

Fixação

Aplicação de inoculantes define sucesso da nodulação

Norimar D'Avila Denardin*

Representando 42% das vendas brasileiras de grãos ao exterior, a cultura da soja assume papel de relevância econômica e social para o agronegócio do país. Porém, para que ela atinja os rendimentos esperados por unidade de área, são necessários, além de adequados tratamentos culturais, consideráveis quantidades de nitrogênio (N), um dos componentes críticos do processo de produção dessa cultura. Estima-se que para produzir 1.000 kg/ha de grãos, são necessários 80 kg/ha de N. Essa demanda pode ser suprida por diferentes fontes, sendo a principal associada à capacidade da soja em fixar o N simbioticamente da atmosfera. Essa fixação biológica de N (FBN) atmosférico resulta do processo estabelecido entre bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, genericamente chamadas de rizóbios, e a cultura da soja.

A tecnologia indicada para suprir a demanda de N requerida pela soja, em condições de solo deficiente em N, sem elevação considerável dos custos de produção, é a inoculação das sementes ou do solo com estirpes específicas de bactérias fixadoras de N atmosférico. O



NORIMAR D'AVILA DENARDIN/UFV

Nódulos bem formados em raízes de soja; Passo Fundo, RS, 2005

sucesso dessa tecnologia está associado ao adequado estabelecimento da simbiose entre a planta e a bactéria, ação resultante, entre outros fatores, de inoculantes de elevada qualidade. Nesse sentido, a pesquisa proporcionou relevantes informações, que variam desde o melhoramento do potencial genético das plantas, até a seleção de estirpes mais eficientes e mais competitivas. A ação conjugada desses fatores resultou em aumentos consideráveis no rendimento dessa cultura, sem elevar custos de produção. Portanto, o desenvolvimento de técnicas que visem a maximizar o potencial fixador do N atmosférico pela soja constitui tema prioritário para pesquisa na área.

Na maximização desse processo biológico, de modo que a planta expresse todo seu potencial genético, um conjunto de medidas torna-se necessário, entre as quais a escolha do inoculante assume relevância, ao lado do manejo de solo, da rotação de culturas, da escolha da semente, do manejo integrado de pragas etc. O uso de inoculante de comprovada qualidade, em solos com população estabelecida de *Bradyrhizobium*, tem proporcionado, mesmo em anos agrícolas desfavoráveis, índices entre 4% e 8% de aumento de produtividade. No Brasil, o uso de inoculante na cultura da soja tem sido crescente. A adoção dessa tecnologia deve-se, em grande parte, às novas formulações e às novas técnicas de aplicação, que têm proporcionado, além de maior eficácia ao processo de FBN, maior praticidade à inoculação.

Variadas formulações de inoculantes são comercializadas atualmente, no país. Em princípio, o principal critério de relevância para a escolha de um inoculante deve ser a garantia de que a formulação proporcionará o maior número de rizóbios por semente, no ato de inoculação. Em decorrência, a qualidade de um inoculante estará associada à concentração mínima recomendada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e

Abastecimento (Mapa), à facilidade proporcionada pelo estado físico do inoculante ao processo de aplicação e a características que garantam a presença de um número desejável de rizóbios junto à semente inoculada. Fator importante a ser considerado é a pureza do produto, ou seja, a presença exclusiva de células de rizóbios, permitindo, desse modo, maior eficiência e sobrevivência das células bacterianas acondicionadas. Outras características desejáveis são ter pequeno volume, ser de fácil transporte, não requerer condições especiais para armazenamento, ser de fácil manuseio ao operador, permitir a aplicação mecânica e não ser abrasivo a máquinas ou sementes (Roughley; Pulsford, 1982).

Essas características combinadas contribuem certamente para o aumento da produtividade da soja e para a maior competição no solo, frente às estirpes naturalizadas. Em adição às características do inoculante, deve haver preocupação quanto à técnica de inoculação. Um dos fatores limitantes da maximização de sua eficiência reside no processo correto de aplicação, seja sobre as sementes, seja no sulco de semeadura. A tecnologia de aplicação deve estar adequadamente associada ao sistema de cultivo, de modo que o processo empregado garanta distribuição uniforme sobre as sementes ou no sulco de semeadura, prevenindo limitações à atração quimiostática na infecção da planta pela bactéria introduzida. Em um sistema agrícola que objetive reduzir custos operacionais, sem comprometer a produtividade, a inoculação eficiente e prática em sua manipulação é essencial.

A turfa tem sido comumente usada como suporte e, ao mesmo tempo, como substrato para a maioria dos inoculantes produzidos comercialmente, por oferecer proteção à bactéria contra ressecamento, tanto no processo de armazenamento como sobre as sementes, após a inoculação (Pugashetti et al., 1971), e por favorecer a multiplicação e a sobre-

vivência dos rizóbios, após a mistura do caldo de cultivo ao substrato, devido às suas características físico-químicas (Roughley, 1970). Os inoculantes formulados à base de turfa são apresentados na forma de pó ou granular, necessitando de aditivos naturais ou sintéticos que melhorem sua aderência às sementes. Alternativamente à turfa, existem inoculantes em formulação líquida, desenvolvidos recentemente e disponíveis no mercado. Eles podem ser diretamente aplicados sobre as sementes ou no sulco de semeadura, sem necessidade de aditivos para assegurar aderência do produto. Nos últimos anos, foram desenvolvidos e aprimorados estudos relativos à tecnologia de aplicação de inoculantes. Nesse contexto, foram adequados e produzidos equipamentos de aplicação de inoculantes em sementes e diretamente no sulco de semeadura.

Entende-se por “tecnologia de aplicação” o emprego de todo o conhecimento determinante da correta colocação de um determinado produto em um determinado alvo, em quantidades suficientes para que se alcance o objetivo proposto. Na tomada de decisão relativa à inoculação, faz-se necessário conhecer os fatores que determinam sucesso à operação, como o tipo de inoculante e a forma de aplicação, elegendose os que proporcionarem melhor relação custo/benefício. O Mapa indica a concentração de 600.000 células de rizóbio por semente. O constante desenvolvimento de formulações e de tecnologias de aplicação objetiva compatibilizar os processos de inoculação e de tratamento fitossanitário de sementes, no intuito de preservar a sobrevivência do rizóbio sobre as sementes tratadas, em concentrações preconizadas por pesquisas. Atualmente, as indicações de uso de inoculantes em sementes tratadas indicam a duplicação da dose, ou a inoculação direta no sulco de semeadura. Ela previne o contato direto do rizóbio com os agroquímicos, evitando, de

forma estratégica, a incompatibilidade entre esses processos.

O processo de inoculação depende do tipo de formulação do inoculante. As variedades em pó devem ser aplicadas de modo a recobrir homogênea as sementes. Esse processo, entretanto, requer substâncias promotoras de aderência do produto à semente. Para essa operação, indica-se a utilização de equipamentos que promovam o espalhamento uniforme sobre as sementes, sem provocar danos às mesmas. O tambor de eixo excêntrico é um tradicional exemplo de equipamento eficiente nessa finalidade. Os inoculantes granulados são melhor aplicados quando colocados diretamente no sulco de semeadura. A aplicação desse tipo de formulação pode ser realizada no ato da semeadura, mediante o emprego de semeadora equipada com caixa destinada à aplicação de inseticidas granulados. Os inoculantes líquidos, por sua vez, podem ser aplicados sobre as sementes e no sulco de semeadura. Caracterizam-se por facilitar uma distribuição uniforme, ampliando a capacidade efetiva de aderência às sementes. Sua aplicação no sulco de semeadura pode ser realizada por meio de equipamentos especificamente desenvolvidos para essa finalidade. Nos casos de aplicações sobre as sementes, indica-se que a operação seja efetuada à sombra e que a semeadura seja imediata, garantindo-se desse modo a concentração preconizada de células por semente.

Como medida adicional para assegurar sucesso à inoculação, é relevante certificar-se de que o inoculante tenha sido transportado e armazenado em condições adequadas de temperatura, arejamento e umidade, e a embalagem contenha data de fabricação, prazo de validade e indicação das estirpes específicas para a cultura da soja (Semia 587, Semia 5019, Semia 5079 e Semia 5080). Vários são os fatores que promovem estresse às células bacterianas integrantes de inoculantes. Entre eles, vale destacar

os relacionados à qualidade do suporte/substrato (pois influenciam diretamente a performance do produto) e os relativos ao tratamento fitossanitário de sementes, condições físicas, químicas e biológicas do solo e condições nutricionais da planta. A usual inoculação de sementes associada à co-aplicação de fungicidas, inseticidas e micronutrientes pode promover estresse às células bacterianas e, conseqüentemente, inibir a atividade dos rizóbios, reduzindo a nodulação e a fixação biológica do N (Campo; Hungria, 2000).

Entretanto, não usar fungicida talvez seja uma decisão de risco para o produtor. Estudos indicam que certos fungicidas proporcionam a morte de até 100% das células bacterianas, em apenas 2 a 3 horas após o processo de co-aplicação de agroquímicos. Isso ocorre tanto em decorrência do princípio ativo, como em razão de características físico-químicas dos ingredientes empregados como veículo. Entretanto, determinadas combinações de fungicidas demonstraram baixa toxicidade, e outras não afetam a sobrevivência dos bradirizóbios. Entre essas combinações, destacam-se os princípios ativos fludioxonil + metalaxyl-m que, em avaliações sob condições estéreis, tanto em laboratório quanto em casa-de-vegetação, não afetaram as células bacterianas e tampouco a fixação biológica de N. Condições como excesso de umidade e de acidez, deficiência de nutrientes e teores elevados de nitrogênio no solo, bem como estresse de planta (por seca prolongada etc.) inibem a formação de nódulos e, conseqüentemente, a fixação biológica de N. Os micronutrientes Co e Mo são moléculas indispensáveis à eficácia da FBN. Entretanto, podem afetar o número de células de *Bradyrhizobium*. Indicações técnicas para uso desses nutrientes em tratamento de sementes variam de 2 a 3 g/ha para o Co, e de 12 a 30 g/ha para o Mo.

Quando micronutrientes forem empregados conjuntamente com fungicidas no

tratamento de sementes antes da inoculação, haverá redução no número de nódulos e, conseqüentemente, da eficiência da FBN. Portanto, quando houver necessidade de tratamento com fungicidas, é indicada a aplicação de micronutrientes em pulverização foliar, preferencialmente nos estádios de desenvolvimento V₃-V₅. (Campo; Hungria, 2000). Para minimizar danos causados por determinados fungicidas e/ou micronutrientes sobre os rizóbios, e conseqüentes frustrações de lavoura devido à ineficiente disponibilização de N e/ou perdas pela ausência de tratamento fitossanitário de sementes, certas medidas requerem atenção. É primordial a aquisição de sementes certificadas ou fiscalizadas por laboratórios de sementes oficiais ou particulares, com dados relativos ao potencial de germinação, à pureza física, à pureza varietal e, fundamentalmente, à qualidade sanitária. São medidas fundamentais para se garantir o sucesso do plantio. ☺

**Norimar D'Ávila Denardin é professora da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAMV), Universidade de Passo Fundo (UPF). (norimar@upf.br).*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAMPO, R. J.; HUNGRIA, M. *Compatibilidade de uso de inoculantes e fungicidas no tratamento de sementes de soja*. Londrina: Embrapa Soja, 2000. 32 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 26).
- FREIRE, J. R. J.; JONES, J. H. Influência da temperatura de armazenamento na longevidade dos inoculantes em leguminosas. *Revista da Faculdade de Agronomia e Veterinária*, Porto Alegre, v. 6, p. 85-93, 1963.
- PUGASHETTI, B. K.; GOPALGOWDA, H. S.; PATIL, R. B. Cellulose powder as legume inoculant base. *Current Science*, Bangalore, v. 40, p. 494-495, 1971.
- ROUGHLEY, R. J. The preparation and use of legume seed inoculant. *Plant and Soil*, The Hague, v. 32, p. 676-701, 1970.
- ROUGHLEY, R. J.; PULSFORD, D. J. Production and control of legume inoculants. In: VINCENT, J. M. (Ed.). *Nitrogen fixation in legumes*. London: Academic Press, 1982. p. 193-210.