

Avaliação da fixação biológica de nitrogênio no processo de seleção de linhagens de soja

PELAQUIM, J. A. P.¹; GRUNVALD, A.K.²; PÍPOLO, A. E.³; NOGUEIRA, M. A.³; HUNGRIA, M.³

¹Universidade Norte do Paraná - UNOPAR, e-mail: joao_pissinati.jp@hotmail.com; ²Pós-Doutorado Júnior, CNPq; ³Pesquisador, Embrapa Soja

Introdução

A soja (*Glycine max* L. Merrill) é uma oleaginosa que se destaca, no mundo, pela sua alta produtividade. Para garantir o sucesso da cultura, além do alto rendimento, o melhoramento genético no Brasil também tem direcionado seus esforços no desenvolvimento de cultivares com altos teores de proteína, no entanto, a alta concentração de proteína requer elevada demanda por nitrogênio (N) (CARRÃO-PANIZZII, 2006; PURCELL; SPECHT, 2006).

A fixação biológica de N (FBN), proveniente da simbiose entre leguminosas e bactérias fixadoras de N, representa a forma natural mais importante para o suprimento de N (SERRAJ et al., 1999). As bactérias se associam simbioticamente às plantas, formando estruturas especializadas nas raízes da soja, denominados nódulos, nos quais ocorre o processo de FBN (HUNGRIA et al., 2001).

Estudos têm demonstrado que a associação entre a soja e estirpes de *Bradyrhizobium japonicum*, *Bradyrhizobium diazoefficiens* e *Bradyrhizobium elkanii* são de grande importância econômica e ambiental. No entanto, o sucesso da FBN, no Brasil, resulta de pesquisas e da seleção de estirpes compatíveis com as cultivares brasileiras, com alta eficiência na FBN e adaptadas às diferentes condições ambientais em que a soja é cultivada (SANTOS et al., 2006). Vários fatores podem interferir tanto na produtividade, como no processo da FBN. Existem diferenças entre os genótipos de soja quanto à sensibilidade da FBN em condições de seca. Essas diferenças podem ser exploradas durante o processo de seleção e melhoramento de cultivares.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar os caracteres relacionados à FBN em linhagens de soja obtidas pelo programa de melhoramento genético, durante o processo de seleção de linhagens.

Material e Métodos

Foram avaliadas 29 linhagens de soja, obtidas pelo Programa de Melhoramento Genético de Soja da Embrapa Soja, Londrina, Paraná. A cultivar BRS284, com alto potencial de rendimento de grãos e a PI 471938, que mantém a FBN em condições de seca (DEVI; SINCLAIR, 2013), foram utilizadas como padrões.

O experimento foi conduzido em condições de campo na safra 2015/2016, em delineamento em blocos casualizados (DBC) com três repetições. Cada parcela foi constituída de 4 linhas de 5 m, das quais as duas linhas centrais foram avaliadas, representando uma área útil de 10 m². Na semeadura, as sementes foram inoculadas com uma mistura das estirpes de *B. japonicum* SEMIA 5079 e de *B. diazoefficiens* SEMIA 5080, ambas contendo 1 x 10⁹ células viáveis mL⁻¹. Para a avaliação fenotípica de características relacionadas à FBN foram coletadas cinco plantas de cada parcela, aproximadamente aos 35 dias após a emergência das plantas (estádio R3). A parte aérea e as raízes foram coletadas, separadas e mantidas em estufa com circulação forçada de ar, a 50°C, até atingirem massa constante. Avaliaram-se a massa de

nódulos secos em mg planta^{-1} (MNS); número de nódulos (NN) e massa específica de nódulos secos (MNS/NN), massa da parte aérea seca em g planta^{-1} (MPAS). O N total (mg planta^{-1}) foi avaliado pelo método de digestão sulfúrica do tecido moído, com quantificação em espectrofotometria pelo método do verde de salicilato (SEARLE, 1984).

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), teste F e as médias dos genótipos foram comparadas pelo teste de médias Scott-Knott (5% de probabilidade). Os dados de precipitação pluviométrica e temperaturas são apresentados na Figura 1.

Resultados e Discussão

Diferenças significativas entre os genótipos foram observadas para: número de nódulos (NN), massa de nódulos secos (MNS), massa da parte aérea seca (MPAS) e nitrogênio total (NT) (Tabela 1). Os coeficientes de variação (CV) variaram entre 25,92 (MNS/NN) e 18,93 % (MNS). Coeficientes de variação acima de 30% foram obtidos por Bohrer e Hungria (1998) ao avaliarem 152 cultivares de soja.

Entre os caracteres avaliados, a média geral foi de 61,79 para NN, 208,06 para MNS (mg planta^{-1}), 3,51 para MNS/NN (mg planta^{-1}), 5,12 MPAS (g planta^{-1}) e 172,92 para NT (g planta^{-1}). As linhagens BR12-11023, BR14-1273, BR14-1272 e BR14-1465 foram superiores pelo teste de Scott Knott (5% de probabilidade), em todos os caracteres avaliados (Tabela 2). As linhagens BR14-1279, BR14-1276 e BR14-1280 apresentaram bom desempenho quando ao NN, além disso, apresentaram uma alta correlação entre MPAS e NT.

Ao analisar os dados meteorológicos, entre o período semeadura dos genótipos até o início do estágio de floração inicial (período de coleta das plantas), observou-se que as temperaturas médias, variaram entre 20 e 25°C (Figura 1). Temperaturas acima de 25°C associada ausência chuva, foram observadas, aproximadamente, aos 12 dias após a germinação. Períodos curtos de seca foram, também, observados até a data de coleta do experimento.

As informações do presente estudo, podem ser exploradas durante o processo de seleção e melhoramento de cultivares. Ao considerar a demanda de N para a cultura da soja, segundo Hungria e Mendes (2015), a soja exige 80 kg de N para produzir 1000 kg de grãos que podem ser fornecidos eficientemente pelo processo da FBN. Ao selecionar genótipos com alta eficiência em fixar o N pelo processo da FBN, considerando a produção brasileira, a FBN poderá resultar numa economia no país de aproximadamente US\$ 15 bilhões por safra.

Conclusão

Houve diferenças significativas, indicando variabilidade genética entre os 31 genótipos de soja avaliados. Entre os caracteres avaliados, as linhagens BR12-11023, BR14-1273, BR14-1272, BR14-1465, BR14-1279, BR14-1276 e BR14-1280 foram as que se destacaram.

Referências

BOHRER, T. R. J.; HUNGRIA, M. Avaliação de cultivares de soja quanto à fixação biológica do nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 6, p. 937-952, 1998.

CARRÃO-PANIZZI, M.C. Saudável, consumo direto da soja cresce entre brasileiros. **Visão Agrícola**, Piracicaba, ano 3, n. 5, p. 136-139, 2006. (número dedicado à soja).

DEVI, M.J.; SINCLAIR, T. R.; CHEN, P.; CARTER, T. E. Evaluation of elite southern maturity soybean breeding lines for drought-tolerant traits. **Agronomy Journal**, v. 106, p. 1947-1954, 2014.

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).

HUNGRIA, M.; MENDES, I.C. Nitrogen fixation with soybean: the perfect symbiosis? In: DE BRUIJN, F. (ed.). **Biological nitrogen fixation**. New York: Wiley-Blackwell, 2015.

PURCELL, L. C.; SPECHT, J. E. Physiological traits for ameliorating drought stress. In: BOERMA, H. R.; SPECHT, J. E. (ed.). **Soybeans: improvement, production and uses**. 3rd. ed. **American Society of Agronomy-Crop Science Society of America-Soil Science Society of America**, 2006. p. 569-620.

SANTOS, M. A.; NICOLÁS, M. F.; HUNGRIA, M. Identificação de QTL associados à simbiose entre *Bradyrhizobium japonicum*, *B. elkanii* e soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 67-75, 2006.

SEARLE, P. L. The Berthelot or indophenol reaction and its use in the analytical chemistry of nitrogen. **Analyst**, v.109, p. 549-568, 1984.

SERRAJ, R; SINCLAIR, T. R.; PURCELL, L. C. Symbiotic N₂ fixation response to drought. **Journal of Experimental Botany**, v. 50, p. 143-155, 1999.

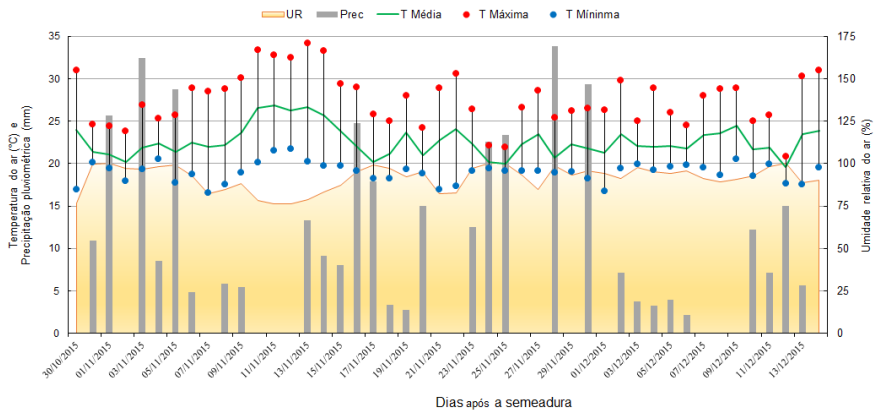


Figura 1. Precipitação pluviométrica, umidade relativa do ar e temperaturas máxima e mínima verificadas em Londrina – Paraná, no período de outubro a dezembro de 2015.

Tabela 1. Análise de variância quanto ao número de nódulos (NN), massa de nódulos secos (MNS), número específico de nódulos (MNS/NN), massa da parte aérea seca (MPAS) e nitrogênio total (NT), avaliados em 31 genótipos de soja.

F. V.	QMR				
	NN	MNS (mg planta ⁻¹)	MNS/NN (mg planta ⁻¹)	MPAS (g planta ⁻¹)	NT (mg planta ⁻¹)
Genotipo	205,80**	1551,27**	0,8295 ^{ns}	0,9577**	1693,44**
C. V. (%)	23,21	18,93	25,92	19,10	23,80
Media Geral	61,79	208,06	3,51	5,12	172,92

** significativo no nível de 1% de probabilidade pelo teste F.; ns: não significativo.

Tabela 2. Dados médios quanto ao número de nódulos (NN), massa de nódulos secos (MNS), massa da parte aérea seca (MPAS) e nitrogênio total (N total), avaliados em 31 genótipos de soja.

Genótipo	NN	MNS	MPAS	N total
BR12-11023	98.46 (1) a ²	265.33 (1) a	5.39 (12) a	193.70 (9) a
BR14-1281	83.80 (2) a	233.33 (10) a	4.26 (26) b	157.32 (22) b
BR14-1274	78.93 (3) a	206.66 (14) b	4.84 (22) b	171.63 (14) b
BR14-1279	74.53 (4) a	200.66 (15) b	5.66 (9) a	200.77 (8) a
BRS284 ^{1/}	72.53 (5) a	243.33 (6) a	4.63 (24) b	169.36 (15) b
BR14-1273	71.00 (6) a	252.00 (4) a	6.21 (3) a	239.23 (2) a
BR14-1448	70.86 (7) a	236.00 (9) a	4.87 (21) b	156.61 (23) b
BR14-1272	70.13 (8) a	238.00 (8) a	5.94 (6) a	220.19 (5) a
BR14-1452	70.06 (9) a	200.66 (16) b	5.43 (11) a	179.25 (12) b
BR14-1472	69.93 (10) a	254.00 (3) a	5.73 (7) a	164.30 (16) b
BR14-1276	68.80 (11) a	198.66 (17) b	5.46 (10) a	210.31 (6) a
BR14-1270	68.20 (12) a	252.00 (5) a	4.21 (27) b	160.80 (18) b
BR14-1475	67.53 (13) a	218.66 (12) a	5.22 (13) b	177.76 (13) b
BR14-1280	67.06 (14) a	195.33 (20) b	7.03 (1) a	265.23 (1) a
BR14-1465	64.20 (15) a	260.00 (2) a	5.67 (8) a	204.07 (7) a
BR14-1459	63.26 (16) a	180.66 (24) b	4.81 (23) b	140.19 (25) b
BR14-1462	60.33 (17) b	226.00 (11) a	6.60 (2) a	221.72 (4) a
BR14-1458	57.80 (18) b	240.00 (7) a	4.92 (19) b	130.58 (27) b
BR14-1460	54.33 (19) b	198.00 (18) b	5.20 (14) b	160.23 (19) b
BR14-1474	52.93 (20) b	217.33 (13) a	5.07 (16) b	182.52 (11) b
BR14-1466	51.60 (21) b	196.66 (19) b	5.98 (5) a	186.48 (10) a
BR14-1456	51.40 (22) b	178.00 (26) b	6.11 (4) a	228.53 (3) a
BR14-1473	51.13 (23) b	181.33 (23) b	4.43 (25) b	140.77 (24) b
BR14-1447	50.86 (25) b	156.66 (30) b	3.88 (29) b	121.06 (30) b
BR14-1450	50.86 (24) b	194.66 (21) b	4.98 (18) b	163.56 (17) b
BR14-1464	50.26 (26) b	180.00 (25) b	5.05 (17) b	157.91 (21) b
BR14-1469	48.60 (27) b	176.00 (27) b	3.60 (30) b	122.07 (29) b
BR14-1455	48.13 (28) b	186.00 (22) b	3.54 (31) b	105.56 (31) b
BR14-1471	46.20 (29) b	155.33 (31) b	4.90 (20) b	139.99 (26) b
BR14-1468	43.00 (30) b	160.66 (29) b	3.98 (28) b	129.71 (28) b
PI471938 ¹	38.86 (31) b	168.00 (28) b	5.10 (15) b	159.20 (20) b
Média Geral	61,79	208,06	5,12	172,92

¹genótipo padrão do ensaio; ²médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de médias Scott-Knott (5% de probabilidade).