

PRODUÇÃO DE SOJA EM RESPOSTA AO EFEITO RESIDUAL DA ADUBAÇÃO NITROGENADA, DA INOCULAÇÃO COM *Azospirillum brasilense* E DO MANEJO COM BRAQUIÁRIA NO MILHO SAFRINHA

Soybean production in response to residual nitrogen fertilization, *Azospirillum brasilense* inoculation and management with brachiaria in the second crop corn

JORDÃO, L.T.¹; LIMA, F.F.²; MORETTI, P.A.E.³; LIMA, R.S.³; MELO, C.V.C.B.⁴; GOMES, C.C.E.⁴; GIMENEZ, M.H.Z.⁴; BALDO, A.⁴; OLIVEIRA JÚNIOR, A. de⁵; MUNIZ, A.S.⁶

¹ Engº Agrº, Mestrando em Ciências, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo (CENA/USP), Piracicaba, SP; e-mail: ltjordao@cienciadosolo.com.br

² Engº Agrº, Pesquisador, Centro de Estudos Avançado em Economia Aplicada (CEPEA-ESALQ/USP), Piracicaba, SP;

³ Engº Agrº, Assessor Agrônômico, Maringá, PR;

⁴ Graduando em Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR;

⁵ Pesquisador, Embrapa Soja, Londrina, PR;

⁶ Professor Associado C, Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR;

Resumo

Aproveitou-se um experimento de manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho, conduzido no norte do Paraná, onde se avalia fatores como doses de N em cobertura, inoculação com *Azospirillum* e consórcio milho safrinha/braquiária para verificar a resposta da cultura da soja à estes fatores. Os tratamentos foram arrançados em esquema fatorial, adotando o delineamento de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas em faixas. Assim, nas parcelas foram alocados as doses de nitrogênio x presença e ausência de *Azospirillum brasilense* e, em faixa nas subparcelas o milho safrinha solteiro ou consorciado com braquiária. O experimento foi conduzido com quatro repetições, totalizando 64 parcelas. Na cultura da soja, utilizou-se a mesma adubação em todos os tratamentos de soja, contendo 52 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 52 kg ha⁻¹ de K₂O, ambos na semeadura. Também foi realizada a inoculação das sementes com estirpes de *Bradyrhizobium japonicum*. No primeiro ano de cultivo da sucessão soja-milho safrinha, os teores totais de N nas folhas, na parte aérea das plantas e nos grãos, bem como a massa de 100 sementes e o rendimento de grãos de soja, não diferiram significativamente em função dos níveis de N aplicados no solo no desenvolvimento da cultura do milho safrinha. Também não foi observado resultado positivo nas mesmas variáveis em resposta à inoculação do milho com *Azospirillum brasilense*, bem como em função do manejo testado (solteiro ou consorciado), indicando que avaliações por período maior de tempo sejam necessárias. Por fim, a fixação biológica do N por meio da simbiose *Bradyrhizobium*/soja foi adequadamente suficiente para atender a demanda de N da soja.

Introdução

A soja é uma das principais commodities do mundo e de acordo com o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), na safra de 2010/2011 a produção mundial atingiu 264,3 milhões de toneladas, sendo o Brasil responsável por 75,5 milhões de toneladas, caracterizando-o como segundo colocado no ranking de produção dessa oleaginosa, ficando atrás somente dos EUA.

Os grãos de soja possuem alto teor proteico e conseqüentemente, exportam altos níveis de nitrogênio (N) do solo. Para produzir 1000 kg de grãos de soja são necessários 80 kg de N (EMBRAPA, 2007). Em virtude do alto custo dos fertilizantes nitrogenados provenientes de derivados do petróleo, a tecnologia da fixação biológica de N (FBN) na soja através de bactérias do gênero *Bradyrhizobium* é empregada para suprir a demanda de N pela planta, diminuindo consideravelmente o custo de produção. Borkert et al. (1994), comprovou que

bactérias fixadoras de N na soja são capazes de fornecer de 65 a 85% de todo N necessário para o desenvolvimento pleno dessa cultura.

Atualmente, discute-se muito a respeito do melhor aproveitamento dos nutrientes em sistemas de produção, bem como o uso eficiente de fertilizantes na agricultura. No sistema de plantio direto na palha há crescente preocupação em elevar a disponibilidade de N para o início da cultura sucessora, visto que grande quantidade do N está imobilizado junto a biomassa microbiana em virtude do aumento da palhada na superfície do solo (Salet et al., 1997). Além disso, bactérias do gênero *Azospirillum* através da FBN, incrementam a produtividade do milho safrinha (Jordão et. al 2011), e podem contribuir para o balanço positivo de N na sucessão soja-milho safrinha.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar os teores de N total nas folhas, na parte aérea das plantas e nos grãos de soja, bem como a massa de 100 sementes e o rendimento de grãos em função do sistema de cultivo do milho safrinha como cultura antecessora.

Material e Métodos

O experimento foi realizado em condições de campo no município de Maringá – PR, na propriedade Sítio Santa Luzia, na safra 2010/2011. A área experimental possui altitude de 432 m e clima tropical chuvoso (Awa), segundo a classificação de Köppen. O solo foi classificado como Nitossolo Vermelho distroférrico (EMBRAPA, 2006), cujas características químicas e granulométricas na profundidade de 0-20 cm eram: pH (CaCl₂ 0,01mol L⁻¹) 5,6; 3,97 cmol_c dm⁻³ de H⁺ + Al³⁺; 9,06 cmol_c dm⁻³ de Ca²⁺; 3,22 cmol_c dm⁻³ de Mg²⁺; 0,70 cmol_c dm⁻³ de K⁺; 12,98 cmol_c dm⁻³ de SB; 16,95 cmol_c dm⁻³ de CTC; 76,58% de saturação por bases; 3,9 mg dm⁻³ de P (Mehlich-1); 3,37 mg dm⁻³ de S; 14,83 g.dm⁻³ de C; 51,69 mg dm⁻³ de Fe; 9,30 mg dm⁻³ de Zn; 38,72 mg dm⁻³ de Cu; 442,20 mg dm⁻³ de Mn, 68%, 10% e 22%, respectivamente, argila, silte e areia.

Na semeadura, foi utilizado a cultivar NK7059RR de ciclo superprecoce, com espaçamento de 0,45 m entrelinhas e densidade de 350 mil plantas ha⁻¹. Para adubação, foram aplicados igualmente para todos os tratamentos 52 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 52 kg ha⁻¹ de K₂O, ambos no plantio. E para fonte de nitrogênio, as sementes foram inoculadas com estirpes de *Bradyrhizobium japonicum*.

Durante o desenvolvimento da cultura do milho safrinha, foram utilizados três níveis de nitrogênio (25, 50, 75 kg ha⁻¹) com testemunha, tendo como fonte Ureia com inibidor da urease. Os tratamentos também receberam 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 40 kg ha⁻¹ de K₂O. Parte das sementes de milho também foi submetida a inoculação com as estirpes Abv5 e Abv6 de *Azospirillum brasilense*, na dosagem de 100 mL ha⁻¹. Para o manejo, adotaram-se dois sistemas: milho solteiro e consorciado com *Brachiaria ruziziensis* plantado simultaneamente na entrelinha do milho, com densidade de 3,3 kg ha⁻¹ de sementes viáveis.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso e os tratamentos em arranjo fatorial nas parcelas (doses de nitrogênio x presença ou ausência de *Azospirillum brasilense*) e em faixas nas subparcelas o milho safrinha (milho solteiro e consorciado com braquiária) com quatro blocos totalizando 64 parcelas.

Durante o período do florescimento, foi avaliado o teor de nitrogênio total em folhas e parte aérea das plantas. Foram escolhidas aleatoriamente dez plantas por parcela para efetuar a coleta das folhas e plantas. Esses materiais foram acondicionados em sacos de papel e armazenados em estufa a 65°C por um período de 72 horas e, posteriormente foram moídos e analisados no Laboratório de Solos da Embrapa Soja, através do método de Kjeldahl (Embrapa, 1997). Ao final do ciclo da cultura, foram colhidas as parcelas constituídas de 12,5 m² de área útil, e realizado avaliações de massa de 100 sementes através de balança semi-analítica, teor de nitrogênio total nos grãos pelo método de Kjeldahl (Embrapa, 1997) e rendimento de grãos com umidade dos grãos corrigida para 13%.

Para as análises estatísticas, utilizou-se o software estatístico SAS (2001). Foram avaliadas todas as pressuposições da análise de variância (ANOVA). Nas comparações múltiplas de médias, foi utilizado teste de Tukey (p ≤ 0,05) e para os fatores em que os níveis eram quantitativos aplicou-se a análise de regressão múltipla.

Resultados e Discussão

A cultura do milho safrinha respondeu positivamente ao aumento dos níveis de nitrogênio aplicados no solo e a inoculação das sementes com estirpes Abv5 e Abv6 de *Azospirillum brasilense* (Jordão et al, 2011). Além da *Brachiaria ruziziensis* ter produzido 2,3 kg ha⁻¹ de massa seca, não constatou-se redução significativa no rendimento de grãos do milho safrinha em função da competição por esta gramínea forrageira.

Durante as avaliações na cultura da soja, no primeiro ano de cultivo, não observou-se diferença significativa dentre os tratamentos em relação a todas as variáveis analisadas neste trabalho (Tabela 1).

Tabela 1. Variáveis de soja analisadas em função dos níveis de N aplicados no solo na cultura do milho safrinha.

Doses de N	N Folhas	N Parte Aérea	N Grãos	Massa 100 Sementes	Produtividade
kg ha ⁻¹	g kg ⁻¹			g	kg ha ⁻¹
0	52,12	26,25	67,82	17,43	3204,00
25	53,38	27,54	69,30	17,34	3253,00
50	51,25	28,18	68,91	17,73	3416,00
75	51,24	30,44	69,39	17,81	3445,00
Média	52,00 ^{ns}	28,10 ^{ns}	68,86 ^{ns}	17,58 ^{ns}	3329,50 ^{ns}

^{ns} = Não significativo ao teste de Tukey (p ≤ 0,05).

Da mesma forma, não constatou-se nas variáveis de soja analisadas, o efeito residual positivo da fixação de N através da inoculação das sementes de milho pela bactéria *Azospirillum brasilense* e da introdução de gramíneas forrageiras no manejo do milho safrinha (Tabela 2 e Tabela 3).

Tabela 2. Variáveis de soja analisadas em função da inoculação das sementes de milho safrinha.

Tratamento	N Folhas	N Parte Aérea	N Grãos	Massa 100 Sementes	Produtividade
	kg ha ⁻¹			g	kg ha ⁻¹
C	52,45 a	27,64 a	68,90 a	17,65 a	3343 a
S	51,55 a	28,57 a	68,80 a	17,50 a	3366 a
CV (%)	4,52	7,01	2,91	2,34	5,21

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05).

C= Na presença de *Azospirillum brasilense*; S= Na ausência de *Azospirillum brasilense*;

A homogeneidade dos resultados em todos os tratamentos pode ser entendido principalmente, devido ao adequado suprimento hídrico durante todo o ciclo da cultura e por tratar-se do primeiro ano de cultivo da sucessão soja - milho safrinha.

Tabela 3. Variáveis de soja analisadas em função do manejo com Braquiária no milho safrinha.

Tratamento	N Folhas	N Parte Aérea	N Grãos	Massa 100 Sementes	Produtividade
	kg ha ⁻¹			g	kg ha ⁻¹
MS	52,45 a	27,64 a	68,90 a	17,65 a	3343 a
MB	51,55 a	28,57 a	68,80 a	17,50 a	3366 a
CV (%)	4,52	7,01	2,91	2,34	5,21

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05).

MS= Manejo de milho solteiro; MB= Manejo de milho consorciado com *Brachiaria ruziziensis*;

Segunda Embrapa Soja (2010), a necessidade total de água na cultura da soja para obtenção do máximo rendimento, varia entre 450 e 800 mm ciclo⁻¹, dependendo das condições climáticas, do manejo da cultura e da duração do ciclo. Déficits hídricos expressivos, durante a floração e o enchimento de grãos, provocam alterações fisiológicas na planta, resultando, por fim, em redução do rendimento de grãos. O somatório referente à precipitação durante todo o ciclo da cultura na safra 2010/2011 foi de 946,70 mm. Não foi constatado grande período de estiagem durante o período de florescimento e enchimento de grãos da cultura nessa safra, acarretando em um ótimo rendimento de grãos.

Além disso, o trabalho foi conduzido em solo argiloso com atributos químicos e físicos satisfatórios, onde o processo de fixação biológica de nitrogênio ocorreu adequadamente, proporcionando desenvolvimento pleno e homogêneo de todos os tratamentos do trabalho em estudo.

Na literatura informações sobre incrementos na produção de soja em função da aplicação de N no desenvolvimento da cultura do milho safrinha são escassas, o que justifica a produção de trabalhos futuros sobre o tema em questão.

Conclusões

- No primeiro ano de cultivo da sucessão soja-milho safrinha, os teores totais na soja de N nas folhas, na parte aérea das plantas e nos grãos, bem como a massa de 100 sementes e o rendimento de grãos, não diferiram significativamente em função dos níveis de N aplicados no solo no desenvolvimento da cultura do milho safrinha.
- Não foi observado resultado positivo nas avaliações das variáveis de soja em relação a inoculação das sementes de milho safrinha pela bactéria *Azospirillum brasilense*.
- O manejo de milho solteiro e consorciado com *Brachiaria ruziziensis* não influenciou as variáveis de soja analisadas.

Referências

BORKERT, C.M.; YORINORI, J.T.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; ALMEIDA, A.M.R.; FERREIRA, L.P.; SFREDO, G.J. **Seja o Doutor da sua Soja**. Informações Agronômicas, Piracicaba, n. 66, 16 p, 1994.

COMPANHIA DE ABASTECIMENTO NACIONAL – CONAB, **Safras**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>> Acesso em: março de 2012.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil** - 2011. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2010. 255p. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, n.14).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos (Rio de Janeiro). **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. 2ªed. Rio de Janeiro, 2006, 306p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA — EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212p.

JORDÃO, L. T. ; MUNIZ, A. S. ; OLIVEIRA JUNIOR, A. ; CASTRO, C. ; JORDÃO, L. A. . **Inoculação de *Azospirillum brasilense* nas sementes aumenta a produtividade do milho, economiza fertilizante e beneficia o meio ambiente**. Cultivar Grandes Culturas, Pelotas, RS, v. 144, p. 16 - 18, 2011.

SALET, R.L.; VARGAS, L.K.; ANGHINONI, I.; KOCHHANN, R.A. & CONTE, E. **Por que a disponibilidade de nitrogênio é menor no sistema plantio direto?** In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 2., Passo Fundo, 1997. Anais. Passo Fundo: 1997. p.217-219.

SAS – Statistical Analysis System. **SAS user´s guide: statistics: version 8.2**. 6ªed. Cary, 2001.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA. **Foreign Agricultural Service (FAS)**. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/psdonline/>>. Acesso em: março de 2012.