

Efeito da Reinoculação e da Adubação Nitrogenada no Rendimento da Soja em Mato Grosso

Maria de Fátima Loureiro¹
Eugênio N. dos Santos²
Mariangela Hungria³
Rubens José Campo³

1 Introdução

Os teores elevados de proteína e óleo dos grãos de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] fazem com que a cultura tenha grande importância econômica e social para o Brasil, participando de modo crescente, direta ou indiretamente, na dieta do brasileiro, além de representar a principal fonte de divisas de exportação agrícola. Com a expansão da cultura, o Brasil é, hoje, o segundo maior produtor mundial de grãos dessa leguminosa e, na safra 1999/2000, a Região Centro-Oeste foi responsável por 44,6% da produção brasileira, contra 40,2% da Região Sul. O maior produtor nacional é o Estado de Mato Grosso que, na safra 1999/2000, produziu 7,65 milhões de toneladas de soja, em uma área de 2,64 milhões de hectares, atingindo produtividade de 2.900 kg/ha, superior à média nacional. A participação do Mato Grosso, nessa safra, foi de 19,8% da área cultivada e de 24,3% da produção. Esse estado destaca-se, ainda, pela taxa média anual de crescimento da produção, de 9,88%, sendo 2,70% por maior produtividade e 7,18% ao ano por aumento da área cultivada.

Para a produção de uma tonelada de grãos de soja, com 6,5% de N, são necessários 65 kg de N para os grãos e de 15 a 25 kg de N para as folhas, caule e raízes. Considerando a necessidade de 80 kg de N para cada tonelada seriam necessários, portanto, 232 kg de N/ha em propriedades produzindo 2.900 kg de grãos/ha. O teor de N dos solos, porém, é geralmente baixo, conseguindo fornecer somente de 10 a 20 kg de N/ha. Conseqüentemente, o N precisa ser fornecido via fertilizantes ou via fixação biológica do nitrogênio atmosférico (N₂).

A eficiência de utilização dos fertilizantes nitrogenado é baixa, em média 50%, pois há perdas por lixiviação, escoamento superficial, desnitrificação e volatilização. Desse modo, as necessidades de N na cultura da soja são, na verdade, de 464 kg de N ou 1,031 ton de uréia, que contém 45% de N. Ao preço de US\$ 160/ton de uréia, certamente a cultura estaria inviabilizada economicamente.

Pelo processo de fixação biológica do N₂, bactérias das espécies *Bradyrhizobium japonicum* e *B. elkanii*

1 Eng.Agr., Prof., Ph.D., UFMT FAMEV, Av. Fernando Correa s/n, Campus Universitário, 78000-900, Cuiabá, MT

2 Eng.Agr., Prof., UFMT FAMEV

3 Eng. Agr. Ph.D., Embrapa Soja, Cx. Postal 231, 86001-970, Londrina, PR.

estabelecem simbiose com a soja, formando estruturas típicas, os nódulos, onde, graças à ação de uma enzima bacteriana, a dinitrogenase, ocorre a conversão do N_2 , presente nos espaços porosos do solo, para amônia. Exatamente a mesma amônia produzida na indústria de fertilizantes, cuja síntese consome, em média, seis barris de petróleo por tonelada de amônia sintetizada. Essas bactérias realizam o processo de fixação biológica praticamente de graça para o agricultor, em troca apenas de alguns produtos da fotossíntese das plantas.

A pesquisa brasileira em microbiologia agrícola desenvolve trabalhos contínuos para garantir a maximização do processo de fixação biológica do N_2 para o agricultor, visando diminuir os custos na propriedade. Os resultados de mais de 50 ensaios conduzidos no Brasil mostram que a reinoculação em solos com população estabelecida por inoculações anteriores, com as bactérias indicadas pela pesquisa e usadas nos inoculantes comerciais, resultam em um incremento médio de 4,5% no rendimento da cultura, podendo atingir valores de 23%. Em diversos outros ensaios, tem-se constatado, também, que não há necessidade de complementação com fertilizantes nitrogenados em qualquer estágio do crescimento da soja, pois não são constatados ganhos no rendimento da cultura.

Infelizmente, quase não há ensaios conduzidos por microbiologistas agrícolas no maior estado produtor do Brasil, onde freqüentemente surgem dúvidas sobre se os resultados obtidos em outros locais podem ser trazidos para o Mato Grosso. Os agricultores também questionam se, por apresentarem produtividade superior à média nacional, seria necessário realizar adubação nitrogenada complementar. Os resultados aqui apresentados representam, portanto, os primeiros de uma série de ensaios que serão conduzidos no estado pela Embrapa Soja e pela UFMT para esclarecer as dúvidas dos agricultores.

2 Efeito da Reinoculação e da Adubação Nitrogenada

O ensaio foi conduzido na safra 2000/01, na Fazenda Boa Vista, no município de Jaciara, Mato Grosso, em um Latossolo vermelho escuro cultivado há mais de dez anos com soja. O solo havia recebido inoculante, mas não

havia histórico detalhado da área. A semeadura foi realizada em 22/11/2000, no sistema de plantio direto, com a cultivar UFV-18, utilizada pelo proprietário. As propriedades químicas e o número de células de *Bradyrhizobium* do solo constam na Tabela 1. A calagem e a adubação foram realizadas conforme análise química, corrigindo-se para todos os macronutrientes, exceto N, na quantidade de 400 kg/ha de N-P-K (02-20-18). Aos 50 dias após a semeadura, foram aplicados Mo e Co via foliar, na dose de 20 g/ha de Mo e 2 g/ha de Co. Os micronutrientes foram aplicados via foliar para que a sobrevivência das bactérias nas sementes fosse preservada. As parcelas experimentais mediram 5,0 x 4,0 m, com 0,5 m entre linhas e foram separadas por 1,0 m e pequenos terraços, para evitar contaminação. Os experimentos foram conduzidos em delineamento experimental de blocos ao acaso, com seis repetições.

Os inoculantes foram preparados pela FEPAGRO (Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária, Porto Alegre, RS), em turfa esterilizada e contendo, individualmente, cada uma das quatro estirpes recomendadas comercialmente para a cultura da soja no Brasil: SEMIA 587, SEMIA 5019 (= 29w), SEMIA 5079 (= CPAC 15) e SEMIA 5080 (= CPAC 7). Os inoculantes foram preparados para que cada tratamento apresentasse 10^8 células/g de inoculante. Os inoculantes foram adicionados na dose de 500 g de inoculante/50 kg de sementes e, como adesivo, foi utilizada solução açucarada a 10%, na dosagem de 300 ml de solução/500 g de inoculante. As sementes não foram tratadas com fungicidas.

O experimento constou de 12 tratamentos. Foram incluídos dois controles não inoculados, sem ou com N mineral, aplicado na dose de 100 kg de N (uréia), na semeadura, e 100 kg de N, no florescimento. Cada uma das estirpes foi testada individualmente pois, como a maioria dos solos hoje cultivados com soja já foi inoculada anteriormente, a pesquisa decidiu verificar se a reinoculação com inoculantes contendo apenas uma estirpe já seria suficiente para proporcionar bons rendimentos de grãos. Para a indústria, também seria melhor produzir inoculantes com apenas uma estirpe. Três outros tratamentos incluíram as duas combinações de estirpes que hoje são utilizadas nos inoculantes

Tabela 1. Análises química e microbiológica do Latossolo vermelho escuro no qual foi conduzido o experimento.

Camada (cm)	pH em $CaCl_2$	Al	H+Al	Ca (cmolc/dm ³)	Mg (cmolc/dm ³)	K	CTC	P (mg/dm ³)	V %	C (g/dm ³)	<i>Bradyrhizobium</i> (n ^o cél.g ⁻¹)
0-20	5,09	0,00	4,37	2,19	0,66	0,10	7,32	12,0	40,30	25,4	10^5
20-40	5,01	0,00	4,44	0,59	0,18	0,05	5,26	9,4	15,59	16,2	10^2

comerciais, SEMIA 587 + SEMIA 5019 (selecionadas na Região Sul) e SEMIA 5079 + SEMIA 5080 (selecionadas nos Cerrados) e a combinação SEMIA 587 + SEMIA 5080 que, nos ensaios em Rede Nacional, apresentou o melhor desempenho simbiótico. Finalmente, três outros tratamentos visaram verificar o efeito da reinoculação com as estirpes SEMIA 587 + SEMIA 5080 e complementação com fertilizantes nitrogenados, aplicados como uréia, a lanço: 30 kg de N, na semeadura, 50 kg de N, no pré-florescimento, e 50 kg de N, no início do enchimento de grãos.

Aos 50 dias após a semeadura (DAS), foram coletadas 10 plantas por repetição. As plantas foram separadas em parte aérea e raiz e o material foi seco em estufa a 65°C, até atingir massa constante. Os nódulos foram coletados das raízes, contados, secos e pesados. O N total da parte aérea foi avaliado pelo método N-Kjeldahl. Na colheita final (02/04/2001), foi avaliado o rendimento e o N total dos grãos. O rendimento foi corrigido para 13% de umidade, após leitura em um aparelho determinador de umidade Vurroughf 700. As médias dos dados foram comparadas pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o programa SANEST-PC.

Embora o solo apresentasse alta população de *Bradyrhizobium*, estabelecida por inoculações anteriores, foi constatado, aos 50 DAS, um incremento no número de nódulos em todos os tratamentos inoculados e, no parâmetro de massa de nódulos, em alguns dos tratamentos (Tabela 2). Constatou-se, também, maior número de nódulos na coroa da raiz principal. E por que neste e em outros ensaios conduzidos no Brasil é constatado aumento na nodulação pela reinoculação se no solo já existem tantas bactérias? O que ocorre é que, no solo, essas bactérias estão limitadas por diversos fatores ambientais e, principalmente, nutricionais. Estima-se que, de toda a população microbiana do solo, no máximo 10% dos microrganismos estejam no estágio ativo. Quando a germinação da soja inicia, as sementes e, a seguir, as raízes, liberam diversos compostos que atraem as bactérias para a rizosfera e estimulam a sua multiplicação. Os segmentos das raízes, porém, são suscetíveis à formação de nódulos apenas por poucas horas, durante o crescimento. Desse modo, muitas vezes as bactérias somente atingem as raízes e se tornam aptas a formar nódulos quando já há um determinado crescimento das raízes. Ao contrário, nas sementes inoculadas carregando diversos milhares de bactérias, a formação de nódulos é imediata, constatando-se nodulação abundante no colo da raiz principal, que é fundamental para o bom estabelecimento da cultura no campo. Ainda em relação à nodulação, os efeitos negativos da aplicação de nitrogênio na nodulação podem ser vistos particularmente no parâmetro de massa de nódulos, pois a aplicação de 100 kg de N, no

florescimento, reduziu em 20% esse parâmetro.

Na avaliação realizada aos 50 DAS, foi constatado, também, que tanto a reinoculação como a aplicação de fertilizante nitrogenado favoreceram o desenvolvimento das raízes, em relação ao controle não inoculado e sem N (Tabela 2). Nessa mesma coleta, a massa da parte aérea foi superior no tratamento que recebeu 100 kg de N na semeadura e pela inoculação com a estirpe SEMIA 587 e, embora não diferindo estatisticamente, o N acumulado na parte aérea foi incrementado pela reinoculação e pela aplicação de fertilizante nitrogenado (Tabela 2).

Na colheita final, os rendimentos de grãos obtidos foram inferiores à média do estado, mas compatíveis com os rendimentos médios obtidos naquela região e safra, por causa da semeadura tardia e da seca. Constataram-se incrementos no rendimento pela reinoculação da soja, exceto pela estirpe SEMIA 5019 e pela combinação SEMIA 587 + SEMIA 5019. A média dos demais tratamentos inoculados foi de 2.700 kg/ha, implicando em um incremento de 202 kg/ha, correspondente a 8%, em relação ao tratamento controle não inoculado. Considerando um custo de inoculação de US \$ 2,50/ha (inoculante + inoculação) e o preço de US \$ 10/saca, tem-se que os ganhos pela reinoculação foram de US \$ 31,8/ha. Os ganhos foram ainda maiores pela reinoculação com a estirpe SEMIA 5079, de 390 kg/ha, ou 6,5 sacas. Essa estirpe foi selecionada pela Embrapa Cerrados e, em diversos ensaios conduzidos por essa instituição, tem-se mostrado como muito eficiente no processo de fixação do N₂ na Região Central do Brasil. Outros parâmetros analisados de grande importância, a porcentagem de N nos grãos e o N total dos grãos, confirmaram que a reinoculação garantiu teores mais elevados de proteínas, em relação ao controle não inoculado. No caso da reinoculação com a estirpe SEMIA 5079, os grãos de soja acumularam 27 kg N/ha a mais do que no tratamento não inoculado (Tabela 2).

Em relação à complementação com adubos nitrogenados, não houve benefício no rendimento de grãos pela aplicação de 30 kg de N, na semeadura, 50 kg N, no pré-florescimento, ou 50 kg de N, no início do enchimento de grãos (Tabela 2). Os rendimentos nos tratamentos em que foram aplicados 30 kg de N no plantio ou 50 kg de N no enchimento de grãos foram, inclusive, inferiores à reinoculação com a estirpe SEMIA 5079. Ao aplicar fertilizante nitrogenado, o agricultor estará, então, aumentando os seus custos sem retorno econômico.

Os resultados obtidos neste experimento corroboram aqueles obtidos em vários outros locais do Brasil. A aplicação de N na semeadura pode diminuir a formação de nódulos e/ou a atividade dos mesmos. Em outros

Tabela 2. Efeito da reinoculação com estirpes de *Bradyrhizobium* e da complementação com fertilizante nitrogenado na nodulação (número, NN e massa de nódulos secos, MNS), massa das raízes (MRS) e da parte aérea seca (MPAS) e N total na parte aérea (NTPA) aos 50 dias após o plantio, e rendimento (RG) e N percental (NG) e total (NTG) acumulado nos grãos de soja, cultivar UFV-18.

Tratamento	NN (n°/pl.)	MNS (mg/pl.)	MRS (g/pl.)	MPAS (g/pl)	NTPA (mg N/pl)	RG (kg/ha)	NG (%)	NTG (kg N/ha)
Sem inoculação	38 c	122 bc	1,4 b	7,3 ab	189 a	2.498 b	6,26 c	156 c
Sem Inoc. + 200 kg N (50% plantio, 50% florescimento)	40 bc	97 c	1,6 ab	9,1 a	252 a	2.668 ab	6,26 c	166 abc
SEMIA 587	54 a	197 a	1,5 ab	8,8 a	258 a	2.640 ab	6,36 bc	167 abc
SEMIA 5019	48 abc	135 bc	1,5ab	7,3 ab	205 a	2.473 b	6,34 bc	156 c
SEMIA 5079	50 a	160 ab	1,6 ab	8,0 ab	231 a	2.888 a	6,34 bc	183 a
SEMIA 5080	49 ab	154 ab	1,5 ab	8,2 ab	244 a	2.612 ab	6,51 abc	169 abc
SEMIA 587 + SEMIA 5019	44 abc	146 b	1,5 ab	7,0 ab	222 a	2.500 b	6,41 bc	159 bc
SEMIA 5079 + SEMIA 5080	49 ab	180 bc	1,5 ab	7,6 ab	232 a	2.577 ab	6,44 bc	165 abc
SEMIA 587 + SEMIA 5080	45 abc	155 ab	1,5 ab	8,1 ab	235 a	2.781 ab	6,47 abc	179 ab
S. 587 + S. 5080 + 30 kg N/ha no plantio	46 abc	124 bc	1,7 a	8,4 ab	249 a	2.535 b	6,48 abc	163 abc
S. 587 + S. 5080 + 50 kg N/ha no pré-florescimento	50 ab	122 bc	1,5 ab	6,8 b	214 a	2.580 ab	6,58 ab	168 abc
S. 587 + S. 5080 + 50 kg N/ha no enchimento de grãos	47 abc	160 ab	1,7 ab	7,9 ab	259 a	2.527 b	6,72 a	169 abc
CV (%)	16,0	25,6	14,1	21,0	26,0	9,3	3,1	9,2

ensaios conduzidos na Embrapa Soja, constatou-se que as maiores taxas de fixação biológica do N₂ ocorrem após o florescimento da soja. Conseqüentemente, a aplicação de fertilizante nitrogenado, justamente na época de maior atividade de fixação do N₂, apenas inibe o processo biológico em seu estágio mais ativo.

3. Conclusões

Os resultados obtidos neste ensaio conduzido em Jaciara, Mato Grosso, confirmam que a reinoculação da soja é uma prática que traz benefícios à cultura, pois permitiu ganhos de 8% no rendimento dos grãos. Isso ocorre porque a reinoculação adiciona bactérias em estágio fisiológico mais adequado à formação dos nódulos, e em maior concentração junto às sementes, resultando em incrementos na nodulação e no rendimento de grãos. Assim, para que a soja não consuma o N do solo, e para que o agricultor não aumente o seu gasto com a compra de fertilizantes, basta inocular a soja. Os fertilizantes nitrogenados

prejudicam a fixação biológica do N₂ e, assim como havia sido constatado em outros ensaios conduzidos no Brasil, não trouxeram quaisquer benefícios à cultura, quando aplicados em três diferentes estágios de crescimento das plantas. Inocular as sementes é, portanto, enriquecer o solo com microrganismos que trabalharão para fornecer, a baixo custo, grandes quantidades de N à soja, além de contribuir para melhorar os níveis de matéria orgânica do solo.

Agradecimentos

Os microbiologistas da Embrapa Soja são apoiados, em sua pesquisa, pelo CNPq/MCT, PRONEX, Grupo de Excelência em fixação do Nitrogênio (41.96.0884.00) e pelo CNPq (52096-96, 463953/00-2). Os autores agradecem a Marisa S. Eumann, pelas análises estatísticas. O auxílio técnico de Valentin Nunes Filho, na Fazenda Boa Vista e, na Embrapa Soja, de José Zucca Moraes, Rubson N. R. Sibaldelle e Rinaldo B. Conceição foi essencial ao desenvolvimento da pesquisa.

Comunicado Técnico, 74

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Soja
 Rodovia Carlos João Strass - Distrito de Warta
 Caixa Postal, 231 - CEP: 86001-970 - Londrina, PR
Fone: (43) 371 6000
Fax: (43) 371 6100
E-mail: sac@cnpsa.embrapa.br



1ª edição
 1ª impressão (11/2001): tiragem: 1500 exemplares

Comitê de Publicações

Presidente: José Renato Bouças Farias
Secretária-Executiva: Clara Beatriz Hoffmann Campo
Membros: Alexandre Lima Nepomuceno, Antônio Ricardo Panizzi, Carlos Alberto Arrabal Arias, Flávio Moscardi, José Francisco Ferraz de Toledo, Léo Pires Ferreira, Norman Neumaier e Odilon Ferreira Saraiva

Expediente

Supervisor editorial: Odilon Ferreira Saraiva
Revisão de texto: Comitê de Publicações
Editoreção eletrônica: Helvio Borini Zemuner