

## Resumos

# Boas Práticas de Inoculação em Soja

---

**Marco Antonio Nogueira<sup>1</sup>**

**Mariangela Hungria<sup>2</sup>**

A soja (*Glycine max* L. Merill) é uma cultura que tem altas demandas de nitrogênio (N) em razão do alto teor de proteínas em seus grãos, em torno de 40%. Para produzir uma tonelada de grãos, são necessários cerca de 80 kg de N, dos quais 60% são exportados com os grãos. Assim, para uma produtividade de 3000 kg/ha de grãos, seriam necessários cerca de 240 kg/ha de N, os quais são obtidos do solo a partir da mineralização da matéria orgânica, mas principalmente por meio da fixação biológica de nitrogênio (FBN), realizada por bactérias especializadas do gênero *Bradyrhizobium*, que retiram o N<sub>2</sub> atmosférico e o reduz à forma amoniacal nos nódulos radiculares, de onde é translocado e posteriormente convertido a aminoácidos e proteínas. Pelo fato de a soja ser uma espécie exótica, os *Bradyrhizobium* eficientes

---

<sup>1,2</sup> Embrapa Soja, Rodovia Carlos João Strass, s/nº Acesso Orlando Amaral, Distrito de Warta, Caixa Postal: 231, 86001-970, Londrina, PR. E-mail: marco.nogueira@embrapa.br; mariangela.hungria@embrapa.br

em realizar FBN em simbiose com a cultura não são encontrados naturalmente nos solos brasileiros e por isso precisam ser fornecidas por meio de inoculantes, que são colocados em contato com as sementes pelo processo de inoculação. Essa prática dispensa o uso de N mineral na cultura da soja e torna o sistema brasileiro de produção de soja um exemplo para o mundo na aplicação dessa biotecnologia, resultando em redução de custos econômicos e ambientais.

Não restam dúvidas de que a FBN em soja é uma tecnologia de baixo custo, porém de grandes resultados, que vem sendo empregada desde os primeiros cultivos comerciais de soja no Brasil e é uma das tecnologias corresponsáveis pelo sucesso da cultura no país. Entretanto, algumas questões são frequentemente levantadas, tais como: *i*) Há necessidade de realizar inoculação anual em áreas cultivadas com soja há vários anos? *ii*) Qual é a compatibilidade entre os inoculantes e os produtos químicos empregados no tratamento de sementes? *iii*) A inoculação das sementes vários dias antes da semeadura (pré-inoculação) garante a viabilidade das bactérias até o momento da semeadura?

Para que a FBN seja eficiente, é preciso garantir que as bactérias inoculadas tenham condições de sobreviver e estabelecer a simbiose com a soja. A pesquisa recomenda que para áreas cultivadas sucessivamente com soja, a inoculação deve fornecer no mínimo 1,2 milhões de células por semente, num volume mínimo de 100 mL de inoculante por 50 kg de sementes. Isso é necessário para que haja uma nodulação precoce e abundante, em que o sucesso da inoculação pode ser verificado pela presença dos primeiros nódulos na raiz principal entre 5 e 8 dias após a emergência, e, no estágio V1-V2, cerca de 4 a 8 nódulos/planta, com 1 a 2 mm. Isso indica que a colonização se deu principalmente pelas bactérias fornecidas via inoculante. Com o desenvolvimento das raízes, também ocorre nodulação secundária, que nesse caso também tem a contribuição das bactérias já estabelecidas no solo. O nódulo ativo e eficiente em FBN tem coloração avermelhada-rósea internamente, resultante da leghemoglobina.

O processo de obtenção de um inoculante envolve várias etapas de

isolamento, caracterização morfo-fisiológica, *screenings* em laboratório e/ou casa de vegetação, e testes de eficiência agrônômica no campo. Outra etapa é o desenvolvimento de formulações que garantam a pureza e a viabilidade das bactérias desde a sua produção na indústria até o momento de uso pelo produtor. Segundo normas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), a concentração mínima de células em um inoculante para soja deve ser  $1 \times 10^9$  unidades formadoras de colônia (UFC) por mL ou g, se líquido ou sólido, respectivamente, e ausência de contaminantes na diluição  $1 \times 10^{-5}$ . No momento, o Brasil dispõe de quatro estirpes de *Bradyrhizobium* autorizadas para a produção de inoculantes (SEMIA 5079, SEMIA 5080, SEMIA 5019 e SEMIA 587) e conta com uma das legislações mais avançadas do mundo nesta área no que se refere a normas de produção e comercialização, de modo a garantir a qualidade para o consumidor final.

Em áreas de primeiro ano de cultivo de soja, sem uma população estabelecida de *Bradyrhizobium*, a cultura é altamente dependente da inoculação, caso em que no mínimo duas doses do inoculante devem ser aplicadas. No entanto, em mais de 90% das áreas de cultivo tradicional de soja no Brasil, existe uma população de *Bradyrhizobium* estabelecida no solo da ordem de  $1 \times 10^3$  a  $1 \times 10^6$  UFC/g. Nesses casos, a inoculação das sementes não resulta em uma grande evidência visual na cultura, mas resultados de mais de 80 ensaios conduzidos em áreas tradicionalmente cultivadas com soja, desde Roraima até o Rio Grande do Sul, permitem afirmar que há um ganho médio anual da ordem de 8% de produtividade pelo simples fato de se realizar a inoculação anual das sementes. Resultados de pesquisa recente conduzida na Embrapa Soja na safra 2012/13, com a cultivar BRS 360 RR, em um solo com população estabelecida de *Bradyrhizobium* de  $4,3 \times 10^4$  UFC/g de solo, indicaram que a simples inoculação das sementes no momento da semeadura resultou em aumento da produtividade de 4500 para 5000 kg/ha (dados não publicados). Esses resultados são atribuídos ao fato de que as bactérias fornecidas pelo inoculante são mais ativas fisiologicamente que as da população estabelecida no solo, além de possibilitar uma nodulação mais precoce e abundante na região da coroa da raiz principal, que resulta em maior eficiência da FBN na fase inicial

de desenvolvimento da cultura.

A inoculação é prática vital para melhoria dos níveis de produtividade da cultura a soja. Entretanto, é preciso garantir que as bactérias inoculadas permaneçam viáveis para que consigam estabelecer a simbiose com a planta. Nesse contexto, é preciso garantir que outras práticas e tecnologias empregadas na cultura não venham a interferir negativamente na sobrevivência das bactérias inoculadas. Atenção especial deve ser dada aos produtos químicos empregados no tratamento de sementes (TS), visto que vários produtos, não necessariamente seus ingredientes ativos, mas em muitos casos a formulação, são tóxicos às bactérias e podem reduzir a nodulação. Nesse caso, deve-se evitar a aplicação de produtos químicos concomitantemente ao inoculante. Sendo necessário o uso de produtos químicos no TS, deve-se aplicar o inoculante por último, após a secagem dos produtos aplicados no TS. Deve-se dar preferência por produtos compatíveis com os inoculantes, previamente testados para essa finalidade. Nesses casos, recomenda-se aumentar a dose do inoculante, usar formulação turfosa, ou ainda empregar inoculantes especiais, que contêm protetores celulares, de modo a minimizar os efeitos negativos dos produtos químicos no *Bradyrhizobium*. Recomenda-se ainda deslocar a aplicação de Co+Mo das sementes para aplicação foliar no estágio V3-V5. Entretanto, se mesmo assim o produtor optar por aplicar os produtos químicos via sementes, é possível evitar o contato do inoculante com esses produtos pela realização da inoculação com inoculante líquido, concomitante à semeadura, via sulco. Nesse caso, deve-se aplicar o inoculante em quantidade suficiente para fornecer pelo menos 3,6 milhões de células por semente, o que corresponde a aproximadamente triplicar a dose de inoculante, empregando-se um volume mínimo de calda de 50 L/ha.

Outra preocupação quanto à viabilidade das bactérias inoculadas refere-se à inoculação antecipada, ou pré-inoculação. A recomendação da pesquisa quanto ao uso de inoculantes comuns (sem protetores celulares) é de que o tempo entre a inoculação das sementes e a semeadura não ultrapasse 24 h. Resultados de pesquisa indicam que há quedas drásticas na sobrevivência das bactérias 24 h após a inoculação,

o que é ainda mais acentuado quando são aplicados produtos químicos no TS. Apesar de vários estudos quanto à compatibilidade dos produtos químicos com os inoculantes estarem em andamento, é impossível testar todos os produtos para TS disponíveis no mercado e as mais diversas combinações entre eles. Entretanto, a pesquisa e a indústria de inoculantes desenvolveram formulações com protetores celulares que permitem maior longevidade das células mesmo na presença dos principais produtos químicos empregados no TS, mas, até o momento, essa longevidade não ultrapassa 3-5 dias, dependendo do inoculante. Existe um produto no mercado que permite inoculação antecipada de até 15 dias, mas na ausência de produtos químicos nas sementes. Seja qual for a escolha, deve-se verificar se o produto tem registro no MAPA para o emprego em inoculação antecipada.

Outro problema recorrente que pode prejudicar a FBN são os argumentos que emergem de tempos em tempos quanto à eventual necessidade de complementação de N mineral na cultura da soja. A pesquisa tem demonstrado que, desde que boas práticas de inoculação tenham sido adotadas, garantindo que a bactéria inoculada permaneça viável em número suficiente até o momento da semeadura, não há qualquer resposta que justifique a adubação nitrogenada na cultura da soja, seja qual for a época de aplicação, tipo de crescimento, ciclo, níveis de produtividade, etc. A possibilidade de resposta da cultura ao N mineral poderá ocorrer quando as boas práticas de inoculação não forem observadas, mas mesmo assim são antieconômicas na grande maioria das vezes. Além disso, os fertilizantes nitrogenados são aproveitados, nas melhores condições, em cerca de 50%, sendo o restante perdido por lixiviação na forma de nitrato, vindo a contaminar corpos aquáticos, ou é perdido para a atmosfera, na forma de gases efeito estufa, como o óxido nitroso resultante da desnitrificação. Assim, a aplicação de fertilizante nitrogenado em soja, além de não ser viável economicamente, também é um agravante às questões ambientais, o que pode inclusive afetar negativamente a imagem da soja brasileira no mercado internacional.

Em síntese, as boas práticas de inoculação devem compreender medidas que assegurem a sobrevivência das bactérias responsáveis pela FBN, fornecidas pelo inoculante. O agricultor, com auxílio de seu técnico,

decidirá qual a melhor maneira de realizar a inoculação, dependendo da realidade do sistema de produção e da infraestrutura disponível. Os inoculantes devem sempre ter registro no MAPA, estarem dentro do prazo de validade e serem aplicados numa dose mínima de 100 mL/50 kg de sementes. Volumes menores não são recomendados, pois não permitem uma boa uniformidade de distribuição nas sementes. No caso de inoculante turfoso, não se deve aplicar diretamente na caixa da semeadora, pois também não permite boa distribuição, além de não aderir adequadamente à semente. Nesse caso, deve-se empregar uma substância adesiva recomendada pelo fabricante, ou mesmo uma solução açucarada a 10%, na dose de 300 mL/50 kg de sementes, para auxiliar na adesão do inoculante turfoso à semente. É preciso ter em mente que o inoculante contém células vivas, e que procedimentos inadequados como misturas incompatíveis, altas temperaturas, exposição ao sol, ressecamento, etc., podem levá-las à morte. Além disso, boas práticas agrícolas também contribuem para aumentar a eficiência da FBN. Por exemplo, a adoção de um sistema de semeadura direta com qualidade diminui as oscilações de temperatura e umidade no solo, o que contribui para a sobrevivência das bactérias. Calagem e adubação adequadas também são aliadas da FBN. A calagem assegura maior eficiência da FBN pois a acidez excessiva do solo é prejudicial à FBN, além de ser fonte de Ca para o desenvolvimento das raízes e nódulos. Além do Co e Mo já mencionados anteriormente, o fósforo também é essencial, pois a FBN é um processo que demanda altas quantidades de energia na forma de ATP. Qualquer deficiência nutricional que prejudique a planta, também prejudicará a FBN. Já o N mineral, em doses acima de 20 kg/ha, inibe a nodulação e a FBN, sendo seu uso dispensável na cultura da soja.