



FERTBIO 2012

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

Teores de Nutrientes e Parâmetros Fotossintéticos em Genótipos de Soja com Diferentes Níveis de Tolerância à Restrição Hídrica

Josiane Fukami⁽¹⁾; Paula Cerezini⁽²⁾; Deborah I Souza⁽³⁾; Antonio E Pípolo⁽⁴⁾, Mariangela Hungria⁽⁴⁾ Marco A Nogueira⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Departamento de Bioquímica e Biotecnologia/CCE, Universidade Estadual de Londrina CEP 86051-990, Londrina, PR; josifukami@hotmail.com; ⁽²⁾ Departamento de Microbiologia/CCB, UEL; ⁽³⁾ Departamento de Agronomia/CCA, UEL; ⁽⁴⁾ Pesquisador(a); Embrapa Soja, Rodovia Carlos João Strass, CEP 86001-970, Londrina, PR; nogueira@cnpso.embrapa.br

RESUMO – A soja é uma das culturas de maior relevância econômica mundial, cujo N demandado é suprido pela fixação biológica de nitrogênio (FBN). Entretanto, a restrição hídrica pode afetar a sua fisiologia e nutrição, dependendo da tolerância genotípica à seca. O objetivo desse trabalho foi avaliar os teores de nutrientes e parâmetros fotossintéticos em genótipos de soja com diferentes tolerâncias à restrição hídrica. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 5×2 , com sete repetições, empregando as linhagens R01-581F, R01-416F, R02-1325, que possuem capacidade de manter a FBN em condições de seca, e os padrões CD 215 e BRS 317, sensíveis, sob suprimento adequado de água (70% CC), ou sob restrição hídrica (30% CC) entre 45 e 55 dias após a emergência. Foram avaliados os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn na parte aérea, condutância estomática, concentração interna de CO_2 e teor de clorofila (entre 45 e 55 dias). Em geral, os genótipos R01-581F, R01-416F e R02-1325 apresentaram maiores teores de nutrientes quando comparados aos padrões CD 215 e BRS 317, confirmando sua melhor condição nutricional sob restrição hídrica. A restrição hídrica afetou negativamente os parâmetros relacionados à fotossíntese.

Palavras-chave: nutrientes, clorofila, estresse hídrico.

INTRODUÇÃO - A soja (*Glycine max* L. Merrill) é considerada uma das culturas de maior relevância econômica no cenário agrícola mundial, sendo o Brasil o segundo maior produtor e o maior exportador do grão. A cultura da soja tem elevada demanda por nitrogênio para seu desenvolvimento, que pode ser eficientemente fornecido pela fixação biológica de nitrogênio (FBN). Esse processo é indispensável para a viabilidade econômica e ambiental da cultura, sendo realizado por bactérias da ordem Rhizobiales, que são capazes de fixar o N_2 atmosférico em simbiose, substituindo os fertilizantes químicos nitrogenados (Hungria et al., 2007).

Entretanto, vários fatores podem ser limitantes à produtividade da cultura, como os decorrentes das alterações climáticas, que estão se agravando nas últimas

décadas e são fatores de risco para produção, principalmente pela ocorrência de restrição hídrica. Além de comprometer a fisiologia da planta, o déficit hídrico pode causar prejuízos indiretos, como efeitos negativos à nutrição da planta, contribuindo para a redução da produtividade.

Estudos indicam que há variações genotípicas entre cultivares de soja quanto à sensibilidade da FBN sob restrição hídrica, como as linhagens R01-581F, R01-416F, R02-1325, que mantêm a FBN mesmo em condições de seca (Chen et al., 2007).

O objetivo desse trabalho foi avaliar parâmetros nutricionais e fotossintéticos em genótipos de soja que diferem quanto à sensibilidade da FBN à seca, submetidos ou não à restrição hídrica.

MATERIAL E MÉTODOS – O experimento foi conduzido em condições controladas na Embrapa Soja, com delineamento experimental inteiramente casualizado em arranjo fatorial 5×2 , sendo cinco genótipos de soja: R01-581F, R01-416F, R02-1325, que apresentam maior capacidade de manter a FBN em condições de seca, e os padrões CD 215 e BRS 317, sensíveis, com e sem indução de restrição hídrica entre 45 e 55 dias, em vasos com 8 kg de solo, em sete repetições.

Realizou-se a inoculação com *Bradyrhizobium* imediatamente antes da semeadura com inoculante comercial líquido contendo 1×10^9 células viáveis/g. Foram mantidas três plantas por vaso. A umidade do solo foi mantida a 70% da capacidade de campo (CC) por 45 dias, quando metade dos vasos passou a receber água para manutenção de 30% da CC e a outra metade continuou a receber água para 70% da CC, por 10 dias.

Nos 10 dias em que as plantas foram submetidas à restrição hídrica, avaliou-se teor de clorofila das plantas com medidor portátil (SPAD-502). Um dia antes da coleta, no período da manhã, a condutância estomática e concentração intercelular de CO_2 (Ci) foram medidas com um analisador de trocas gasosas com sistema aberto de fluxo de ar (Li-COR). Aos 55 dias, as plantas foram coletadas e analisados os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn na parte aérea (PA).

Os dados foram submetidos à análise da variância com teste F ($p < 0,05$). Constatado efeito isolado dos fatores ou da interação significativa, aplicou-se o teste de Tukey ($p < 0,05$) para comparação de médias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO – Os teores de nutrientes na PA dos diferentes genótipos de soja submetidos a 30% CC e 70% CC são apresentados nas Tabelas 1 e 2. Os genótipos R01-581F, R01-416F e R02-1325 apresentaram maiores teores de N, P, K e Mg em relação aos padrões CD 215 e BRS 317. Houve menor efeito dos genótipos em relação aos micronutrientes. A restrição hídrica reduziu os teores de N, K, Ca, Mg e Mn nas plantas. A FBN é negativamente influenciada pelo déficit hídrico, no entanto, os genótipos que apresentam características de FBN tolerante à seca tiveram maiores concentrações de N na PA, enfatizando seu potencial em programas de melhoramento convencionais visando resistência à seca.

O K atua em importantes regulações na planta como: controle da turgidez celular, ativação de enzimas envolvidas na respiração e fotossíntese, processos de abertura e fechamento de estômatos, resistência à geadas, seca, salinidade e às doenças (Malavolta, 1980). Os maiores teores foram encontrados nos genótipos R01-581F, R01-416F e R02-1325 em relação aos padrões. Analisando o efeito isolado da condição hídrica, a restrição diminuiu os teores de K.

Quanto ao teor de Ca, os genótipos R01-581F, R01-416F e CD 215 apresentaram maiores teores em relação a R02-1325 e BRS 317. Já o Mg foi encontrado em maiores teores nos genótipos que apresentam características de FBN tolerante à seca (R01-581F, R01-416F e R02-1325), diferindo significativamente dos padrões. A restrição hídrica afetou negativamente tanto a concentração de Ca quanto a de Mg nas plantas. A concentração de S foi maior no genótipo R01-581F em relação aos genótipos R02-1325 e CD 215. Em relação ao B e Mn, o genótipo R01-581F apresentou os maiores teores desses elementos em relação aos demais. No entanto, a condição hídrica afetou apenas o teor de Mn, reduzindo-o. O maior teor de Zn foi encontrado nos genótipos R01-416F quando comparado aos genótipos R02-1325 e BRS 317.

O déficit hídrico rigoroso diminui ou inibe a absorção de nutrientes pelas plantas, pois a água é o veículo por meio do qual os íons predominantemente se movimentam da solução do solo para o sistema radicular, principalmente para aqueles cuja principal via de absorção se dá por fluxo de massa. Assim, a restrição hídrica no solo leva, obrigatoriamente, à deficiência de vários nutrientes (Novais et al., 1990). Entretanto, a restrição hídrica não afetou os teores de P, S, B, Cu, Fe e Zn na parte aérea das plantas.

A condutância estomática e a Ci são apresentados na Tabela 3. A restrição hídrica diminuiu a condutância estomática, mas não houve diferença entre os genótipos. Em todos os genótipos, a Ci diminuiu na condição de 30% CC. Nos tratamentos submetidos à restrição hídrica, os genótipos R01-581F e R01-416F apresentaram maior Ci em relação aos genótipos CD 215 e BRS 317. Nos tratamentos com suprimento normal de água (70% CC), não houve diferença entre os genótipos quanto à Ci. O

decréscimo do potencial hídrico reduz a condutância estomática e limita a difusão de CO_2 nos espaços intercelulares, pelo fechamento estomático, o que está de acordo com os dados encontrados. Segundo Ohashi et al. (2006), os estômatos fecham no início da restrição hídrica, a Ci inicialmente declina, mas se a restrição hídrica for muito severa a Ci tende a aumentar. Isso indica que as plantas estudadas estavam sob estresse hídrico moderado, pois tanto a condutância estomática quanto a Ci diminuíram em condição de 30% CC. Deve-se considerar, ainda, que as avaliações foram realizadas no período da manhã, em que a temperatura do ar e a umidade relativa apresentavam condições favoráveis à abertura dos estômatos.

Enquanto o teor de clorofila nas plantas sob restrição hídrica permaneceu praticamente constante durante os 10 dias em que permaneceram nessa condição, nas plantas sob suprimento adequado de água os teores aumentaram (Figura 1). Sendo pigmentos responsáveis pela captura de luz usada na fotossíntese, as clorofilas são essenciais na conversão da radiação luminosa em energia química, na forma de ATP e NADPH. Assim, a clorofila está relacionada à eficiência fotossintética das plantas, corroborando os resultados obtidos de Ci e condutância estomática, os quais apresentaram declínio sob estresse hídrico.

CONCLUSÃO – Em geral, os genótipos R01-581F, R01-416F e R02-1325 apresentaram maiores teores de nutrientes quando comparados aos padrões CD 215 e BRS 317, confirmando seu melhor estado nutricional sob restrição hídrica.

A restrição hídrica afetou negativamente os parâmetros relacionados à fotossíntese.

AGRADECIMENTOS – À Dr^a Larissa Moraes (Embrapa Soja) pelo auxílio nas medições com o equipamento Li-Cor. Ao Laboratório de Ecofisiologia Vegetal da Embrapa-Soja por ceder equipamentos utilizados nas avaliações. A CAPES pela concessão de bolsa de estudos. Trabalho realizado com recursos do projeto Embrapa 02.09.01.023.00.00.

REFERÊNCIAS

CHEN, P.; SNELLER, C.H.; PURCELL, L.C.; SINCLAIR, T.R.; KING, C.A.; ISHIBASHI, T. Registration of soybean germplasm lines R01-416F and R01-581F for improved yield and nitrogen fixation under drought stress. *Journal of Plant Registration*, v.1, n.2, September, 2007.

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

MALAVOLTA E. 1980. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Ceres. 251p.

NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. Nutrição mineral do eucalipto. In: BARROS, N. F.;

NOVAIS, R. F. (Eds.). *Relações solo-eucalipto*. Viçosa: Folha de Viçosa, 1990. p. 25-91.

gas exchange, chlorophyll fluorescence and stem diameter of soybean plants. **Biologia Plantarum**, Praha, v. 50, p. 138-141, 2006.

OHASHI, Y.; NAKAYAMA, H.; SANEOKA, H.; FUJITA, K. Effects of drought stress on photosynthetic

Tabela 1. Teor de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn) da parte aérea de diferentes genótipos de soja, considerando o efeito dos genótipos.

NUTRIENTES	GENÓTIPOS					p > F	CV %
	R01-581F	R01-416 F	R02-1325	CD 215	BRS 317		
	----- g kg ⁻¹ -----						
N	32,47 a	29,18 a	27,03 b	20,90 c	20,52 c	**	11,2
P	0,82 ab	0,93 a	0,85 ab	0,68 c	0,63 c	**	10,4
K	18,37 a	18,38 a	17,08 b	15,75 c	15,65 c	**	4,9
Ca	4,65 a	4,33 a	3,83 b	4,39 a	3,85 b	**	8,9
Mg	2,25 a	2,13 ab	2,02 b	1,86 c	1,83 c	**	6,2
S	2,60 a	2,27 ab	2,09 b	1,60 c	2,31 ab	**	14,5
	----- mg kg ⁻¹ -----						
B	32,64 a	26,38 b	25,18 b	24,32 b	24,15 b	**	8,8
Cu	21,32 a	15,83 b	17,33 ab	18,76 ab	26,48 ab	*	27,3
Fe	147,30 a	141,98 a	110,93 a	105,65 a	193,88 a	ns	30,0
Mn	7,92 a	5,18 bc	5,44 b	3,60 d	4,03 cd	**	21,1
Zn	8,08 ab	8,62 a	5,64 b	7,96 ab	5,80 b	**	36,4

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na linha, não diferem pelo teste de Tukey. **, p<0,01; *, p<0,05; ns, não significativo.

Tabela 2. Teor de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn) na parte aérea de genótipos de soja, considerando a condição hídrica, 30 ou 70% da capacidade de campo (CC) entre 45 e 55 dias.

CONDIÇÃO HÍDRICA	NUTRIENTES										
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- g kg ⁻¹ -----					----- mg kg ⁻¹ -----					
30 % CC	24,9 B	0,78 A	16,8 B	4,09 B	1,98 B	2,16 A	26,2 A	17,5 A	143,2 A	4,61 B	7,22 A
70 % CC	27,1 A	0,78 A	17,3 A	4,29 A	2,06 A	2,19 A	26,9 A	18,4 A	136,7 A	5,86 A	7,21 A
p > F	**	ns	*	*	**	ns	ns	ns	ns	**	ns
CV %	11,2	10,4	4,94	8,87	6,24	14,5	8,76	27,3	30,0	21,1	36,4

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na coluna, não diferem pelo teste de Tukey. **, p<0,01; *, p<0,05; ns, não significativo.

Tabela 3. Condutância estomática e concentração intracelular de CO₂ de diferentes genótipos de soja, submetidas a 30 ou 70% da capacidade de campo (CC) entre 45 e 55 dias.

CONDIÇÃO HÍDRICA	GENÓTIPOS						média
	R01-581F	R01-416F	R02-1325	CD 215	BRS 317		
	----- CONDUTÂNCIA ESTOMÁTICA (mol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹) -----						
30% CC	1,11	1,05	1,06	1,05	1,06	1,06 B	
70 % CC	1,21	1,20	1,22	1,23	1,17	1,20 A	
média	1,16 a	1,12 a	1,14 a	1,13 a	1,11 a		
	----- CONCENTRAÇÃO INTERCELULAR DE CO ₂ (µmol CO ₂ mol ⁻¹) -----						
30% CC	253,0 Ba	236,6 Bab	209,3 Bbc	185,2 Bc	190,1 Bc	214,8	
70 % CC	287,3 Aa	299,1 Aa	286,1 Aa	296,4 Aa	281,6 Aa	290,1	
média	270,2	267,9	247,7	240,8	235,8		

ANAVA: genótipo (G): p > 0,05; condição hídrica (H): p < 0,01; GxH: p > 0,05; CV = 3,83%

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem pelo teste de Tukey.

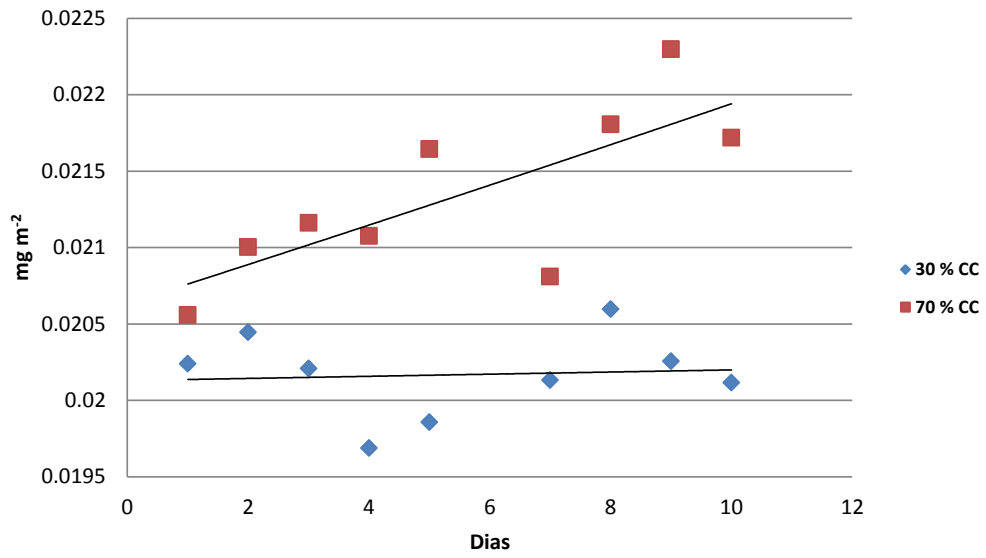


Figura 1. Teor de clorofila nos genótipos em condição de 30% e 70% CC, durante os 10 dias de indução de restrição hídrica, entre 45 e 55 dias após a emergência.