



## FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO EM SOJA SOB DÉFICIT HÍDRICO

### BIOLOGICAL NITROGEN FIXATION IN SOYBEAN UNDER WATER DEFICIT

PRETE, C.E.C.<sup>1</sup>; NASCIMENTO JUNIOR, V.C.<sup>2</sup>; NOGUEIRA, M.A.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Professor Associado, Universidade Estadual de Londrina/UEL, Londrina, PR; e-mail: [cassio@uel.br](mailto:cassio@uel.br)

<sup>2</sup> Bolsista Doutorado CAPES, Universidade Estadual de Londrina/UEL, Londrina, PR;

<sup>3</sup> Pesquisador, Embrapa Soja, Londrina, PR.

### Resumo

Avaliaram-se em condições controladas os efeitos do déficit hídrico sobre a fixação biológica do nitrogênio (FBN) e componentes de rendimento em plantas de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) (cv. BRS-232 e BRS-268) em três experimentos e em três estádios reprodutivos, em que as plantas foram submetidas a duas disponibilidades hídricas: condição normal de capacidade de campo e de déficit hídrico nos estádios reprodutivos. Durante os estádios R<sub>2</sub> e R<sub>3</sub> foram avaliados a condutância estomática; a massa e o número de nódulos; e os teores de ureídeos (ácido alantóico e alantoína) na seiva do xilema; além do rendimento de sementes por planta em R<sub>8</sub>. O déficit hídrico reduziu os atributos relacionados à FBN, com reflexos na redução dos componentes de rendimento de grãos das plantas. A condição de déficit hídrico durante 13 dias entre as fases reprodutivas de florescimento pleno e formação inicial de vagens reduziu a massa e o número de nódulos em soja, com conseqüente redução média no rendimento de grãos de soja por planta em 14%.

### Introdução

Os dois períodos de maior sensibilidade da soja ao déficit hídrico são os de germinação-emergência e de floração-enchimento de grãos, porque envolvem diretamente a formação dos componentes de rendimento. O grão de soja é composto por cerca de 40% de proteínas, o que torna a cultura altamente dependente de nitrogênio. Entretanto, no Brasil, esse nutriente é fornecido principalmente pela fixação biológica do nitrogênio (FBN), que é sensível ao déficit hídrico. A base dessa sensibilidade está relacionada ao transporte dos ureídeos (ácido alantóico e alantoína) às folhas, a partir dos nódulos, via xilema, cujo catabolismo é prejudicado sob restrição de água. Isso resulta em um novo transporte via floema e acúmulo nos nódulos, o que inibe a FBN em conseqüência de um efeito retroinibitório, que pode acarretar na diminuição do vigor, da respiração e do fluxo de água aos nódulos (KING; PURCELL, 2005; HUNGRIA et al., 2007; KRON et al., 2008). Este trabalho objetivou avaliar atributos relativos à FBN e componentes do rendimento da cultura da soja nos estádios reprodutivos, sob indução de estresse pelo déficit hídrico.

### Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação na Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR. Cada unidade experimental (vasos de 9 L e de 5 L) recebeu um substrato formado pela mistura de Latossolo Vermelho distroférrico e material orgânico compostado, na proporção de 3:1, e adubação mineral conforme análise química de solos. Sementes de soja (cultivares BRS-232 e BRS-268, de hábito de crescimento determinado) foram tratadas com inoculante líquido (10<sup>9</sup> células/mL) e, na seqüência, semeadas; mantendo-se duas plantas após o desbaste no estádio V<sub>2</sub>. Para avaliar o efeito do estresse hídrico, as plantas foram submetidas a duas disponibilidades hídricas entre os estádios R<sub>2</sub> e R<sub>3</sub> com base em volume (m<sup>3</sup> H<sub>2</sub>O m<sup>-3</sup> solo): condição normal de capacidade de campo (CNCC) e de déficit hídrico no estádio reprodutivo (DHER), em um delineamento inteiramente casualizado com oito repetições. As avaliações em R<sub>2</sub> ocorreram três dias após o início do déficit hídrico, e em R<sub>3</sub> treze dias após o início do regime de estresse. Avaliaram-se a condutância estomática, com

porômetro portátil (*Leaf Porometer SC-1, Decagon Devices*); o número e a massa dos nódulos por planta (secos em estufa a 65 °C); e os teores de alantoína e de ácido alantóico na seiva do xilema, pela técnica de Vogels e van der Drift (1970), descrita em Hungria (1994). Após R<sub>3</sub>, mantiveram-se os experimentos em CNCC, que foram conduzidos até o estágio R<sub>8</sub>, para a coleta dos grãos, que foram contados e secos em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C, e corrigida a umidade em 13% para cálculo da massa de grãos por planta. Os dados de cada experimento foram submetidos à análise de variância e ao teste Tukey a 5% de significância.

## Resultados e Discussão

As condições de fornecimento de água influenciaram os resultados para os atributos relativos à FBN e ao rendimento de soja. A condutância estomática permitiu verificar a efetividade do regime de deficiência hídrica (Tabelas 1, 2 e 3), exceto no experimento 2 (vaso de cerâmica), no estágio R<sub>3</sub>, porque na data de avaliação os vasos já não estavam sob restrição de água (Tabela 2). Após três dias sob déficit hídrico, em R<sub>2</sub>, apenas no experimento 1 houve redução significativa no número e massa seca de nódulos por planta, além do aumento no teor de ácido alantóico e alantoína da seiva do xilema (Tabela 1). No décimo terceiro dia, sob o regime de restrição hídrica, em R<sub>3</sub>, houve redução do número e da massa de nódulos por planta nos três experimentos (Tabelas 1, 2 e 3); contudo, somente no experimento 3 (vaso de cerâmica) houve aumento nos teores de ureídeos (ácido alantóico e alantoína) (Tabela 3). Exceto para o número de grãos no experimento 2, o estresse hídrico reduziu o número de grãos e a sua massa por planta em todos os experimentos. A redução da massa de grãos e o seu número por planta foram, respectivamente, de 8,7% e 8,8% no experimento 1; de 19,9% e 10,4% (não significativo) no experimento 2; e de 14,1% e 12,0% no experimento 3. Com isso, verificou-se uma redução do rendimento médio na massa de grãos por planta de 14,2% (Tabelas 1, 2 e 3).

**Tabela 1.** Efeito do estresse hídrico em soja (cv. BRS-232) nos estádios reprodutivos R<sub>2</sub> e R<sub>3</sub> (Experimento 1 em vasos de polietileno de 9 L).

Características avaliadas	Sem déficit hídrico	Com déficit hídrico	CV%
Estádio R <sub>2</sub>			
Condutância estomática (mmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	669,93 a	71,57 b	27,32
Nº de nódulos por planta	67,00 a	34,00 b	56,27
Massa seca de nódulos por planta (mg)	51,95 a	17,25 b	79,10
Ácido alantóico (nM)	0,27 b	0,56 a	62,43
Alantoína (nM)	1,03 b	2,10 a	51,47
Estádio R <sub>3</sub>			
Condutância estomática (mmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	346,91 a	22,5 b	32,25
Nº de nódulos por planta	173,00 a	96,00 b	39,57
Massa seca de nódulos por planta (mg)	227,85 a	93,55 b	68,95
Ácido alantóico (nM)	2,42 a	2,24 a	74,58
Alantoína (nM)	5,82 a	8,10 a	84,39
Estádio R <sub>8</sub>			
Massa de grãos (g por planta)	15,47 a	14,13 b	8,16
Nº grãos por planta	63,30 a	57,75 b	8,40

Médias seguidas de letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A redução no rendimento de grãos pode ter sido um reflexo do efeito do déficit hídrico na FBN. No experimento 1, após três dias de déficit hídrico, houve redução do número de nódulos em 50% e da massa de nódulos em 67% em relação ao controle sem estresse hídrico. Simultaneamente, houve aumento dos teores de ureídeos em 105%, o que pode ter causado retroalimentação desse composto nitrogenado nos nódulos, por sua não degradação nas folhas (Tabela 1). Essa condição de aumento significativo dos ureídeos circulantes na seiva ocorreu nos demais experimentos apenas em R<sub>3</sub>, no experimento 3, com aumento médio dos ureídeos de 91% (Tabela 3). Todavia, ocorreram diferenças na massa e número de nódulos em R<sub>3</sub>, nos três experimentos, como efeito da restrição de água. Respectivamente, para o número de

nódulos e para a massa de nódulos por planta, as reduções foram de 44% e 59% no primeiro; de 34% e 46% no segundo; e de 47% e 34% no terceiro experimento (Tabelas 1, 2 e 3).

**Tabela 2.** Efeito do estresse hídrico em soja (cv. BRS-232) nos estádios reprodutivos R<sub>2</sub> e R<sub>3</sub> (Experimento 2 em vasos de cerâmica de 5 L).

Características avaliadas	Sem déficit hídrico	Com déficit hídrico	CV%
Estádio R <sub>2</sub>			
Condutância estomática (mmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	326,73 a	73,43 b	49,66
Nº de nódulos por planta	110,00 a	113,00 a	34,83
Massa seca de nódulos por planta (mg)	314,88 a	284,13 a	34,00
Ácido alantóico (nM)	4,16 a	5,23 a	33,30
Alantoína (nM)	9,11 a	13,35 a	43,34
Estádio R <sub>3</sub>			
Condutância estomática (mmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	201,91 a	201,88 a	75,76
Nº de nódulos por planta	177,00 a	116,00 b	31,90
Massa seca de nódulos por planta (mg)	780,25 a	424,31 b	27,46
Ácido alantóico (nM)	6,65 a	4,61 a	40,23
Alantoína (nM)	17,13 a	12,33 a	47,00
Estádio R <sub>8</sub>			
Massa de grãos (g por planta)	14,20 a	11,37 b	14,07
Nº grãos por planta	52,88 a	47,38 a	15,41

Médias seguidas de letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Tabela 3.** Efeito do estresse hídrico em soja (cv. BRS-268) nos estádios reprodutivos R<sub>2</sub> e R<sub>3</sub> (Experimento 3 em vasos de cerâmica).

Características avaliadas	Sem déficit hídrico	Com déficit hídrico	CV%
Estádio R <sub>2</sub>			
Condutância estomática (mmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	1096,66 a	35,35 b	60,02
Nº de nódulos por planta	38,06 a	35,62 a	61,18
Massa seca de nódulos por planta (mg)	67,06 a	50,25 a	94,90
Ácido alantóico (nM)	3,43 a	2,57 a	75,42
Alantoína (nM)	6,16 a	4,51 a	91,99
Estádio R <sub>3</sub>			
Condutância estomática (mmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	36,71 a	4,32 b	89,90
Nº de nódulos por planta	59,63 a	31,50 b	32,54
Massa seca de nódulos por planta (mg)	155,38 a	102,25 a	26,17
Ácido alantóico (nM)	6,37 b	10,37 a	26,05
Alantoína (nM)	4,85 b	11,01 a	30,05
Estádio R <sub>8</sub>			
Massa de grãos (g por planta)	9,90 a	8,50 b	9,27
Nº grãos por planta	44,81 a	39,43 b	9,79

Médias seguidas de letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## Conclusões

- A condição de déficit hídrico durante 13 dias entre as fases reprodutivas de florescimento pleno e formação inicial de vagens reduziu a massa e o número de nódulos em soja, com conseqüente redução média no rendimento de grãos de soja por planta em 14%.

## Referências

HUNGRIA, M. Metabolismo do Carbono e do Nitrogênio nos nódulos. In: HUNGRIA, M.; ARAUJO, R.S. (Ed.). **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Brasília: Embrapa-SPI, 1994. p. 249-283.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a soja**: componente essencial para a competitividade do produto



brasileiro. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados, 2007. 80 p. (Embrapa Soja. Documentos, 283).

KING, C.A.; PURCELL, L.C. Inhibition of N<sub>2</sub> fixation in soybean is associated with elevated ureides and amino acids. **Plant Physiol.**, v. 137, p. 1389-1396, 2005.

KRON, A.P.; SOUZA, G.M.; RIBEIRO, R.V. Water deficiency at different developmental stages of *Glycine max* can improve drought tolerance. **Bragantia**. Campinas, v. 67, n. 1, p. 43-49, 2008.

VOGELS, G.D.; VAN DER DRIFT, C. Differential analysis of glyoxylate derivatives. **Anal. Biochem**, v. 33, p. 143-157, 1970.