

Adubação nitrogenada, espaçamento e população de plantas sobre o estado nutricional e componentes fisiológicos da soja

CAVALLARI, L.S.¹, PEREIRA, L.E.², MOREIRA, A.³ E MORAES, L.A.C.³ | ¹Estudante do curso de Agronomia da UNOPAR; ²Estudante de curso de Agronomia da UNIFIL; ³Pesquisadores da Embrapa Soja

Introdução

O uso de populações acima da atualmente indicada, além de acarretar aumento nos gastos com sementes, pode levar ao acamamento de plantas e não proporcionar acréscimo no rendimento de grãos. Já a adoção de populações abaixo da indicada favorece o desenvolvimento de plantas daninhas e pode resultar em elevadas perdas no momento da colheita. Marchiori *et al.* (1999) constataram que, quanto maior a população de plantas de soja de crescimento determinado na linha, maior a altura final das plantas, menor o diâmetro da haste principal e menor o número de ramificações por planta. Um dos objetivos da modificação no espaçamento de plantas, pela diminuição da distância entre as linhas, é encurtar o tempo para a cultura interceptar 95% da radiação solar incidente, e com isso, incrementar a quantidade de luz captada por unidade de área e de tempo. A redução do espaçamento

entre linhas, em uma mesma população de plantas, distribui melhor as plantas na área. Parte das plantas que se encontram na linha quando se utiliza o espaçamento de 40 cm são dispostas na entrelinha quando se opta pelo espaçamento de 20 cm, pois o espaçamento de 20 cm permite o dobro de linhas na área. Dessa forma, reduz-se a competição intraespecífica, pela maior aproximação da equidistância entre as plantas dentro da mesma linha e com as plantas de outras linhas.

Atualmente, as recomendações oscilam de 20 a 40 kg ha⁻¹ de N, dosagens estas que podem, em determinadas condições, ser consideradas prejudiciais ao estabelecimento dos primeiros nódulos e à fixação inicial do N₂ pelas plantas. Mendes *et al.* (2008) verificaram que a aplicação de 200 kg ha⁻¹ de N prejudicou a produtividade da soja de ciclo determinado cultivada com 17 sementes por metro linear, com espaçamento entre linhas de 45 cm. Os efeitos acima mencionados poderão ser diferentes de acordo com a forma e fontes de N aplicado, como verificado por Cartwright (1967), no qual que constatou efeito depressivo do nitrato na nodulação. Ruschel *et al.* (1974) relataram que a atividade da enzima nitrogenase nos nódulos das plantas de soja que receberam nitrato de amônio e ureia foi semelhante ao tratamento com inoculação, não influenciando na produção.

O objetivo deste trabalho foi verificar os efeitos da adubação nitrogenada, população de plantas e densidade de plantio sobre os componentes fisiológicos e estado nutricional da soja cultivada em Latossolo Vermelho Escuro eutrófico.

Material e Métodos

O experimento foi realizado em dois anos agrícolas no campo experimental da Embrapa Soja, localizado no município de Londrina (23°23'30"S e 51°11'05"W), em Latossolo Vermelho Escuro eutrófico (LVef) com os seguintes atributos químicos: pH (CaCl₂) = 4,9, matéria orgânica (MO) = 31,3 g kg⁻¹, P (Mehlich 1) = 37,4 mg kg⁻¹, K = 0,7 cmol_c dm⁻³, Ca = 5,1 cmol_c dm⁻³, Mg = 1,9 cmol_c dm⁻³, S = 79,1 mg kg⁻¹, Al = 0,1 cmol_c dm⁻³, H+Al = 3,8 cmol_c dm⁻³, capacidade de

troca de cátions (CTC) = 11,5 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, saturação por bases (V) = 67%, B = 0,6 mg dm^{-3} , Cu = 18,3 mg dm^{-3} , Fe = 101,6 mg dm^{-3} , Mn = 173,8 mg dm^{-3} , Zn = 7,9 mg dm^{-3} e argila = 710 g kg^{-1} .

O delineamento experimental foi o de blocos confundidos 3^3 com uma repetição. Os tratamentos consistiram de três doses de N [(0, 20 e 40 kg ha^{-1} – fonte: ureia (44% de N)], três quantidades de plantas por hectare (222222, 333333 e 666666 plantas ha^{-1}) e três espaçamentos entre linhas (30, 40 e 50 cm) em parcelas de 4,0 x 8,0 m. A cultivar de soja utilizada foi a BMX Turbo, super precoce, de porte médio, tipo de crescimento indeterminado e grupo de maturação 5,8. Exceto o N, os micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn, Ni e Zn) foram aplicados na forma de sais misturados com gesso agrícola (CaSO_4). As sementes foram inoculadas com *Bradyrhizobium elkanii* e tratadas com solução contendo Mo, Co e Ni (TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE SOJA, 2011).

O preparo da área foi em sistema convencional e antes do plantio foi feita adubação a lanço em função da quantidade exportada para obtenção de uma produtividade estimada de 5400 kg ha^{-1} (90 sacas ha^{-1}), o que equivale a 108 kg ha^{-1} de K_2O , 54 kg ha^{-1} de P_2O_5 , 30 kg ha^{-1} de S, 2,0 kg ha^{-1} de B, 2,5 kg ha^{-1} de Cu, 4,0 kg ha^{-1} de Mn e 5,0 kg ha^{-1} de Zn. Após aplicação de N foi feita irrigação da área para incorporação da uréia ao solo. No estádio R_5 foi determinada a unidade SPAD dos 3^o e 4^o trifólios totalmente expandidos a contar do ápice de 20 plantas por parcela, nos quais foram posteriormente coletadas para realização das análises foliares. Os dados foram convertidos em teor de clorofila (mg m^{-2}).

Após a coleta, as folhas foram secas em ventilação forçada em estufa a $\pm 65^\circ\text{C}$ até peso constante e passadas em moinho com peneira de 0,4 mm. O N total foi extraído por digestão sulfúrica e os teores de P, K, Ca, Mg, S, Na, B, Cu, Fe, Mn e Zn total foram extraídos por digestão em solução nítrico-perclórica. No período da manhã – estádio R_5 , foi determinada a taxa fotossintética ($\text{mmol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática ($\text{mol H}_2\text{O M}^{-2} \text{ s}^{-1}$), concentração de gás carbônico - CO_2 ($\text{mmol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$) e taxa respiratória ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) com medidor de

fotossíntese e fluorescência LI-6400XT (LICOR®). Neste estádio vegetativo também foi passado nas parcelas o Greenseeker para leitura de NDVI a fim de determinar a intensidade verde em função dos tratamentos aplicados.

De acordo com o delineamento proposto, foi realizado o teste de normalidade para as variáveis analisadas e, posteriormente foram submetidos à análise de variância (ANOVA - teste F) e teste de comparação de médias a 5% de probabilidade pelo teste Tukey (PIMENTEL GOMES, 2009). As análises de regressão e correlação ($p \leq 0,05$) foram usadas para estudar as relações entre as variáveis obtidas em cada tratamento.

Resultados e Discussão

Os efeitos dos tratamentos sobre os componentes fisiológicos e NDVI nas plantas são apresentados na Tabela 1. Houve aumento significativo da condutância estomática, concentração interna de CO_2 (Ci), taxa transpiratória e teor de clorofila com a maior densidade de plantas e também redução da concentração interna de CO_2 com incremento das doses de N e espaçamento entre linhas, enquanto a taxa fotossintética e o NDVI não foram influenciados pelos tratamentos, independentemente da variável analisada, demonstrando que apesar do incremento da concentração interna de CO_2 , as plantas não conseguiram metaboliza-lo proporcionalmente no processo de fotossíntese. O incremento da concentração interna de CO_2 com o aumento da condutância estomática no tratamento densidade (Tabela 1) parecem indicar que a ausência de efeito da taxa fotossintética líquida foi devida a um possível estresse hídrico na fotossíntese, em decorrência de um maior número de plantas por área, visto que um alto valor de Ci associado à condutância estomática indicaria um aumento na eficiência de carboxilação pelas plantas.

Não foram verificadas interações significativas entre as doses de N, densidade e população de plantas sobre os teores foliares (Tabelas 2 e 3). Apenas os teores foliares de Ca e S aumentaram significativamente ($p \leq 0,05$) com o incremento das doses de N, enquanto o aumento da

densidade de plantas acarretou em redução apenas nos teores foliares de N, P e Cu. Exceto o Mn, o espaçamento entre plantas não alterou significativamente ($p > 0,05$) os teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Na e Zn nas plantas de soja (Tabelas 2 e 3), estando os teores próximos dos valores indicados como adequados (TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE SOJA, 2011). Tais resultados demonstraram que, no geral, a elevada fertilidade inicial do solo verificada e a adubação de plantio feita com base na produtividade máxima estimada com a inoculação das sementes com *Bradyrhizobium* foram suficientes para suprir de forma adequada as exigências nutricionais das plantas em todo o ciclo vegetativo.

Conclusões

- A taxa fotossintética não foi influenciada pelas doses de N, espaçamento e população de plantas;
- As doses de N não alteram os teores de N na planta indicando que a inoculação foi suficiente para suprir o estado nutricional das plantas.

Referências

CARTWRIGHT, P.M. The effect of combined nitrogen on the growth and nodulation of excised roots of *Phaseolus vulgaris* L. **Annals of Botany**, v.31, p.309-322, 1967.

MARCHIORI, L.F.S.; CÂMARA, G.M.S.; PEREIRA, C.P.; MARTINS, M.C. Desempenho vegetativo de cultivares de soja *Glycine max* (L.) Merrill em épocas normal e safrinha. **Scientia Agricola**, v.56, , p.383-390, 1999.

MENDES I.C.; REIS JUNIOR, F.B., HUNGRIA, M.; SOUSA, D.M.G.; CAMPO, R.J. Adubação nitrogenada suplementar tardia em soja cultivada em latossolos do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.1053-1060, 2008.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: FEALQ, 2009. 350p.

RUSCHEL, A.P.; RUSCHEL, R.; ALMEIDA, D.L.; SUHET, A.R. Influência do nitrogênio mineral e orgânico na fixação simbiótica do nitrogênio em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.9, p.125-129, 1974.

TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO DE SOJA - **Região Central do Brasil 2011**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 255p.

Tabela 1. Teste F da análise de variância da fotossíntese, condutância estomática, concentração de CO₂, taxa respiratória, clorofila e NDVI em função da adubação nitrogenada, espaçamento e densidade de plantio da soja.

	Fotossíntese	Condutância estomática	Concentração de CO ₂	Taxa respiratória	Clorofila	NDVI
Nitrogênio (a)	0,765 ^{NS}	0,810 ^{NS}	12,016*	0,053 ^{NS}	3,166 ^{NS}	1,015 ^{NS}
Espaç. (b)	0,270 ^{NS}	0,891 ^{NS}	49,990*	35,897*	2,635 ^{NS}	0,134 ^{NS}
Dens. (c)	0,563 ^{NS}	11,284* ↓	29,360* ↑	12,912* ↑	12,602* ↑	2,010 ^{NS}
a x b	0,790 ^{NS}	1,190 ^{NS}	3,282 ^{NS}	0,947 ^{NS}	0,087 ^{NS}	1,350 ^{NS}
a x c	0,415 ^{NS}	0,985 ^{NS}	5,332* ↓	1,960 ^{NS}	0,987 ^{NS}	3,349 ^{NS}
b x c	0,459 ^{NS}	1,533 ^{NS}	4,086 ^{NS}	1,703 ^{NS}	0,500 ^{NS}	0,420 ^{NS}
	μmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹	mol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹	μmol CO ₂ mol ⁻¹	μmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹	mg m ⁻²	NDVI
Média	14,117	0,348	267,025	4,153	297,758	0,824
CV%	14,54	24,14	8,93	23,55	3,21	4,88

*Significativo a 5%, ^{NS}não significativo. As setas indicam a tendência dos valores quando significativo em função dos tratamentos.

Tabela 2. Teste F da análise de variância dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S em função da adubação nitrogenada, espaçamento e densidade de plantio da soja.

	N	P	K	Ca	Mg	S
Nitrogênio (a)	1,274 ^{NS}	1,058 ^{NS}	0,831 ^{NS}	6,732* ↑	0,081 ^{NS}	4,712* ↑
Espaç. (b)	1,164 ^{NS}	3,653 ^{NS}	1,116 ^{NS}	3,351 ^{NS}	1,529 ^{NS}	0,160 ^{NS}
Dens. (c)	5,619* ↓	6,136* ↓	2,765 ^{NS}	3,666 ^{NS}	0,140 ^{NS}	24,714* ↑
a x b	1,996 ^{NS}	0,539 ^{NS}	0,109 ^{NS}	0,363 ^{NS}	0,439 ^{NS}	1,207 ^{NS}
a x c	2,161 ^{NS}	3,622 ^{NS}	0,412 ^{NS}	1,404 ^{NS}	0,301 ^{NS}	0,767 ^{NS}
b x c	1,561 ^{NS}	1,749 ^{NS}	1,244 ^{NS}	1,988 ^{NS}	0,163 ^{NS}	0,392 ^{NS}
			g kg ⁻¹			
Média	55,15	3,87	19,74	13,97	4,15	4,01
CV%	4,7	12,1	8,3	7,3	5,9	18,1

*Significativo a 5%, ^{NS}não significativo. As setas indicam a tendência dos valores quando significativo em função dos tratamentos.

Tabela 3. Teste F da análise de variância dos micronutrientes B, Cu, Fe, Mn, Zn e Na em função da adubação nitrogenada, espaçamento e densidade de plantio da soja.

	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na
Nitrogênio (a)	0,324 ^{NS}	0,142 ^{NS}	0,515 ^{NS}	0,214 ^{NS}	4,699 ^{NS}	4,364 ^{NS}
Espaç. (b)	0,931 ^{NS}	2,814 ^{NS}	1,960 ^{NS}	6,057*	0,803 ^{NS}	2,037 ^{NS}
Dens. (c)	2,260 ^{NS}	16,832* ↓	2,122 ^{NS}	1,547 ^{NS}	1,133 ^{NS}	0,260 ^{NS}
a × b	0,987 ^{NS}	0,076 ^{NS}	0,561 ^{NS}	0,163 ^{NS}	0,661 ^{NS}	3,011 ^{NS}
a × c	0,501 ^{NS}	0,701 ^{NS}	0,152 ^{NS}	1,310 ^{NS}	1,364 ^{NS}	1,706 ^{NS}
b × c	2,401 ^{NS}	1,386 ^{NS}	0,813 ^{NS}	2,486 ^{NS}	1,256 ^{NS}	0,959 ^{NS}
	mg kg ⁻¹					
Média	35,61	8,84	154,44	189,53	69,38	34,54
CV%	7,4	11,9	11,0	25,5	7,4	12,5

*Significativo a 5%, ^{NS} não significativo. As setas indicam a tendência dos valores quando significativo em função dos tratamentos.