atualmente, as estirpes de rizóbios recomendadas pelo MAPA para o feijão-caupi são: SEMIA 6461 (UFLA 3-84), SEMIA 6462 (BR 3267); SEMIA 6463 (INPA 3-11B) e SEMIA 6464 (BR 3262). Apenas essas estirpes estão oficialmente autorizadas para uso em inoculantes comerciais no Brasil (BRASIL, 2011).

Os inoculantes recomendados podem ser adquiridos nas empresas produtoras de inoculantes, credenciadas pelo MAPA.

Cuidados ao adquirir inoculantes

São necessários alguns cuidados na aquisição de inoculantes, tais como:

- a. Verificar se é específico para a cultura de interesse, haja vista que existe especificidade entre a bactéria e a planta.
- b. Verificar se é recomendado pela pesquisa e registrado no MAPA. O número de registro deve estar impresso na embalagem.
- c. Observar o prazo de validade e não usar inoculante com prazo de validade vencido.
- d. Certificar-se de que o inoculante estava armazenado em condições satisfatórias de temperatura e arejamento.
- e. Transportar e conservar o inoculante em lugar fresco e bem-arejado.

Práticas agrícolas associadas ao uso de inoculantes

Uso de fungicidas

Estudos têm demonstrado que muitos fungicidas provocam a morte de até 100% das células bacterianas em apenas 2 a 3 horas após a aplicação com o inoculante (DENARDIN et al., 2006). Isso acontece em decorrência das características físico-químicas de ingredientes empregados em algumas formulações do insumo.

Mesmo considerando que os principais fungicidas usados no Brasil não têm toxicidade elevada para as quatro estirpes recomendadas (SILVA NETO et al, 2013). Algumas precauções devem ser seguidas para evitar a mortalidade de bactérias. Afinal, o inoculante é um insumo vivo e pode perder a viabilidade se não for bem manejado.

Alguns cuidados podem ser tomados, como:

- a. Constatar a real necessidade de aplicação de fungicidas, como histórico de doenças na área ou contaminação das sementes. Se possível, buscar ajuda de um profissional que entenda do assunto.
- b. No momento da inoculação, não misturar na mesma calda inoculante e fungicida, visto que o contato direto dos produtos aumenta a mortalidade das bactérias.
- c. Se a aplicação de fungicida está sendo feita em razão de as sementes estarem contaminadas, fazer a aplicação prévia do fungicida, considerando-se que esses produtos permitem o tratamento

com alguns dias de antecedência da semeadura, e depois proceder à inoculação.

Uso de micronutrientes

O molibdênio e o cobalto estão relacionados com a fixação do N atmosférico pelas bactérias por serem elementos importantes nesse processo. O molibdênio é o elemento-chave contido na nitrogenase, enzima responsável pela transferência final dos elétrons para o nitrogênio na forma disponível para as plantas (HUNGRIA et al., 2007). Se deficiente, causa amarelecimento e pouco crescimento das plantas e, ainda, pode fixar reduzidas quantidades de N em leguminosas, porque as bactérias do solo, associadas a essas plantas, precisam desse elemento para fixar o N atmosférico.

O cobalto é essencial aos micro-organismos fixadores de N₂, pela participação na composição da vitamina B12 e da coenzima cobamida (HUNGRIA et al., 2007).

Quando esses micronutrientes são aplicados junto às sementes, podem afetar consideravelmente o número de células de *Bradyrhizobium*.

Adubação nitrogenada

A aplicação de fertilizante nitrogenado por ocasião da semeadura ou em cobertura, em qualquer estágio de desenvolvimento da planta, reduz a nodulação e a eficiência da FBN.

Os efeitos negativos da combinação de N e o funcionamento da nodulação em leguminosas podem ser verificados nos seguintes aspectos:

- a. Efeito prejudicial na infecção das raízes.
- b. Efeito negativo do N na atividade da enzima nitrogenase.
- c. Influência no peso de nódulos por planta.

Em feijão-caupi, para uma expectativa de produtividade superior a 1.500 kg.ha⁻¹, a aplicação de pequenas doses de N-mineral é recomendada. No entanto tem-se verificado que essa aplicação pode não trazer benefícios, porque, além de o N fornecido não ser suficiente para o pleno desenvolvimento da planta, pode ocorrer efeito negativo sobre a nodulação.

Nesse contexto, Uchôa et al. (2009) citaram que o uso de fórmulas de adubos com baixa concentração de N pode trazer vantagens econômicas, desde que sua aplicação não ultrapasse 20 kg.ha⁻¹ de N, assegurando a eficiência da nodulação.

Inoculação em áreas de primeiro cultivo e de cultivos subsequentes

As espécies de leguminosas tropicais, normalmente, são capazes de nodular com uma ampla faixa de rizóbios e, em áreas tradicionalmente cultivadas com uma leguminosa, geralmente, se observa uma população de rizóbio estabelecida e bem adaptada às condições locais.

O feijão-caupi é capaz de nodular com um grupo de rizóbio presente no solo, designado como grupo miscelânea feijão-caupi ou rizóbio tropical, característica encontrada também em várias outras leguminosas de ocorrência nos trópicos (RUMJANEK et al., 2005). Porém, essas bactérias estabelecidas do solo, muitas vezes, não são capazes de manter altos níveis de FBN em decorrência da baixa eficiência simbiótica. A prática de inoculação assegura o uso de estirpes com reconhecida

eficiência e garante o fornecimento de N à cultura.

Particularmente, no caso da região Semiárida, as condições climáticas são responsáveis por reduzir a densidade de rizóbio no solo (MARTINS et al., 2003). Nesse sentido, é de esperar que a prática de inoculação ocorra tanto em área de primeiro plantio como em cultivos subsequentes.

Para as áreas de primeiro cultivo, a orientação é usar o dobro da dose recomendada de inoculante de forma a assegurar um número satisfatório de bactérias. Para plantios subsequentes, recomenda-se também a aplicação de inoculante na proporção de 600 mil células por semente, no intuito de garantir o fornecimento de bactérias eficientes às sementes. Entretanto, muitas vezes, a própria população de rizóbio do solo é capaz de fornecer N às plantas, mas como o custo do inoculante é baixo, não vale a pena arriscar.

Outras estratégias de inoculação

Os estudos para a formulação e formas de aplicação de inoculantes têm como finalidade aumentar a eficiência e facilitar a prática da inoculação. A pré-inoculação das sementes poderia aumentar o tempo entre a inoculação e o plantio, assim como a inoculação no sulco de plantio, que já são práticas usadas na cultura da soja. Em breve, essas tecnologias devem ser incorporadas ao sistema produtivo de feijão-caupi, incluindo novos veículos e formulações de inoculantes (ARAÚJO et al., 2012; FERNANDES JÚNIOR et al., 2009, 2012; FIGUEIREDO et al., 1992; SILVA JÚNIOR et al., 2012).

Autores deste tópico: Lindete Míria Vieira Martins, ROSA MARIA CARDOSO M DE ALCANTARA, NORMA GOUVEA RUMJANEK, Jerri Edson Zilli, GUSTAVO RIBEIRO XAVIER

Todos os autores

ADAO CABRAL DAS NEVES

adao.neves@embrapa.br

Aderson Soares de Andrade Júnior

Engenheiro Agrônomo, Dr. Pesquisador da Embrapa Meio-Norte

aderson.andrade@embrapa.br

Antônio Apoliano dos Santos

Engenheiro Agrônomo, M.sc. da Embrapa Agroindústria Tropical

emailcriar@email.com

Candido Athayde Sobrinho

Engenheiro Agrônomo, M.sc. Pesquisador da Embrapa Meio-Norte

candido.athayde@embrapa.br

CARLOS CESAR PEREIRA NOGUEIRA

cesar.nogueira@embrapa.br

Edson Alves Bastos

Engenheiro Agrônomo, Dr. Pesquisador da Embrapa Meio-Norte

edson.bastos@embrapa.br

Francisco de Brito Melo

Engenheiro Agrônomo, M.sc. Pesquisador da Embrapa Meio-Norte

francisco.brito@embrapa.br

Francisco Marto Pinto Viana

Engenheiro Agrônomo, Dr. Pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical

marto.viana@embrapa.br

Francisco Rodrigues Freire Filho

Engenheiro Agrônomo, Dr. Pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental

francisco.freire-filho@embrapa.br

GUSTAVO RIBEIRO XAVIER

gustavo.xavier@embrapa.br

INOCENCIO JUNIOR DE OLIVEIRA

inocencio.oliveira@embrapa.br

Jerri Edson Zilli

Licenciado Em Ciências Agrícolas, dsc. em agronomia/ciência do solo, pesquisador da Embrapa Roraima

jerri.zilli@embrapa.br

Jociclér da Silva Carneiro

Engenheiro Agrônomo, M.sc. da Embrapa Meio-Norte

cadastraremail@cadastrar.com

JOSE ANGELO NOGUEIRA DE M JUNIOR

jose-angelo.junior@embrapa.br

JOSE ROBERTO ANTONIOL FONTES

jose.roberto@embrapa.br

KAESSEL JACKSON DAMASCENO E SILVA

kaesel.damasceno@embrapa.br

Lindete Míria Vieira Martins

Engenheira Agrônoma , Doutorado Em Agronomia e Ciências do Solo (ufrj) , Microbiologia do Solo

lmvmartins@uneb.br

Maurisrael de Moura Rocha

Engenheiro Agrônomo, Dr. Pesquisador da Embrapa Meio-Norte

maurisrael.rocha@embrapa.br

Milton Jose Cardoso

Engenheiro Agrônomo, Dr. Pesquisador da Embrapa Meio-Norte

milton.cardoso@embrapa.br

NORMA GOUVEA RUMJANEK

norma.rumjanek@embrapa.br

PAULO FERNANDO DE MELO JORGE VIEIRA

paulofernando.vieira@embrapa.br

Paulo Henrique Soares da Silva

Engenheiro Agrônomo, Dr. Pesquisador da Embrapa Meio-Norte

paulo.soares-silva@embrapa.br

ROSA MARIA CARDOSO M DE ALCANTARA

rosa.m.mota@embrapa.br

Valdenir Queiroz Ribeiro

Engenheiro Agrônomo, M.sc. Pesquisador da Embrapa Meio-Norte

valdenir.queiroz@embrapa.br

Expediente

Embrapa Meio-Norte

Comitê de publicações

Jefferson Francisco Alves Legat

[Presidente](#)

Jeudys Araújo de Oliveira

[Secretário executivo](#)

Ligia Maria Rolim Bandeira

Flavio Favaro Blanco

Luciana Pereira dos S Fernandes

Orlane da Silva Maia

Humberto Umbelino de Sousa

Pedro Rodrigues de Araujo Neto

Carolina Rodrigues de Araujo

Danielle Maria Machado Ribeiro Azevedo

Karina Neoob de Carvalho Castro

Francisco das Chagas Monteiro

Francisco de Brito Melo

Maria Teresa do Rêgo Lopes

José Almeida Pereira

[Membros](#)

Corpo editorial

Edson Alves Bastos

[Editor\(es\) técnico\(s\)](#)

Ligia Maria Rolim Bandeira

[Revisor\(es\) de texto](#)

Orlane da Silva Maia

[Normalização bibliográfica](#)

Jorimá Marques Ferreira

[Editoração eletrônica](#)

Embrapa Informação Tecnológica

Fernando do Amaral Pereira

[Coordenação editorial](#)

Corpo técnico

Claudia Brandão Mattos

José Ilton Soares Barbosa

[Supervisão editorial](#)

Karla Ignês Corvino Silva

[Projeto gráfico](#)

Embrapa Informática Agropecuária

José Gilberto Jardine

[Coordenação técnica](#)

Corpo técnico

Adriana Delfino dos Santos

[Publicação eletrônica](#)

Carla Geovana do N. Macário

[Suporte computacional](#)

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa

Todos os direitos reservados, conforme [Lei nº 9.610](#)

Embrapa Informação Tecnológica

Fone: (61) 3448-4162 / 3448-4155 Fax: (61) 3272-4168