



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: I. Cultivares com Hábito de Crescimento Indeterminado

Diogo F. Saturno⁽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, diogosaturno@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@cnpso.embrapa.br; nogueira@cnpso.embrapa.br.

RESUMO - A tecnologia da fixação biológica de nitrogênio (FBN) tem sido uma das grandes propulsoras do cultivo da cultura da soja em larga escala no Brasil. No entanto, recentemente tem sido especulado sobre a necessidade de adubação da soja com fertilizantes nitrogenados frente a genótipos mais produtivos, mais precoces e de hábito de crescimento indeterminado, o que pode comprometer os benefícios já consolidados da FBN. Este trabalho objetivou avaliar os efeitos do uso de fertilizante nitrogenado sobre atributos relativos à FBN nas principais cultivares de soja de crescimento indeterminado cultivadas no Estado do Paraná, recomendadas para a safra 2012/13. A avaliação foi realizada em casa de vegetação na Embrapa-Soja, Londrina, PR, com 7 cultivares, considerando 4 tratamentos (Sem N mineral; N mineral na semeadura; N mineral em cobertura; N mineral na semeadura e em cobertura) em 5 repetições. Todos os tratamentos foram inoculados com inoculante comercial imediatamente antes da semeadura. Os parâmetros avaliados foram: massa da parte aérea seca e massa de raízes secas, número de nódulos e massa de nódulos secos. A massa de raízes secas foi pouco alterada pela adição de N mineral, mas em alguns casos houve diminuição ou ainda aumento em relação ao controle. Para a massa de parte aérea seca, também causou incrementos em alguns casos, mas também diminuição em outros. No tratamento que recebeu N mineral na semeadura e em cobertura houve redução do número de nódulos em relação ao controle sem N mineral. Em três cultivares, houve redução da massa nodular em pelo menos um dos tratamentos com N mineral em relação ao controle. Os resultados indicam que a adição de N-mineral afeta negativamente o número e a massa de nódulos em soja, o que pode comprometer a FBN e seus benefícios.

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

INTRODUÇÃO - O nitrogênio (N) é o elemento mais abundante da atmosfera terrestre, constituindo 78% da sua composição. Entretanto, é um dos principais fatores limitantes à produção agrícola mundial, pois as plantas

são incapazes de assimilar o nitrogênio em sua forma molecular (N₂). Os únicos seres vivos capazes de converter o N-atmosférico a N-combinado são as bactérias conhecidas como diazotróficas, por meio da fixação biológica de nitrogênio (FBN). A outra alternativa é a fixação industrial, mas a elevados custos energéticos.

A deficiência deste nutriente resulta em limitação ao crescimento das plantas e à produtividade. As duas principais fontes pelas quais as plantas adquirem o nitrogênio são: (a) do solo, via fertilizantes comerciais, adubos verdes, ou mineralização da matéria orgânica, e (b) da atmosfera por meio da FBN (Havlin, 2005).

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é a principal oleaginosa produzida e consumida mundialmente. Por apresentar elevado teor de proteína em seus grãos, a cultura tem grande demanda por N (Vargas e Hungria, 1997). Todo o N demandado pela cultura pode ser suprido via FBN, desde que respeitados os procedimentos para uma boa nodulação (Hungria et al., 2005) pelo uso de inoculantes. Considerando o baixo aproveitamento dos fertilizantes nitrogenados e seu elevado custo, a cultura da soja seria economicamente inviável se essa fonte de N fosse utilizada. Além disso, devem-se considerar os graves problemas ambientais provocados pelo seu uso excessivo.

Nos últimos anos, porém, têm surgido especulações sobre a necessidade de adubar a soja com fertilizantes nitrogenados frente ao uso de genótipos mais produtivos, mais precoces e de hábito de crescimento indeterminado, o que pode comprometer os benefícios já consolidados da FBN.

O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito do uso de fertilizante nitrogenado sobre nodulação das principais cultivares da soja com hábito de crescimento indeterminado cultivadas no Estado do Paraná, recomendadas para a safra 2012/13.

MATERIAL E MÉTODOS - O experimento foi realizado em condições controladas na Embrapa Soja, Londrina, PR, no período de janeiro a março de 2012. Foram utilizadas 7 cultivares de soja de crescimento indeterminado do banco de germoplasma da Embrapa-

Soja (Tabela 1), recomendadas para semeadura na safra 2012/13. Imediatamente antes da semeadura, as sementes de foram inoculadas com duas estirpes comerciais (*Bradyrhizobium japonicum*-SEMIA 5079 e *B. elkanii*-SEMIA 587) contendo 6×10^9 UFC/g de inoculante turfoso, para fornecer pelo menos $1,2 \times 10^6$ células por semente.

Todas as cultivares foram submetidas a 4 tratamentos: [T1] - sem N mineral; [T2] - N mineral na semeadura, na dose equivalente a 50 kg ha^{-1} de N na forma de uréia; [T3] - N mineral em cobertura aos 32 dias após a emergência, na dose equivalente a 50 kg ha^{-1} de N mineral na forma de nitrato de amônio 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.

A semeadura foi realizada em vasos contendo 4 kg de terra obtida da camada superficial (0-20 cm) de solo sem população estabelecida de bradirrízobios. Cinco sementes de cada cultivar foram semeadas por vaso. Procedeu-se o desbaste aos sete dias após a emergência, deixando-se duas plantas por vaso. As plantas foram coletadas sete semanas após a semeadura, quando foram separadas em parte aérea, raízes e nódulos. Foram avaliados o número e a massa de nódulos e a massa da parte aérea e das raízes após secagem a 65°C .

Os dados foram submetidos à análise de variância 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	Maturação ¹
BRS 283	Precoce
BRS 284	Precoce
BMX Potência	Semi-precoce
BMX Turbo	Super-precoce
BMX Força	Precoce
Nidera 5909 RR	Semi-precoce
V MAX RR	Super-precoce

¹ Grupos de maturação: super-precoce (100 a 112 dias); precoce (113 a 122 dias) e semiprecoce (123 a 130 dias). Maturação para o Estado do Paraná, podendo variar com a época do ano.

RESULTADOS E DISCUSSÃO – Os parâmetros massa de raízes e da parte aérea secas, número de nódulos e massa dos nódulos secos, estão apresentados na Tabela 2.

A adição de N-mineral não afetou a massa de raízes das cultivares BMX Força, BMX turbo, BRS 283 e V Max RR, comparados com o tratamento sem N-mineral. Em algumas cultivares houve redução na massa de raiz com a adubação com N-mineral, por exemplo, Nidera 5909 RR (T4) e BRS 284 (T2). No tratamento sem N mineral (T1), apenas as cultivares BMX Turbo e BRS 283 diferiram entre si, com a maior e menor massa, respectivamente. A maior média no tratamento 2 foi da cultivar BMX Força, porém esta só diferiu estatisticamente da cultivar BRS 284. No tratamento 3 a cultivar BMX Potência apresentou a maior massa de raiz. No tratamento 4 só houve diferença entre as cultivares BMX Potência e Nidera 5909, com a maior e menor massa de raízes, respectivamente.

A adição de N-mineral proporcionou aumento da massa da parte aérea seca em alguns cultivares, mas em geral pouco expressivo. Para outros cultivares, entretanto, a adição de N mineral causou diminuição dessa variável, como nos cultivares BMX Turbo e V MAX RR, comparadas ao tratamento sem N mineral. Comparando-se cada cultivar dentro de cada tratamento de N, observa-se que as mesmas apresentam comportamento distinto frente ao N. Na ausência de N mineral, BRS 284 difere de BMX Força, com maior produção. Já no T2, a menor média foi observada na cultivar BMX Turbo e a maior na BMX Potência. No T3 a cultivar BMX Potência continuou com a maior média, diferenciando-se estatisticamente das demais cultivares nesse tratamento. No T4, a cultivar BMX Força apresentou a maior massa de parte aérea seca em relação à BMX Potência, BMX Turbo e V MAX RR. Apesar das diferenças intrínsecas a cada genótipo, observa-se que há uma resposta diferenciada à adição de N, mas que nem sempre é positiva.

O número de nódulos foi influenciado negativamente na média das cultivares, quando se comparam os resultados dos tratamentos T4 e T1. Comparando os genótipos entre si, a cultivar BMX Potência apresentou maior nodulação, porém sem diferir das cultivares BMX Força e V MAX RR. Cattelan e Hungria (1994) concluíram que uma planta de soja com 15 a 30 nódulos por raiz pode ser considerada bem nodulada. Embora valores duas a três vezes maiores que esses tenham sido observados, é preciso considerar que a nodulação é favorecida em condições controladas em casa de vegetação, em comparação às condições de campo. Além disso, o número de nódulos não necessariamente representa eficiência na fixação de N.

Apesar dos efeitos menos evidentes no número de nódulos, a massa de nódulos foi mais influenciada negativamente pela adição de N mineral. Para a maioria das cultivares, a adição de N diminuiu a massa nodular. Entretanto, a cultivar BMX Potência apresentou aumento da massa nodular no tratamento T4, enquanto as duas cultivares BRS não sofreram efeito dos tratamentos com N.

Na cultivar BMX Força os tratamentos T3 e T4 diminuíram a massa nodular; na Nidera 5909RR houve redução em T4 e na VMAX RR todos os tratamentos com N mineral tiveram menor massa nodular. A adição de N-mineral influenciou, de modo geral, negativamente a massa nodular, podendo prejudicar a FBN e seus benefícios. Assim a adubação com N-mineral aumenta os custos de produção, porém, não necessariamente resulta em ganhos significativos de produtividade de grãos, como já relatado em outros estudos (Hungria et al., 2007). A FBN substitui por completo a adubação nitrogenada mineral, propiciando redução significativa dos custos de produção. Crispino et al. (2001) não obtiveram resposta significativa na produtividade de duas cultivares de soja quando se utilizou a inoculação padrão e $30 \text{ kg de N ha}^{-1}$ na semeadura, verificando que somente a inoculação padrão possibilitou um suprimento satisfatório de N à cultura.

Os efeitos dos tratamentos com N mineral sobre o número e massa seca de nódulos não necessariamente

ocorrem na mesma proporção, sugerindo que ocorre uma diminuição da massa individual dos nódulos.

Diferenças genotípicas em soja quanto à fixação biológica do N₂ já haviam sido relatadas desde os primeiros ensaios conduzidos no Brasil (Döbereiner e Arruda, 1967), por isso a importância de se investigar o desempenho de novos cultivares para que essa tecnologia de baixo custo econômico e ambiental seja aproveitada ao máximo.

CONCLUSÕES – O N-mineral reduz o número de nódulos de modo geral e a massa nodular em algumas cultivares de soja de crescimento indeterminado, o que pode comprometer a fixação biológica do nitrogênio.

AGRADECIMENTOS - À CAPES/CNPq, pela bolsa de mestrado ao primeiro autor, à Embrapa-CNPSO pelas condições à realização do estudo e 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).
- DÖBEREINER, J.; ARRUDA, N.B. Interrelações entre variedades e nutrição na nodulação e simbiose da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.2, p.475-487, 1967.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v. 6, n. 2, p. 36-41, 2008.
- HAVLIN, J.L., J.D. BEATON, S.L.; TISDALE, W.L.; NELSON. **Soil fertility and nutrient management an introduction to nutrient management**. 7th Ed. UpperSaddle River: Prentice Hall, 2005, p.515.
- 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.
- 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.
- VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M. Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja. In: VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M. (Ed). **Biologia dos solos dos cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1997. p.295-360.

Tabela 2 - Efeito da adubação com N mineral em sete cultivares de soja de hábito de crescimento indeterminado, inoculados com *Bradyrhizobium japonicum* (SEMIA 5079) e *B. elkanii* (SEMIA 587). [T1] - sem N-mineral; [T2] - N mineral na semeadura em dose equivalente 50 kg ha⁻¹ de N na forma de ureia; [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 semeadura e em cobertura. (n = 5)

Cultivar	Tratamento				Média
	0 N	N semeadura	N cobertura	N Semeadura + N Cobertura	
----- Raízes (g/pl.) -----					
BMX Força	2,63 ab A ¹	2,98 a A	2,27 bc A	2,57 ab A	2,61
BMX Potência	2,53 ab B	2,47 ab B	3,63 a A	3,16 a AB	2,95
BMX Turbo	3,06 a A	2,44 ab A	2,48 bc A	2,41 ab A	2,60
BRS 283	2,00 b AB	2,11 ab AB	1,67 c B	2,45 ab A	2,06
BRS 284	2,55 ab A	1,75 b B	2,49 bc AB	2,26 ab AB	2,26
Nidera 5909 RR	2,44 ab AB	2,71 a A	1,85 bc BC	1,66 b C	2,17
V MAX RR	2,81 ab A	2,69 a A	2,63 b A	2,72 ab A	2,71
Média	2,58	2,45	2,43	2,46	
ANAVA	Trat. N (N) = ns	Cultivar (C) = **	N x C = **	C.V. (%) 18,95	
----- Parte aérea (g/pl.) -----					
BMX Força	7,99 b C	8,41 bcd C	9,77 b B	11,37 a A	9,38
BMX Potência	8,20 ab C	9,99 a B	11,58 a A	9,55 bc B	9,83
BMX Turbo	9,46 ab A	7,32 d B	8,58 bc AB	7,41 d B	8,19
BRS 283	9,20 ab B	9,91 ab AB	9,62 b AB	10,96 ab A	9,92
BRS 284	9,74 a AB	9,48 abc AB	8,53 bc B	10,52 ab A	9,57
Nidera 5909 RR	8,71 ab B	8,07 cd B	7,50 c B	10,16 ab A	8,61
V MAX RR	9,61 ab A	7,91 d B	9,06 b AB	8,02 cd B	8,65
Média	8,99	8,73	9,23	9,71	
ANAVA	Trat. N (N) = **	Cultivar (C) = **	N x C = **	C.V. (%) 8,95	
----- Número Nódulos (nód/pl.) -----					
BMX Força	90,80	69,00	75,80	61,40	74,25ab
BMX Potência	72,40	85,80	90,20	99,40	86,95 a
BMX Turbo	58,40	38,80	56,00	38,60	47,95 d
BRS 283	65,00	53,80	47,00	49,40	53,80 cd
BRS 284	78,60	64,80	64,00	48,60	64,00 bcd
Nidera 5909 RR	69,60	75,00	72,60	39,80	64,25 bcd
V MAX RR	79,80	62,60	77,20	58,40	69,50 abc
Média	73,51 A	64,25 AB	68,97 AB	56,51 B	
ANAVA	Trat. N (N) = **	Cultivar (C) = **	N x C = ns	C.V. (%) 31,51	
----- Massa Nódulos (g/pl.) -----					
BMX Força	0,31 ab A	0,23 a AB	0,19 a BC	0,10 b C	0,21
BMX Potência	0,14 c B	0,16 ab B	0,10 a B	0,34 a A	0,18
BMX Turbo	0,15 c AB	0,21 ab A	0,13 a AB	0,05 b B	0,13
BRS 283	0,18 c A	0,14 ab A	0,11 a A	0,16 b A	0,15
BRS 284	0,12 c A	0,09 b A	0,13 a A	0,14 b A	0,12
Nidera 5909 RR	0,19 bc A	0,24 a A	0,17 a A	0,06 b B	0,17
V MAX RR	0,35 a A	0,16 ab B	0,17 a B	0,07 b B	0,18
Média	0,21	0,18	0,14	0,13	
ANAVA	Trat. N (N) = **	Cultivar (C) = **	N x C = **	C.V. (%) 38,05	

¹ Médias seguidas de mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). **, significativo a p<0,01; ns, não significativo.