



FERTBIO 2012

A responsabilidade socioambiental da pesquisa agrícola
17 a 21 de Setembro - Centro de Convenções - Maceió/Alagoas

Efeito do N-mineral Sobre a Fixação Biológica de Nitrogênio em Soja: II. Cultivares com Hábito de Crescimento Determinado

Diogo F. Saturno⁽¹⁾; Bettina Marks⁽¹⁾; Dáfila S.L. Fagotti⁽²⁾; André S. Nakatani⁽³⁾; Mariangela Hungria⁽³⁾; Marco A. Nogueira⁽³⁾

⁽¹⁾Estudante de pós-graduação, Departamento de Microbiologia – Universidade Estadual de Londrina, Rodovia Celso Garcia Cid, PR 445 Km 380, C. Postal 6001, CEP 86051-980, Londrina/PR, bettinamarks@gmail.com; ⁽²⁾Estudante de pós-graduação, Departamento de Agronomia – Universidade Estadual de Londrina; ⁽³⁾Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Soja), Laboratório de Biotecnologia do Solo - Rod. Carlos João Strass – Distrito de Warta, CEP 86001-970, C. Postal 231, Londrina/PR, hungria@cpso.embrapa.br; nogueira@cpso.embrapa.br.

RESUMO - A tecnologia da fixação biológica de nitrogênio (FBN) é uma das grandes responsáveis pelo sucesso da cultura da soja (*Glycine max* L. Merrill) no Brasil. Apesar da consolidação dessa tecnologia, mudanças no cenário do cultivo da oleaginosa como genótipos mais produtivos e precoces, tem levado a especulações sobre a necessidade de adubação complementar com fertilizantes minerais nitrogenados, o que pode comprometer os benefícios já consolidados da FBN. Este trabalho avaliou os efeitos do N mineral sobre o crescimento inicial e nodulação de algumas cultivares de soja de crescimento determinado cultivadas no Estado do Paraná, recomendadas para a safra 2012/13. O experimento foi realizado em casa de vegetação na Embrapa Soja, Londrina/PR, com sete cultivares com hábito de crescimento determinado, em quatro tratamentos (Sem N mineral; N mineral na semeadura; N mineral em cobertura; N mineral na semeadura e em cobertura), com cinco repetições. As variáveis avaliadas foram: número e massa seca de nódulos, massa da parte aérea e das raízes secas. A massa de raízes aumentou com o N mineral apenas na cultivar BRS 317, enquanto que a parte aérea ora aumentou, ora diminuiu com as doses de N. O número de nódulos diminuiu no tratamento com N mineral na semeadura e em cobertura, na média das cultivares. A massa de nódulos, entretanto, foi a mais negativamente influenciada pela adição de N mineral.

Palavras-chave: FBN, N mineral, *Glycine max*.

INTRODUÇÃO – O nitrogênio (N) é o nutriente exigido em maior quantidade pelas plantas, fazendo parte de rotas metabólicas-chave e da composição de diversas moléculas como a clorofila, ácidos nucleicos, enzimas, vitaminas, aminoácidos e proteínas. Porém, apesar de ser o elemento mais abundante da atmosfera (78%), o N em sua forma molecular (N₂) não é assimilado pelas plantas. Assim, juntamente com a disponibilidade de água, este elemento é considerado o principal fator limitante da produção agrícola mundial. Contudo, microrganismos comumente denominados “rizóbios”, possuem a capacidade de converter o N atmosférico em formas assimiláveis pelas plantas, por meio da ação do complexo enzimático da

nitrogenase, pelo processo da fixação biológica de N (FBN).

Os solos brasileiros são deficientes em N e suprem apenas parcialmente a demanda deste elemento pelas culturas. O uso de fertilizante nitrogenado pode suprir essa demanda, porém, sua eficiência raramente alcança 60%, com um custo que pode chegar a 40% da produção, além dos problemas ambientais decorrentes de sua produção e uso causados por lixiviação e desnitrificação que poluem rios, lagos e a atmosfera com gases do efeito estufa. Em contrapartida, a FBN é um importante fator de competitividade do setor agrícola brasileiro. Os genótipos de soja desenvolvidos no Brasil foram melhorados para que se beneficiassem ao máximo da FBN e dispensassem o uso de fertilizantes nitrogenados em todas as fases do desenvolvimento da cultura. Entretanto, tem-se especulado que a adubação complementar com N mineral seria necessária para a obtenção de maiores patamares de produtividade. Embora o tipo de crescimento (determinado e indeterminado) seja uma característica diferenciadora de cultivares de soja, o potencial para altas produtividades é expresso em ambos (Quattara e Weaver, 1995). Cultivares que apresentam tipo de crescimento determinado são caracterizados por plantas que possuem inflorescência racemosa terminal e axilar, tendo o crescimento vegetativo paralisado após o florescimento.

Embora a soja demande 80 kg de N para cada 1000 kg de grãos produzidos, a FBN pode fornecer todo o nitrogênio que a leguminosa necessita, desde que respeitados os procedimentos corretos de inoculação para que resulte numa boa nodulação (Hungria et al., 2005).

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos do uso de fertilizante nitrogenado sobre o crescimento inicial e a nodulação em algumas cultivares de soja de crescimento determinado cultivadas no Estado do Paraná, recomendadas para a safra 2012/13.

MATERIAL E MÉTODOS – Foram utilizadas sete cultivares de soja de hábito de crescimento determinado oriundas do banco de germoplasma da Embrapa-Soja (Tabela 1). Para a inoculação, utilizou-se inoculante turfoso contendo as estirpes comerciais

Bradyrhizobium japonicum (SEMIA 5079) e *B. elkanii* (SEMIA 587), com uma concentração de 6×10^9 UFC/g, para fornecer pelo menos $1,2 \times 10^6$ células por semente.

Os sete genótipos foram submetidos a 4 tratamentos: [T1] - sem N mineral; [T2] - aplicação na semeadura de dose equivalente 50 kg ha^{-1} de N mineral na forma de uréia; [T3] - aplicação em cobertura na dose equivalente 50 kg ha^{-1} de N mineral na forma de nitrato de amônio aos 32 dias após a emergência e [T4] - N mineral na semeadura e em cobertura, com as mesmas fontes de N aplicadas nos tratamentos anteriores. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com 5 repetições, conduzido em casa de vegetação na Embrapa-Soja, Londrina/PR, no período de janeiro a março de 2012. A semeadura foi realizada em vasos contendo 4 kg de terra obtida da camada superficial (0-20 cm) de solo sem população estabelecida de bradirrizóbios. Foram semeadas cinco sementes de cada cultivar por vaso, com desbaste para duas plantas por vaso sete dias após a germinação. As plantas foram coletadas 7 semanas após a semeadura, quando foram avaliados o número e a massa seca de nódulos e a massa da parte aérea e raízes secas. O material foi seco em estufa a 65°C até massa constante. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANAVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), com o programa estatístico SISVAR[®] (Ferreira, 2008).

Tabela 1 – Cultivares de soja utilizadas no experimento e respectivo grupo de maturação.

Cultivar	Grupo de Maturação ¹
BRS 184	Semi-precoce
BRS 232	Semi-precoce
BRS 317	Semi-precoce
BRS 295 RR	Precoce
Embrapa 48	Semi-precoce
BRS 255 RR	Semi-precoce
BRS 294 RR	Precoce

¹ Grupos de maturação: precoce (113 a 122 dias) e semi-precoce (123 a 130 dias). Maturação para o Estado do Paraná, podendo variar com a época do ano.

RESULTADOS E DISCUSSÃO – Os resultados de massa seca de raízes e de parte aérea, e de número e massa de nódulos secos podem ser visualizados na Tabela 2.

A adição de N-mineral influenciou a massa de raízes secas apenas na cultivar BRS 317 (Tabela 2), em que a adição de N em cobertura propiciou aumento em relação ao controle sem N mineral. Esta mesma cultivar, especialmente no tratamento 3, apresentou maior massa de raízes em relação às demais cultivares. A massa de parte aérea seca, por sua vez, apresentou diferentes respostas ao N mineral. Nas cultivares BRS 232, BRS 295 RR, BRS 255 RR e BRS 294 RR, pelo menos um dos três modos de adição de N mineral aumentou a MSPA em relação ao tratamento testemunha apenas inoculada. Por sua vez, para os cultivares BRS 317 e Embrapa 48 pelo menos um tratamento com N mineral diminuiu a biomassa de plantas em relação ao controle sem N mineral. As respostas da parte aérea de plantas de soja à adição ao N mineral são variáveis, mas quando positivas, geralmente não resultam em incrementos na produtividade de grãos, a não ser quando algum fator

ambiental (estresse hídrico, acidez excessiva, altas temperaturas) ou relativo à inoculação inadequada (incompatibilidade com produtos químicos para tratamentos de sementes, subdosagens, inoculação desuniforme) impediu a expressão de todo o potencial da FBN (Hungria et al., 2001; 2005).

Quanto à variável número de nódulos, não houve interação entre os tratamentos e as cultivares, sendo que, na média das cultivares, a adição de N mineral na semeadura mais em cobertura reduziu o número de nódulos em relação ao controle sem N mineral (Tabela 2). Entre as cultivares, BRS 317 e BRS 294 RR apresentaram significativamente mais nódulos em relação à cultivar Embrapa 48. No entanto, a massa de nódulos secos foi reduzida em pelo menos em uma forma de aplicação de N mineral, sobretudo quando este foi aplicado em semeadura e também em cobertura. Por sua vez, no tratamento 1, apenas com inoculação, as cultivares BRS 184 e BRS 294 RR apresentaram as maiores massas de nódulos secos.

A falta de efeito positivo no uso de N-mineral sobre a cultura da soja tem sido descrita em vários trabalhos de pesquisa (Crispino et al., 2001; Hungria et al., 2007), a maioria refutando a necessidade da utilização de fertilizantes nitrogenados quando se realizam boas práticas de inoculação das sementes. Assim, a FBN é capaz de suprir totalmente a demanda de N pelas plantas de soja, substituindo completamente o uso de fertilizantes nitrogenados, o que diminui consideravelmente os custos da produção, tanto econômicos quanto ambientais (Hungria et al., 2007).

Apesar das diferenças encontradas no número e massa seca de nódulos entre as cultivares nos diferentes tratamentos, todas as plantas apresentaram, no mínimo, 30 nódulos, o que seria suficiente para suprir a demanda de N das plantas pela FBN, conforme estabelecido por Cattelan e Hungria (1994), como sendo entre 15 e 30 nódulos por planta. Entretanto, apesar de não reduzir significativamente o número de nódulos, a adição de N mineral diminuiu significativamente a massa de nódulos, o que reduz a eficiência da FBN (Crispino et al., 2001). Estes resultados reforçam o cuidado que se deve ter quanto ao uso de N mineral frente a uma tecnologia incontestável do ponto de vista da sustentabilidade dos sistemas de produção de soja que é a FBN. Assim, os programas de melhoramento genético devem continuar a priorizar a simbiose visando ao fornecimento de N de origem biológica, mesmo em cultivares com potencial para altos patamares de rendimento. Dessa forma, o desenvolvimento de cultivares mais produtivas sem elevar os custos de produção tomará a soja brasileira cada vez mais competitiva no cenário internacional do ponto de vista não apenas econômico, mas também com sustentabilidade ambiental.

CONCLUSÕES – O uso de N-mineral influenciou negativamente a massa de nódulos em cultivares de soja de crescimento determinado, o que pode comprometer a eficiência da FBN na cultura.

AGRADECIMENTOS – À CAPES/CNPq, pela bolsa de mestrado aos dois primeiros autores, à Embrapa-CNPSO

pelas condições à realização do estudo; ao Dr. Carlos Arrabal Arias pelo fornecimento das sementes dos cultivares de soja.

REFERÊNCIAS

CATTELAN, A. J.; HUNGRIA, M. Nitrogen nutrition and inoculation. In: FAO (ed.) **Tropical soybean – improvement and production**. FAO, Rome, 1994. p. 201-215.

CRISPINO, C. C.; FRANCHINI, J. C.; MORAES, J. Z.; SIBALDELLE, R. N. R.; LOUREIRO, M. F.; SANTOS, E. N.; CAMPO, R. J.; HUNGRIA, M. **Adubação nitrogenada na cultura de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2001. 6p. (Embrapa Soja. Comunicado Técnico, 75).

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v. 6, n. 2, p. 36-41, 2008.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura de soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro**. Embrapa Soja. Documentos 283. Londrina, Embrapa Soja, 80 p., 2007.

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. (Ed). **Nitrogen fixation in agriculture: forestry ecology and environment**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2005. p.25-42.

QUATTARA, S.; WEAVER, D.B. Effect of growth habit on yield components of late-planted soybean. **Crop Science**, v. 35, p. 411-415, 1995.

Tabela 2 - Efeito da adubação com N mineral em sete cultivares de soja de hábito de crescimento determinado, inoculados com *Bradyrhizobium japonicum* (SEMIA 5079) e *B. elkanii* (SEMIA 587). [T1] - sem N-mineral; [T2] - N mineral na semente em dose equivalente 50 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia; [T3] - N mineral em cobertura aos 32 dias após a emergência, em dose equivalente a 50 kg ha⁻¹ de N na forma de nitrato de amônio; [T4] - N mineral na semente e em cobertura. (n = 5)

Cultivar	Tratamento				
	0 N	N semente	N cobertura	N Semente + N Cobertura	Média
----- Raízes (g/pl.) -----					
BRS 184	2,25 a A ¹	2,24 ab A	2,17 bc A	2,41 a A	2,27
BRS 232	2,61 a A	2,44 ab A	2,76 b A	2,49 a A	2,58
BRS 317	2,18 a C	2,90 a BC	3,88 a A	2,93 a B	2,97
BRS 295 RR	2,03 a A	2,07 ab A	1,97 bc A	2,30 ab A	2,10
Embrapa 48	1,78 a A	1,70 b A	1,61 c A	1,44 c A	1,63
BRS 255 RR	1,83 a A	2,12 ab A	1,65 c A	1,55 bc A	1,79
BRS 294 RR	2,19 a A	1,88 b A	2,20 bc A	2,26 abc A	2,13
Média	2,13	2,20	2,32	2,20	-
ANAVA	Trat N (N) = *	Cultivar (C) = *	N x C = *	C.V.(%) 20,03	
----- Parte aérea (g/pl.) -----					
BRS 184	9,20 ab AB	9,30 ab A	7,93 b B	8,14 cd AB	8,64
BRS 232	7,40 c B	7,89 bcd AB	8,66 ab AB	9,12 bc A	8,27
BRS 317	8,59 abc A	7,06 cd B	8,88 ab A	7,72 cd AB	8,06
BRS 295 RR	8,72 abc B	8,31 abc B	9,16 ab AB	10,29 ab A	9,12
Embrapa 48	9,48 a A	7,86 bcd B	7,90 b B	9,94 ab A	8,79
BRS 255 RR	7,73 bc B	6,73 d B	9,78 a A	7,38 d B	7,90
BRS 294 RR	9,10 ab B	9,75 a AB	9,18 ab B	10,69 a A	9,68
Média	8,60	8,13	8,78	9,04	-
ANAVA	Trat N (N) = *	Cultivar (C) = *	N x C = *	C.V.(%) 9,61	
----- Número Nódulos (nód./pl.) -----					
BRS 184	67,40	55,60	64,80	49,80	59,40 ab
BRS 232	70,00	48,80	57,00	45,00	55,20 ab
BRS 317	81,60	71,00	69,40	53,60	68,90 a
BRS 295 RR	63,20	49,00	49,60	43,20	51,25 ab
Embrapa 48	52,20	54,20	51,60	30,00	47,00 b
BRS 255 RR	57,00	58,60	61,60	44,00	55,30 ab
BRS 294 RR	77,60	49,00	87,60	53,80	67,00 a
Média	67,00 A	55,17 AB	63,08 A	45,63 B	-
ANAVA	Trat N (N) = *	Cultivar (C) = *	N x C = ns	C.V.(%) 38,44	
----- Massa Nódulos (g/pl.) -----					
BRS 184	0,33 a A	0,17 a B	0,16 ab B	0,08 ab C	0,18
BRS 232	0,23 bc A	0,13 ab B	0,14 abc B	0,13 a B	0,16
BRS 317	0,18 cd A	0,18 a A	0,12 abc AB	0,07 ab B	0,14
BRS 295 RR	0,14 d A	0,10 ab AB	0,10 bc AB	0,05 ab B	0,10
Embrapa 48	0,13 d AB	0,15 a A	0,07 c BC	0,04 b C	0,10
BRS 255 RR	0,17 cd A	0,14 ab AB	0,20 a A	0,08 ab B	0,15
BRS 294 RR	0,30 ab A	0,06 b B	0,12 abc B	0,07 ab B	0,14
Média	0,21	0,13	0,13	0,07	-
ANAVA	Trat N (N) = *	Cultivar (C) = *	N x C = *	C.V.(%) 33,87	

¹ Médias seguidas de mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). *, significatio a $p \leq 0,05$; ns, não significativo.