

PRODUTIVIDADE DE SOJA EM RESPOSTA AO ARRANJO ESPACIAL DE PLANTAS E À ADUBAÇÃO NITROGENADA ASSOCIADA A FERTILIZAÇÃO FOLIAR

OLIVEIRA JUNIOR, A. DE¹; CASTRO, C. DE¹; OLIVEIRA, F.A. DE¹;
PEREIRA, J.V.²; CHICARELI, R.³; CECCATTO, S.EL K.³

¹Embrapa Soja, C. P. 231, CEP 86001-970, Londrina-PR, adilson.oliveira@embrapa.br | ²UNOPAR, Londrina, PR. | ³UNIFIL, Londrina, PR.

Recentemente, muito em função dos concursos de máxima produtividade de soja, o estudo do arranjo espacial de plantas (AEP) voltou à tona com a utilização do plantio cruzado da soja. Entretanto este arranjo apresenta algumas limitações de ordem técnica, tais como o aumento dos custos com a operação de semeadura, o risco de erosão, bem como com o tempo necessário para semear a mesma área e a dificuldade operacional. Nesse sentido, é provável que ajustes na distribuição espacial de plantas ou o aumento na população são práticas que podem levar ao aumento da produtividade da cultura, especialmente no caso de cultivares de soja com tipo de crescimento indeterminado. Isso porque a arquitetura desses materiais frequentemente possibilita o aumento na população de plantas.

Além disso, muito pouco se conhece sobre a interação entre o arranjo espacial de plantas, com frequente aumento na população de plantas, e à aplicação de fertilizantes nitrogenados e foliares como forma de propiciar a nutrição suplementar das plantas com macro e micronutrientes, para refinar o manejo da adubação e propiciar os altos patamares de produtividade.

Portanto, busca-se readequar o arranjo espacial entre plantas no sentido de atender as novas cultivares disponibilizadas aos agricultores, em consonância com o avanço no manejo dos sistemas de produção.

O experimento foi conduzido no esquema fatorial 9 x 2, sendo que o primeiro fator corresponde às combinações entre os arranjos espaciais de plantas (espaçamento e população) associada à aplicação de N no estádio V4 e o segundo fator corresponde à aplicação de fertilizantes foliares (Tabela 1). O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com parcelas subdivididas e quatro repetições.

Portanto, nas parcelas foram avaliadas as combinações dos espaçamentos entre-

linhas, assim denominados: Espaçamento Reduzido (ER) de 0,25 m; Fileiras duplas (FD) 0,25:0,50 m e; Espaçamento Padrão (EP) de 0,5 m (Figura 1), com populações de plantas e/ou aplicação de N mineral, associadas a aplicação ou não dos fertilizantes foliares. Especificamente para o espaçamento de 0,50 m, em função de não ter sido possível a obtenção de um segundo valor para a população de plantas, foi avaliada uma curva de resposta à aplicação de N, também associada aos fertilizantes foliares.

O experimento foi semeado no dia 16 de outubro de 2012, utilizando a cultivar BRS-360RR, e distribuindo-se cerca de 12 plantas por metro linear, em Londrina/PR em área manejado no sistema de plantio direto com a sucessão de soja/trigo. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho de textura argilosa, com nível de fertilidade adequado ao cultivo da soja. As adubações com macro e micronutrientes, assim como todo o manejo fitossanitário para pragas, doenças e plantas daninhas, foram executados para se atingir a máxima produtividade da lavoura, de acordo com recomendações de Embrapa (2011). Todo o experimento foi implantado com o espaçamento de 0,25 cm, sendo que, no estádio V2, os arranjos espaciais foram ajustados pela eliminação das linhas de soja. Também nessa fase, foi realizado o desbaste de plantas nos tratamentos 1 e 4 (Tabela 1). No estádio V4, foi realizada a aplicação do N a lanço em área total com a fonte ureia, conforme tratamentos descritos na Tabela 1. Os fertilizantes foliares foram aplicados com volume de calda de 150 L ha⁻¹, de acordo com descrição apresentada na Tabela 2.

Após a maturação fisiológica dos grãos, foram coletadas plantas em pontos ao acaso na área útil das unidades experimentais para determinação de atributos morfológicos e componentes de produção, a saber: altura de planta, número

de nós produtivos/planta, número de ramos/planta; e massa de grãos nos terços inferior, médio, superior e nos ramos das plantas, sendo estes dados utilizados para calcular o valor percentual da produtividade que foi derivada destas partes da planta. Em seguida, fez-se a colheita mecanizada da área útil das unidades experimentais para quantificação da produtividade de soja, com teor de água corrigido a 13%. Parte das amostras foram avaliadas para determinação da massa de 100 grãos.

Os procedimentos estatísticos adotados foram a Análise de Variância – ANOVA para avaliação da significância dos fatores. No caso dos tratamentos das parcelas, foi realizada a comparação por meio de contrastes ortogonais, testando-se as seguintes combinações: i. ER vs EP; ii. FD vs EP; iii. ER vs FD; iv. efeito da população de plantas dentro do ER e do FD, na dose 0 de N e; v. Efeito da aplicação de N dentro da maior população de plantas para ER e para FD. A resposta às doses de N aplicadas no EP foi avaliada por meio de regressão linear, caso houvesse resposta significativa nos modelos ajustados.

De acordo com a ANOVA, exceção feita para a produtividade da soja que não foi estatisticamente alterada pelos tratamentos, para as demais variáveis houve resposta significativa para os tratamentos. Em relação à aplicação dos fertilizantes foliares, assim como para a interação entre os dois fatores, não foi verificado efeito significativo para as variáveis testadas (Tabela 3). Portanto, em função de não haver interação significativa entre os fatores, a resposta aos tratamentos foi apresentada na média das aplicações foliares.

Na Tabela 4 são apresentados os resultados dos contrastes para as características fitotécnicas, altura de plantas (AP), número de nós produtivos (NN) e de ramos (NR). Para a variável AP, não houve diferença estatística na comparação entre os arranjos espaciais de plantas (AEP), mas, no espaçamento reduzido (ER), houve efeito significativo para a população de plantas, em que a AP passou de 77,5 para 90,0 cm com o aumento da população de plantas de 200.000 para 384.000 plantas/ha. Apesar dessa diferença entre os valores de AP, não foi observado acamamento no

arranjo de maior população. A aplicação de N no estágio V4 também não resultou em diferenças significativas para a AP, independentemente do AEP.

Para o NN, houve diferença significativa entre os AEP, sendo o maior valor médio verificado para o EP (16,9). Na comparação entre o ER e o FD, as médias também foram estatisticamente diferentes, com maior valor para o FD (16,0 nós). Dessa forma, observou-se relação direta entre o espaçamento e o NN. Relação inversa foi observada para o NN e a população final de plantas havendo, inclusive, diferença estatística para o ER, cujo NN passou de 16,6 para 14,2 com o aumento da população de plantas (Tabela 4). No caso do NR, também houve resposta significativa para os AEP, com resultado semelhante ao verificado para o NN. Ou seja, os valores médios de NR diminuíram na seguinte ordem: EP > FD > ER. Nos dois AEP avaliados (ER e FD), o NR também reduziu com o aumento da população, sendo essa diminuição muito mais evidente no ER (3,0 para 1,4 ramos/planta). A aplicação de N não resultou em resposta significativa para o NN e NR (Tabela 4).

Na Tabela 5, encontram-se os resultados dos contrastes ortogonais para a produtividade e para a massa de 100 grãos. No caso da massa de grãos, houve resposta significativa na comparação dos dois AEP com o EP, sendo a massa de grãos no EP inferior à do ER e FD (15,36, 15,75 e 15,64, respectivamente). A massa de grãos também foi significativamente influenciada pela população de plantas e pela aplicação de N, no caso do ER. Para a população de plantas, observou-se o aumento da massa de grãos (15,36 para 15,90 g) com o aumento do número de plantas. No caso do N, também houve aumento significativo com a aplicação de 50 kg/ha de N, contudo, a diferença foi de somente 0,10 g (15,9 para 16,0 g).

Para a produtividade, não foi observada diferença estatística para nenhuma das combinações avaliadas, sendo que as médias variaram entre 3747 e 3897 kg ha⁻¹. Isto demonstra que a cultivar utilizada apresenta elevada capacidade de adaptação ao AEP compensando a redução na população de plantas pelo número de nós e de ramificações.

Independentemente dos tratamentos, as produtividades de soja foram altas (sempre acima de 3600 kg ha⁻¹), indicando o excelente potencial produtivo da cultivar BRS-360RR (Figura 2A). Além disso, a ausência de resposta significativa mostrou, também, a alta capacidade de compensação que a cultivar testada apresenta, visto que em AEPs cuja população de planta foi reduzida, cerca de 40 % do valor final da produtividade foi mantido pelas ramificações sendo, inclusive, superior à contribuição das demais (TI, TM e TS). Nas situações inversas, o potencial produtivo foi mantido principalmente pelos nós produtivos dos terços médio e superior (Figura 2B).

Na Tabela 6, encontram-se os resultados para a curva de resposta a N, avaliada dentro do EP (0,5 m). Para todas as variáveis, não foi verificada resposta significativa para as doses de N, comprovando que a adequada inoculação da soja com as bactérias do gênero *Bradhyrizhobium* é suficiente para o atingimento de altas produtividades na cultura da soja.

Vale salientar que as condições climáticas verificadas em Londrina na safra 2012/2013 foram muito favoráveis para a cultura da soja, não havendo longos períodos de déficit hídrico que pudesse comprometer o desenvolvimento das plantas. Dessa forma, a capacidade genética da cultivar utilizada em compensar as variações no AEP, associada às boas condições climáticas são as principais causas para a não existência de resposta, em termos de produtividade, aos tratamentos avaliados. Faz-se necessário, portanto, a continuidade dos estudos para que as indicações de manejo quanto ao AEP seja realizada com maior segurança. Outro ponto a ser investigado é a necessidade de aplicação de N e fertilizantes foliares, pois, nas condições avaliadas, o manejo com estes insumos não proporcionaram aumento na produtividade da soja.

Referências

TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO DE SOJA: REGIÃO CENTRAL DO BRASIL 2012 e 2013. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 264p. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, n. 15).

Tabela 1. Tratamentos avaliados. Embrapa Soja, Safra 2012/2013

Trat. N°.	Parcela		Sub-subparcela
	Espaçamento / nº de Plantas / Pop. de Plantas m / plantas m ⁻¹ / plantas ha ⁻¹	N (V4) kg ha ⁻¹	Fertilizante Foliar
1	ER: 0,25 / 5 / 200.000	0	Sem e Com
2	ER: 0,25 / 12 / 480.000	0	Sem e Com
3	ER: 0,25 / 12 / 480.000	50	Sem e Com
4	FD: 0,25:0,50 / 8 / 213.333	0	Sem e Com
5	FD: 0,25:0,50 / 12 / 320.000	0	Sem e Com
6	FD: 0,25:0,50 / 12 / 320.000	50	Sem e Com
7	EP: 0,50 / 12 / 240.000	0	Sem e Com
8	EP: 0,50 / 12 / 240.000	50	Sem e Com
9	EP: 0,50 / 12 / 240.000	100	Sem e Com

* População de plantas calculada com base na quantidade de sementes distribuídas (12 plantas por metro linear);

** ER: Espaçamento Reduzido; FD: Fileira Dupla; EP: Espaçamento Padrão;

*** Para cálculo da população de plantas no FD, foi utilizada a média dos dois espaçamentos, 0,375 m;

**** N aplicado na forma de ureia.

Tabela 2. Data, estágio de desenvolvimento e formulações aplicadas via foliar

Data	Estádio	Dose / Formulação*
13/12/2012	V6 / R2	3,0 kg ha ⁻¹ / 06-12-40 3,0 L ha ⁻¹ / Enxofre (fonte com 52 % S)
27/12/2012	V8 / R3	3,0 kg ha ⁻¹ / 06-12-40 0,8 kg ha ⁻¹ / Sulfato de Amônio
07/01/2013	R4/R5	3,0 kg ha ⁻¹ / 06-12-40 0,8 kg ha ⁻¹ / Sulfato de Amônio
17/01/2013	R5	3,0 kg ha ⁻¹ / 06-12-40 0,8 kg ha ⁻¹ / Sulfato de Amônio 1,0 L ha ⁻¹ / Complexo de micronutrientes

Tabela 3. Resumo do quadro da análise de variância para as variáveis avaliadas: Produtividade (Prod), Massa de 100 grãos (M100g), Altura de Plantas (AP), Número de nós produtivos (NN) e Número de ramos (NR).

FV	GL	Valor de F _{calc}				
		Prod	M100g	AP	NN	NR
Bloco	3	---	---	---	---	---
Tratamento (T)	8	0,46 ^{ns}	6,28 ^{**}	3,45 ^{**}	9,28 ^{**}	12,15 ^{**}
Fert. Foliar (F)	1	0,18 ^{ns}	1,21 ^{ns}	2,62 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,07 ^{ns}
T x F	8	0,45 ^{ns}	0,62 ^{ns}	1,45 ^{ns}	1,92 ^{ns}	0,24 ^{ns}
CV (A) %		6,47	2,39	7,37	5,96	22,8
CV (B) %		5,20	5,82	6,78	7,07	26,5
Média		3833 kg ha ⁻¹	15,58 g	84,95 cm	16,03	2,43

°, *, ** Significativo pelo teste F a 10, 5 e 1 %, respectivamente.

Tabela 4. Contrastes ortogonais para as variáveis Altura de Plantas (AP), Número de Nós (NN) e Número de Ramos (NR). Embrapa Soja, Londrina, PR

Contrastes	AP			NN			NR		
	\bar{X}_1	\bar{X}_2	F ³	\bar{X}_1	\bar{X}_2	F	\bar{X}_1	\bar{X}_2	F
	cm								
ER ¹ vs EP ²	85,2	83,1	1,2 ^{ns}	15,2	16,9	25,3 ^{**}	1,9	3,0	43,8 ^{**}
FD ¹ vs EP ²	86,5	83,1	3,6 ^{ns}	16,0	16,9	7,6 ^{**}	2,4	3,0	14,2 ^{**}
ER ¹ vs FD ²	85,2	86,5	0,6 ^{ns}	15,2	16,0	5,2 [*]	1,9	2,4	8,3 ^{**}
200.000 ¹ vs 384.000 ^{2†} plantas/ha d/ ER e 0 N	77,5	90,0	16,3 ^{**}	16,6	14,2	18,0 ^{**}	3,0	1,4	29,9 ^{**}
213.333 ¹ vs 256.000 ^{2†} plantas/ha d/ FD e 0 N	84,3	88,0	1,4 ^{ns}	16,4	15,5	2,4 ^{ns}	2,7	2,1	4,5 [*]
0 ¹ vs 50 ² kg/ha N d/ ER e 384.000 plantas/ha	90,0	88,0	0,4 ^{ns}	14,2	15,0	2,3 ^{ns}	1,4	1,4	0,01 ^{ns}
0 ¹ vs 50 ² kg/ha N d/ FD e 256.000 plantas/ha	88,0	87,3	0,1 ^{ns}	15,5	16,1	0,9 ^{ns}	2,1	2,4	1,1 ^{ns}

¹ corresponde à média \bar{X}_1 ; ² corresponde à média \bar{X}_2 ; ³ ns, **, *: não significativo, significativo a 1 e 5 %, respectivamente;

* valor final de população de plantas obtido no respectivo arranjo.

Tabela 5. Contrastes ortogonais para as variáveis Produtividade e Massa de 100 grãos. Embrapa Soja, Londrina, PR

Contrastes	Produtividade			Peso de 100 grãos		
	\bar{X}_1	\bar{X}_2	F^3	\bar{X}_1	\bar{X}_2	F
	$kg\ ha^{-1}$			g		
ER ¹ vs EP ²	3815	3890	1,5 ^{ns}	15,75	15,36	15,6 ^{**}
FD ¹ vs EP ²	3793	3890	2,5 ^{ns}	15,64	15,36	7,8 ^{**}
ER ¹ vs FD ²	3815	3793	0,1 ^{ns}	15,75	15,64	1,4 ^{ns}
200.000 ¹ vs 384.000 ^{2†} plantas/ha d/ ER e 0 N	3897	3800	0,8 ^{ns}	15,36	15,90	9,9 ^{**}
213.333 ¹ vs 256.000 ^{2†} plantas/ha d/ FD e 0 N	3807	3775	0,3 ^{ns}	15,41	15,91	2,4 ^{ns}
0 ¹ vs 50 ² kg/ha N d/ ER e 480.000 plantas/ha	3800	3747	0,1 ^{ns}	15,90	16,00	8,3 ^{**}
0 ¹ vs 50 ² kg/ha N d/ FD e 320.000 plantas/ha	3775	3796	0,05 ^{ns}	15,91	15,60	3,3 ^{ns}

¹ corresponde à média \bar{X}_1 ; ² corresponde à média \bar{X}_2 ; ³ ns, **, *: não significativo, significativo a 1 e 5 %, respectivamente;
* valor final de população de plantas obtido no respectivo arranjo.

Tabela 6. Resposta das variáveis Altura de Plantas, Número de Nós e de Ramos, Produtividade e Massa de 100 grãos à aplicação de N, dentro do Espaçamento Padrão (0,5 m). Embrapa Soja, Londrina, PR

Variáveis	Doses de N			Média
	0	50	100	
Altura de Plantas (cm)	84,5	85,3	79,6	83,1^{ns}
Número de Nós	16,4	17,7	16,6	16,9^{ns}
Número de Ramos	2,8	3,3	2,9	3,0^{ns}
Produtividade (kg ha ⁻¹)	3906	3888	3876	3890^{ns}
Massa de 100 grãos (g)	15,70	15,42	14,97	15,4^{ns}

**Figura 1.** Foto dos arranjos espaciais de plantas avaliados. A: espaçamento reduzido (0,25 m); B: fileira dupla (0,375 m); C: espaçamento padrão (0,50 m)

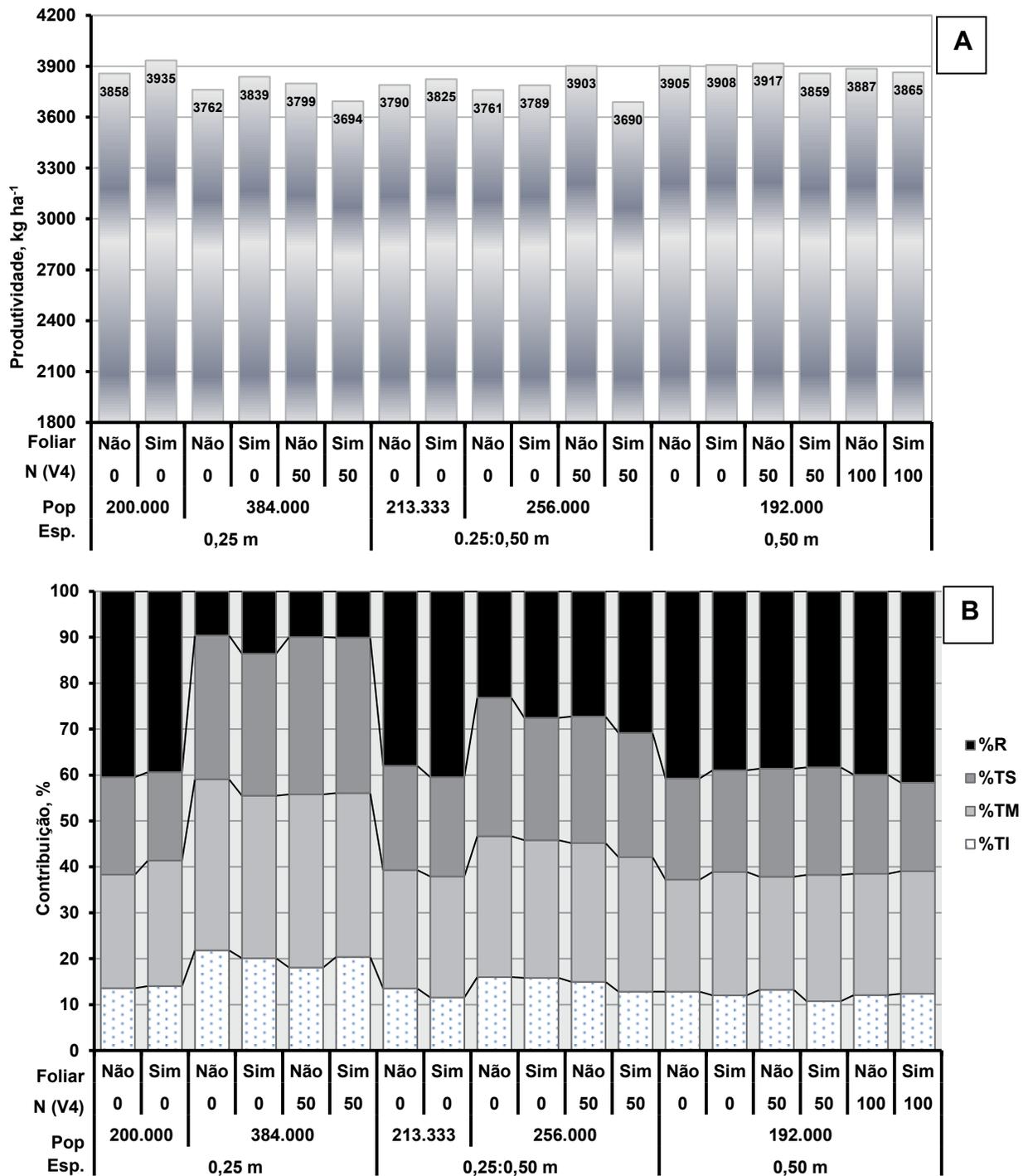


Figura 2. Produtividade de Soja (A) e contribuição percentual das partes da planta no valor final de produtividade (B) em resposta aos tratamentos. TI: Terço Inferior; TM: Terço Médio; TS: Terço Superior; R: Ramos. Embrapa Soja, Londrina, PR.