

Reinoculação e adubação nitrogenada na cultura da soja

Mariangela Hungria
Julio Cezar Franchini
Rubens José Campo
Carla Cripa Crispino
José Zucca Moraes
Rubson N. R. Sibaldelli
Iêda Carvalho Mendes
Fábio Bueno dos Reis Junior

Líder: Iêda de Carvalho Mendes

Número do projeto: 03.03.102.00

Macroprograma 03: Adaptação, finalização e ajustes de sistemas, processos e tecnologias.

UD de origem do projeto: Embrapa Cerrados

Resumo

As pesquisas desenvolvidas com a soja no Brasil permitiram um grande acréscimo no rendimento da cultura, com a média nacional passando de 1.144 kg/ha em 1968/69 para 2.782 kg/ha em 2002/03. Para fornecer nitrogênio a cultivares de alta produtividade, os rizobiologistas têm trabalhado na seleção de estirpes com maior capacidade de fixação de N_2 e melhorias na técnica de inoculação. Assim, patamares superiores a 4.000 kg/ha são obtidos exclusivamente pela inoculação, não sendo necessária nenhuma suplementação com fertilizantes nitrogenados. No

entanto, de maneira crescente, nos últimos anos têm surgido dúvidas sobre a necessidade de adubar a soja com fertilizante nitrogenado para garantir maiores produtividades. A idéia atualmente divulgada é que a reinoculação não é necessária e a aplicação de doses moderadas de N (50kg/ha) no pré-florescimento ou no início do enchimento de grãos, resultará em incrementos na produtividade da soja. Este projeto teve por objetivo finalizar os estudos iniciados em 2001 referentes aos efeitos da reinoculação e da suplementação com fertilizante nitrogenado sobre as taxas de fixação biológica do N_2 e rendimento da soja. Reinoculação é o termo utilizado para descrever a inoculação em uma área que foi cultivada com soja inoculada anteriormente e, por isso, já possui no solo uma população estabelecida de bradirrizóbios. Foram conduzidos oito experimentos em áreas de produção de soja, onde a reinoculação foi feita adequadamente, seguida ou não, pela suplementação com fertilizante nitrogenado, em estágios específicos do crescimento (pré-florescimento e início do enchimento de grãos). Nesses experimentos, foram avaliados a nodulação, o N total acumulado pelas plantas, a fixação biológica do N_2 (pelo teor de N-ureídeos) e o rendimento da cultura. Os resultados obtidos contribuirão para que manejos mais adequados sejam utilizados pelos produtores, evitando prejuízos tanto para a fixação biológica do N_2 , como pelo possível uso desnecessário de fertilizante nitrogenado com significativos aumentos no custo de produção da soja.

Introdução

A soja é uma leguminosa capaz de estabelecer uma relação simbiótica com bactérias que fixam o nitrogênio atmosférico (N_2), transformando-o em formas nitrogenadas que são utilizadas para a nutrição da planta hospedeira. O custo elevado de fertilizantes nitrogenados no Brasil fez a fixação biológica de N_2 ocupar uma posição de destaque na pesquisa e no manejo desde o período de expansão da cultura no País. Como consequência, as cultivares atualmente disponíveis no mercado conseguem suprir todas as necessidades de N pelo processo biológico, realizado por bactérias das espécies *Bradyrhizobium japonicum* e *B. elkanii* (Hungria & Vargas, 2000; Hungria et al., 2001, 2005, 2006a). Outro

diferencial da pesquisa brasileira foi demonstrar, em ensaios conduzidos em todo o território nacional, que mesmo em solos com populações de rizóbios estabelecidas por inoculações anteriores, a reinoculação da soja garante incrementos médios no rendimento de grãos, da ordem de 4,5 % a 8 % (Hungria et al., 2001, 2006a), o que, em geral, não ocorre em outros países, como nos Estados Unidos da América e na Austrália. O incremento pela reinoculação tem sido atribuído, principalmente, às condições ambientais estressantes a que os solos brasileiros são, com frequência, submetidos, bem como às boas estirpes e às tecnologias adequadas de inoculação identificadas pela pesquisa brasileira, mas o controle rígido de qualidade dos inoculantes também é um fator fundamental para o sucesso da reinoculação a campo (Hungria & Vargas, 2000; Hungria et al., 2006a). Contudo, às vezes surgem questionamentos sobre a capacidade do processo biológico de atender às demandas de novas cultivares com potencial elevado de rendimento (Vitti & Trevisan, 2000; Yamada, 2000; Lamond & Wesley, 2001; Cooper, 2003). Nesse contexto, este estudo teve por objetivo verificar os efeitos da reinoculação e da complementação com fertilizantes nitrogenados nos parâmetros de fixação biológica do N_2 e de rendimento da cultura da soja.

Objetivo

Verificar os efeitos da reinoculação e da complementação com fertilizantes nitrogenados nos parâmetros de fixação biológica do N_2 e de rendimento da cultura da soja em solos tradicionalmente cultivados com essa leguminosa no estado do Paraná.

Material e Métodos

Foram conduzidos 20 experimentos em um latossolo roxo distrófico, na Estação Experimental da Embrapa Soja, em Londrina, PR, e outros 20 em um latossolo vermelho-escuro, na Estação Experimental da Embrapa – Escritório de Negócios de Ponta Grossa, PR. Todas as áreas já haviam sido cultivadas com soja há mais de dez anos e apresentavam populações elevadas de *Bradyrhizobium japonicum* e *B. elkanii*,

estimadas, na camada de 0 cm-10 cm, em 105 e 103 células/g de solo, em Londrina e Ponta Grossa, respectivamente. Os experimentos foram conduzidos nos sistemas de semeadura conhecidos como plantio convencional (PC) e plantio direto (PD), por três safras, de 2000/2001 a 2002/2003. No verão, foi semeada soja das cultivares EMBRAPA 48 (grupo de maturação precoce, até 115 dias) e BRS 134 (grupo de maturação médio, 126 a 137 dias). As parcelas experimentais mediram 5 m x 3,2 m, com 0,4 m entre linhas (Londrina), ou 5 m x 4 m, com 0,5 m entre linhas (Ponta Grossa) e foram separadas por 0,8 m e pequenos terraços de 1,6 m. No inverno, foi semeado trigo nas mesmas parcelas, recebendo a adubação recomendada para a cultura, exceto N. Em Londrina, foi utilizada a cultivar de trigo BRS 193 e, em Ponta Grossa, a cultivar BRS 49, em 2001 e a BRS 208, em 2002.

Na semeadura de verão, as sementes de soja foram inoculadas, anualmente, com as estirpes de *B. elkanii* SEMIA 587 e *B. japonicum* SEMIA 5080 (= CPAC 7), em inoculante turfoso contendo 108 células/g de inoculante na primeira safra e 109 células/g de inoculante a partir da segunda safra, sempre 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. Cada experimento com soja constou de seis tratamentos: 1) controle não-inoculado; 2) controle não-inoculado + 200 kg de N/ha (100 kg de N no plantio e 100 kg no florescimento); 3) inoculação-padrão (IP) com as estirpes SEMIA 587 + SEMIA 5080; 4) IP + 30 kg de N/ha, na semeadura; 5) IP + 50 kg de N/ha, no pré-florescimento (R2); 6) IP + 50 kg de N/ha, no início do enchimento dos grãos (R4). O N sempre foi fornecido como uréia e a lanço. Nas três safras, o delineamento experimental foi em blocos ao acaso com seis repetições e os tratamentos foram colocados nas mesmas parcelas. Aos 50 dias após a semeadura, foram coletadas dez plantas por repetição, avaliando-se o número e a massa de nódulos secos, a massa da parte aérea seca, o conteúdo de N total e de N sob a forma de ureídios na parte aérea, conforme descrito por Hungria et al., 2006b. Na colheita, foi avaliado o rendimento (corrigido para 13 % de umidade) e o teor de N total nos grãos. Para a cultura de inverno, foi

avaliado o rendimento de grãos do trigo. As médias dos dados foram comparadas pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade, procedendo-se, também, à análise conjunta de todas as safras.

Resultados e Discussão

Neste estudo, foram conduzidos quatro ensaios com soja no verão, durante três anos e quatro com trigo no inverno, por dois anos, em Londrina e Ponta Grossa, PR, totalizando 40 ensaios. Uma estação seca no inverno do segundo ano, em Londrina, e um longo período de seca após o estádio R2 da soja, em Ponta Grossa, resultaram em perdas no rendimento. Os dados referentes a esses ensaios não foram considerados na análise estatística conjunta. Consequentemente, para o rendimento de grãos foram considerados 20 ensaios com soja e 12 com trigo.

Quando comparada à população estabelecida de *Bradyrhizobium*, a reinoculação aumentou significativamente a contribuição da fixação biológica do N_2 , avaliada pelo método de N-ureidos, de 79 % para 84 %. Houve, também, um incremento médio no rendimento de grãos de 127 kg/ha, correspondente a 4,7 % (Fig. 4), bem como no teor de N total nos grãos, em média, de 6,6 %. A aplicação de uma dose elevada de fertilizante (200 kg de N/ha) reduziu, drasticamente, a nodulação e a contribuição da fixação biológica do N_2 para 44 %, sem resultar em incremento na produtividade de grãos (Figs. 4 e 5). A aplicação de uma “dose de arranque”, de 30 kg de N/ha, na semeadura inibiu, levemente, a nodulação inicial (dados não mostrados) e a contribuição do processo biológico, para 81 %, sem resultar em qualquer ganho no rendimento de grãos (Figs. 4 e 5). Já a aplicação de fertilizantes nitrogenados em R2 e R4 diminuiu a nodulação e a contribuição da fixação biológica do N_2 para 77 % e, também, o rendimento de grãos (Figs. 4 e 5).

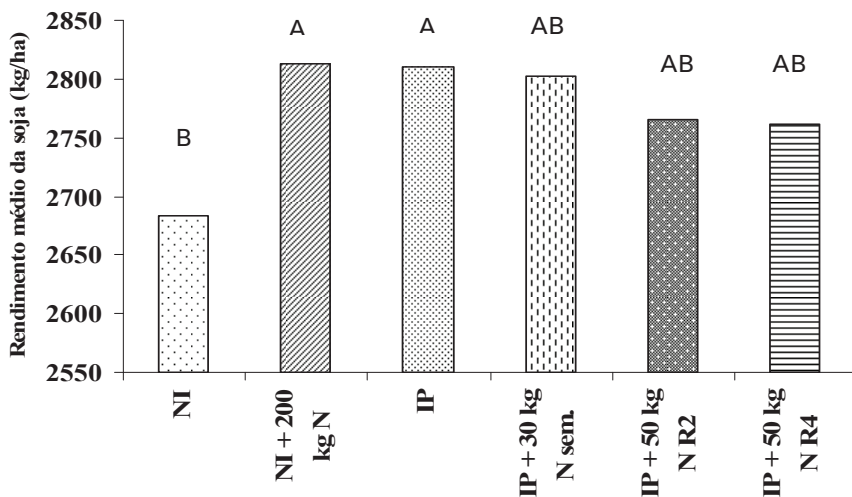


Fig. 4. Rendimento de soja (kg/ha) não-inoculada (NI), sem e com fertilizante nitrogenado (200 kg de N/ha, metade na semeadura e metade em R2), ou inoculada (inoculação-padrão, IP), sem ou com suplementação com fertilizante nitrogenado (30 kg de N/ha na semeadura, ou 50 kg de N/ha em R2, ou 50 kg de N/ha em R4). Médias de 20 ensaios conduzidos em Londrina e Ponta Grossa (sob plantio direto e plantio convencional, com as cultivares de soja Embrapa 48 e BRS 134, em ensaios com seis repetições). Valores seguidos por letras distintas diferem estatisticamente (Duncan, 5 %).

O rendimento de trigo semeado como cultura de inverno, sem adição de fertilizante nitrogenado, somente com os resíduos da cultura da soja, também foi avaliado. Não foi constatado efeito residual do fertilizante nitrogenado na cultura do trigo. Contudo, considerando-se os incrementos na produtividade obtidos com as culturas de soja e trigo, evidenciaram-se os benefícios da reinoculação (Fig. 5).

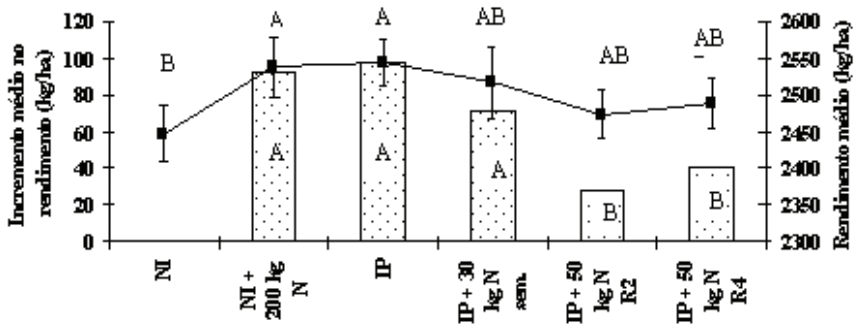


Fig. 5. Rendimento médio de soja e trigo e incremento médio no rendimento dessas culturas (kg/ha), considerando os seguintes tratamentos das parcelas com soja: não-inoculada (NI), sem e com fertilizante nitrogenado (200 kg de N/ha, metade na semeadura e metade em R2), ou inoculada (inoculação-padrão, IP), sem ou com suplementação com fertilizante nitrogenado (30 kg de N/ha na semeadura, ou 50 kg de N/ha em R2, ou 50 kg de N/ha em R4). Médias de 32 ensaios conduzidos em Londrina e Ponta Grossa (sob plantio direto e plantio convencional, com as cultivares de soja Embrapa 48 e BRS 134, em ensaios com seis repetições). Valores de incremento ou rendimento seguidos por letras distintas diferem estatisticamente (Duncan, 5 %).

Os resultados obtidos destacam os benefícios econômicos e ambientais que resultam da substituição dos fertilizantes nitrogenados pela inoculação e pela fixação biológica do N_2 e, também, os benefícios resultantes da prática da reinoculação, mesmo em solos com populações estabelecidas elevadas de *Bradyrhizobium*. A importância do processo biológico fica enfatizada quando se considera que a recomendação de apenas 30 kg de N/ha nos 22 milhões de ha atualmente cultivados com soja no Brasil, resultaria em custo adicional de 264 milhões de dólares por safra para o País. Finalmente, os resultados indicam que não existe qualquer incremento na produtividade de soja ou trigo, que sucede a cultura da soja, pela suplementação com fertilizantes nitrogenados.

Conclusões

Os resultados obtidos reforçaram os benefícios econômicos e ambientais que resultam da substituição dos fertilizantes nitrogenados pela inoculação. Mesmo em solos com população estabelecida de *Bradyrhizobium*, a reinoculação com estirpes selecionadas pela pesquisa brasileira resultou em incrementos médios, na produtividade de grãos, de 4,7 %.

Referências

COOPER, R.L. Pesquisa sobre produtividade máxima da soja nos EUA. **Informações Agronômicas**, v.101, p.1-6, 2003.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T. Environmental factors affecting N₂ fixation in grain legumes in the tropics, with an emphasis on Brazil. **Field Crops Research**, v.65, p.151-164, 2000.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2001. 48p. (Embrapa Soja. Circular Técnica 35. Embrapa Cerrados. Circular Técnica 13).

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C.; GRAHAM, P.H. Contribution of biological nitrogen fixation to the N nutrition of grain crops in the tropics: the success of soybean (*Glycine max* L. Merr.) in South America. In: SINGH, R.P.; SHANKAR, N.; JAIWAL, P.K., eds. **Nitrogen nutrition and sustainable plant productivity**. Houston, Texas: Studium Press, LLC, 2006a. p.43-93.

HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J.C.; CAMPO, R.J.; CRISPINO, C.C.; MORAES, J.Z.; SIBALDELLI, R.N.R.; MENDES, I.C.; ARIHARA, J. Nitrogen nutrition of soybean in Brazil: contributions of biological N₂ fixation and of N fertilizer to grain yield. **Canadian Journal of Plant Science**, v.86, p.927-939, 2006b.

HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J.C.; CAMPO, R.J.; GRAHAM, P.H. The importance of nitrogen fixation to soybean cropping in South America. In: WERNER, D.; NEWTON, W.E., eds. **Nitrogen fixation in agriculture, forestry, ecology and environment**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2005. p.25-42.

LAMOND, R.E.; WESLEY, T.L. Adubação nitrogenada no momento certo para soja de alta produtividade. **Informações Agronômicas**, v.95, p.6-7, 2001.

VITTI, G.; TREVISAN, W. Manejo de macro e micronutrientes para alta produtividade da soja. **Informações Agronômicas**, v.90, p. 1-16, 2000.

YAMADA, T. Soja: estaria a matéria orgânica influenciando a produtividade desta enigmática cultura? **Informações Agronômicas**, v.89, p.20, 2000.