

RENDIMENTO DE GRÃOS DE SOJA AFETADO PELO ESPAÇAMENTO ENTRE LINHAS E FERTILIDADE DO SOLO

SOYBEAN GRAIN YIELD AFFECTED BY ROW SPACING AND SOIL FERTILITY

André Luís Thomas¹ José Antonio Costa² João Leonardo Pires³

RESUMO

Foram realizados dois experimentos com soja, na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, município de Eldorado do Sul - RS. Na safra de 1994/95, utilizou-se duas cultivares (FT-Saray e OCEPAR 14 - ciclo precoce e hábito de crescimento determinado), em dois espaçamentos entre linhas (20 e 40cm) e solo com dois níveis de fertilidade de fósforo (muito baixo e suficiente), numa densidade de 40 plantas m⁻². Na safra de 1996/97, utilizou-se a cv. FT-Saray, com espaçamentos entre linhas de 20 e 40cm, três níveis de fertilidade do solo (fertilidade atual, adubação recomendada e o dobro da adubação recomendada) e as populações de 30 e 40 plantas m⁻². Quando a fertilidade do solo atendeu às exigências da cultura, de acordo com as recomendações técnicas, a redução do espaçamento de 40 para 20cm aumentou o rendimento de grãos de 3554 para 4104kg ha⁻¹ (+ 15%), no primeiro ano, e de 4322 para 5420kg ha⁻¹ (+ 25%), no segundo. Entretanto, quando a fertilidade do solo ficou abaixo da recomendada, a diminuição do espaçamento de 40 para 20cm reduziu o rendimento de 1843 para 1520kg ha⁻¹ (- 17%).

Palavras-chave: *Glycine max*, arranjo de plantas, competição intra-específica, adubação.

SUMMARY

Two soybean experiments were performed at the Agronomic Experimental Farm of the Federal University of Rio Grande do Sul, in the county of Eldorado do Sul - RS. In the 1994/95 growing season the cultivars FT-Saray and OCEPAR 14 (both early maturity and determinate type) were used, in row spacings of 20 and 40cm, and the soils with very low and sufficient phosphorus levels, and population of 40 plants m⁻². In the 1996/97 growing season the cultivar FT-Saray was used, row spacings of 20 and 40cm, soils with three fertility levels (actual fertility, recommended fertilization and twice the recommendation), and populations of 30 and 40 plants m⁻². When the soil fertility reached the crop requirements, according to the technical

recommendations, the row spacing reduction from 40 to 20cm increased grain yield from 3554 to 4104kg ha⁻¹ (+ 15%), in the first year, and from 4322 to 5420kg ha⁻¹ (+ 25%) in the second. When the soil fertility was below the critical level, the same decrease in row spacing lowered yield from 1843 to 1520kg ha⁻¹ (- 17%).

Key words: *Glycine max*, plant arrangement, intraspecific competition, fertilization.

INTRODUÇÃO

O máximo rendimento de grãos da soja depende da capacidade das plantas da comunidade acumularem um mínimo de matéria seca e/ou da capacidade de maximizarem a interceptação de radiação, o mais cedo possível, na fase vegetativa e no início da fase reprodutiva, sendo esse acúmulo de matéria seca dependente de muitos fatores como condições meteorológicas, data de semeadura, genótipo, fertilidade do solo, população de plantas e espaçamento entre linhas (WELLS, 1993).

Existe relação linear entre rendimento de grãos e matéria seca acumulada pela comunidade de plantas de soja até o início de enchimento de grãos, sendo que acima de 500gm⁻² de matéria seca, nesse estágio, há estabilidade no rendimento (EGLI *et al.*, 1987). A matéria seca acumulada pela soja, por unidade de área, aumenta com a diminuição do espaçamento entre linhas de 30 para 15cm, quando a cultura tem suas exigências nutricionais adequadamente supridas (UDOGUCHI & McCLOUD, 1987).

¹Engenheiro Agrônomo, MSc. - Professor Assistente do Departamento de Plantas de Lavoura, Faculdade de Agronomia (FA), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), CP 776, 91501-970, Porto Alegre-RS. Autor para correspondência.

²Engenheiro Agrônomo, PhD. - Professor Titular do Departamento de Plantas de Lavoura, FA, UFRGS. Bolsista do CNPq.

³Engenheiro Agrônomo, Aluno do curso de Pós-graduação em Agronomia da FA/UFRGS. Bolsista do CNPq.

A fertilidade do solo é fator importante, que, em baixos níveis, afeta o desenvolvimento da soja e influencia negativamente o rendimento de grãos. Do ponto de vista fisiológico, as deficiências nutricionais ocasionam, primeiramente, a inibição do crescimento ou da utilização dos produtos da fotossíntese (COSTA, 1996). A carência prolongada de fósforo no solo provoca diminuição de fotoassimilados aos nódulos, reduzindo a fixação e assimilação de nitrogênio pela soja, como resultado de limitações no suprimento de esqueletos de carbono e energia ao processo assimilatório (SA & ISRAEL, 1995).

Foram obtidos acréscimos de 10 a 20% no rendimento de grãos de soja com espaçamentos entre linhas de 17cm, quando comparados com rendimentos em espaçamentos de 50 e 70cm, na média de cultivares precoces e tardias. Entretanto, cultivares precoces respondem mais ao espaçamento entre linhas de 17cm, com o rendimento de grãos aumentando entre 30 e 40%, em relação às cultivares tardias (COOPER, 1977). A diminuição do espaçamento entre linhas aumenta o rendimento de grãos devido a maior interceptação de luz, ocasionada pela melhor distribuição das plantas na área durante a formação de legumes, e não ao maior índice de área foliar e matéria seca produzida durante os estádios vegetativos e nos estádios reprodutivos iniciais (TAYLOR, 1980).

O rendimento de grãos de soja é determinado pelo número médio de plantas por área, de legumes por área, de grãos por legume e peso médio dos grãos. Entre esses componentes do rendimento, o número de legumes por área é o de maior importância. Com a diminuição do espaçamento entre linhas de 30 para 15cm, o número de legumes por área aumenta, mas o número de grãos por legume e o peso de grãos não se alteram. A maior capacidade de demanda de fotoassimilados, representada pelo acréscimo no número de legumes por área, da população de plantas com espaçamento entre linhas de 15cm, aliada ao melhor aproveitamento da radiação incidente, faz com que o rendimento de grãos seja superior àquele obtido em plantas com espaçamento entre linhas de 30cm (UDOGUCHI & McCLOUD, 1987). Os legumes produzidos nos ramos das plantas de soja contribuem com até 70% do rendimento de grãos (THOMAS, 1992), sendo que o número de ramificações por planta e seu desenvolvimento está correlacionado com a competição intra-específica por fatores do meio como água, luz e nutrientes. Para uma mesma densidade de plantas, a diminuição do espaçamento entre linhas de

soja aumenta o número de ramos, comprimento total de ramos e número de nós nos ramos por área (BOARD *et al.*, 1990). O mesmo é verdadeiro para densidade maior de plantas (40 plantas m⁻²), em relação a populações de 10-20 plantas m⁻² (PARVEZ *et al.*, 1989), para espaçamentos entre linhas iguais.

Com o objetivo de avaliar o efeito da redução no espaçamento entre linhas de soja, em diferentes teores de fertilidade do solo, cultivares e populações de plantas, no rendimento de grãos, foram realizados dois experimentos, em duas safras.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS), localizada no município de Eldorado do Sul - RS. O solo da área experimental pertence à unidade de mapeamento São Jerônimo (BRASIL, 1986), sendo classificado como Podzólico Vermelho escuro (Paleudult).

No ano agrícola 1994/95 utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições, sendo os tratamentos arranjados em parcelas subdivididas e distribuídos da seguinte maneira: nas parcelas principais, de 8 x 12m, dois níveis de fertilidade de fósforo do solo, 3 e 15mgL⁻¹ (Tabela 1), sendo estes muito baixo e suficiente, respectivamente, de acordo com as Recomendações Técnicas para a Cultura da soja no Rio Grande do Sul e Santa Catarina (COSTA & THOMAS, 1995), nas subparcelas de 8 x 6m, duas cultivares de soja com ciclo precoce (FT-Saray e OCEPAR 14); nas subsubparcelas de 8 x 3m, dois

Tabela 1 - Análise química e física do solo das unidades experimentais. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 1994/95 e 1996/97.

Características	Experimento em 1994/95		Experimento em 1996/97
	Situação 1	Situação 2	
Teor de argila (%)	34,0	33,0	25,0
pH (em água)	5,7	5,6	5,0
Índice SMP	6,3	6,2	6,1
Fósforo (mg L ⁻¹)	3,0	15,0	10,0
Potássio (mg L ⁻¹)	170,0	167,0	174,0
Alumínio trocável (cmol _c L ⁻¹)	0,0	0,0	0,3
Matéria orgânica (%)	2,4	2,5	2,0

Situação 1 - teor de fósforo muito baixo no solo.
Situação 2 - teor de fósforo suficiente no solo.

espaçamentos entre linhas (20 e 40cm). A semeadura foi efetuada manualmente, em sistema de preparo convencional de solo e a população estabelecida de 40 plantas m^{-2} . A diferença nos teores de fósforo do solo foi resultado do cultivo da área durante cinco anos com adubações diferenciadas.

No ano agrícola de 1996/97, realizou-se um experimento com a cultivar FT-Saray. Utilizou-se o delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições, sendo os tratamentos arranjados em parcelas subsubdivididas. Nas parcelas principais de 16 x 5m, foram testados três teores de fertilidade do solo (fertilidade atual da área - Tabela 1; adubação recomendada e duas vezes a recomendação); nas subparcelas de 8 x 5m, as populações de 30 e 40 plantas m^{-2} ; e nas subsubparcelas de 4 x 5m, os espaçamentos entre linhas de 20 e 40cm. A cultura da soja foi implantada em semeadura direta, sobre cobertura de 5,8 tha^{-1} de matéria seca de aveia preta (*Avena strigosa*) e resíduos vegetais de milho (*Zea mays*). A soja foi semeada com a máquina da marca SEMEATO, modelo SHM 13, montada para semear cereais de estação fria.

Em ambos experimentos, a semeadura foi na segunda semana de novembro, portanto, dentro da época preferencial recomendada (COSTA & THOMAS, 1995). As sementes foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum*. Quando as plantas encontravam-se com duas folhas trifolioladas desenvolvidas, estágio V3 (COSTA & MARCHEZAN, 1982), realizou-se desbaste para ajustar as populações. Manteve-se os experimentos livres de insetos pragas e plantas daninhas. Foi realizada suplementação hídrica, efetuando-se irrigação por aspersão quando a leitura de tensiômetros (três por bloco) ultrapassava 0,5 bar. Avaliou-se o rendimento de grãos em uma área útil de 2 m^{-2} , com os valores ajustados para 13% de umidade, e os componentes do rendimento, em dez plantas em seqüência na linha, dentro de cada unidade experimental. O peso de 100 grãos foi determinado em oito repetições de cada tratamento.

Os efeitos dos tratamentos foram testados pela análise de variância. No primeiro experimento, os valores médios dos tratamentos foram comparados pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$) e no segundo, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2, são apresentados os resultados do rendimento de grãos no experimento de 1994/95. Não houve diferença entre as duas cultivares utilizadas, OCEPAR 14 e FT-Saray, entretanto houve interação dos espaçamentos entre linhas e os teores de fósforo no solo. Observou-se que o au-

Tabela 2 - Rendimento de grãos ($kg\ ha^{-1}$), média das cultivares de soja OCEPAR 14 e FT-Saray em dois espaçamentos entre linhas e dois teores de fósforo do solo. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 1994/95.

Espaçamentos entre linhas	Teores de fósforo do solo	
	Muito baixo	Suficiente
20 cm	B* 1.520 b	A 4.104a
40 cm	B 1.843a	A 3.554 b

* Médias precedidas de mesma letra maiúscula na linha ou seguidas de minúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste unilateral de Dunnett ($p < 0,05$). Coeficiente de variação para teores de fósforo de 21,8% e 6,4% para espaçamentos entre linhas

mento na disponibilidade de fósforo do solo proporcionou maior rendimento de grãos de soja, independente do espaçamento utilizado. O maior rendimento de grãos com teor suficiente ($15mgL^{-1}$) de fósforo no solo comparado ao teor muito baixo ($3mgL^{-1}$) deve-se ao maior número de legumes m^{-2} (2132 contra 1032) e ao maior peso de 100 grãos (15,2g contra 13,1g). A baixa disponibilidade de fósforo no solo, de acordo com SA & ISRAEL (1995), afeta a absorção de nitratos pelas plantas de soja, bem como o transporte do nitrogênio fixado pelas bactérias na simbiose. Isso provoca aumento na concentração de ureídeos nos nódulos, diminuição na concentração deles no xilema e, como consequência, há menor disponibilidade de compostos nitrogenados no caule e folhas, ocasionando menor desenvolvimento vegetativo e rendimento de grãos nas plantas.

A diminuição do espaçamento entre linhas de 40 para 20cm aumentou o rendimento de grãos somente quando o solo apresentava teor suficiente de fósforo para as plantas desenvolverem seu potencial, pois, com a diminuição do espaçamento entre linhas, há aumento no número de ramos, no comprimento total de ramos e no número de nós nos ramos por área (BOARD *et al.*, 1990), além de maior demanda (legumes/área) e melhor aproveitamento da radiação incidente (UDOGUCHI & McCLOUD, 1987). Quando existe um fator limitante ao desenvolvimento das plantas, neste estudo, o fósforo, o arranjo de plantas com menor espaçamento entre linhas pode perder as vantagens que tem sobre o arranjo de plantas com espaçamento maior, devido a menor produção de legumes por área (COOPER & JEFFERS, 1984).

Não houve resposta no rendimento de grãos aos três teores de fertilidade do solo testados no experimento de 1996/97, pois a análise química e física do solo (Tabela 1) demonstra que o teor inicial de fósforo é médio e o de potássio alto. Entretanto, esperava-se maximizar o potencial de rendimento da cultura com a aplicação do dobro da adubação recomendada. No segundo experimento, observou-se que, com teor médio de fósforo do solo, o espaçamento entre linhas de 20cm também proporcionou maior rendimento de grãos. O aumento de 1098 kg ha⁻¹ de grãos no espaçamento de 20cm entre linhas, comparado a 40cm (Tabela 3), deve-se basicamente ao maior número de legumes por área e as razões que levam a isso já foram discutidas anteriormente. Não houve resposta para as duas populações de plantas utilizadas (30 e 40 plantas m⁻²), provavelmente em função da capacidade das plantas de soja compensarem o número de legumes produzidos por área.

CONCLUSÕES

O aumento na disponibilidade de fósforo do solo proporciona maior rendimento de grãos de soja, independente do espaçamento entre linhas.

Para teores muito baixos de fósforo do solo, o maior rendimento de grãos de soja é obtido com o espaçamento entre linhas de 40cm.

Tabela 3 - Rendimento médio de grãos e componentes do rendimento da cultivar de soja FT-Saray, em dois espaçamentos entre linhas. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 1996/97.

Espaçamentos entre linhas	Rendimento+ de grãos	Peso de 100 grãos	Grãos/ Legume	Legumes/ m ²
	kg ha ⁻¹	g		
20 cm	5420 a*	17,2 a	1,9 a	1789 a
40 cm	4322 b	17,4 a	1,9 a	1544 b
C.V.# (%)	10,9	4,8	6,4	18,4

* Média de três níveis de fertilidade do solo (atual, adubação recomendada e o dobro da recomendação).

* Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey (p<0,05).

Coeficiente de variação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOARD, J.E., HARVILLE, B.G., SAXTON, A.M. Branch dry weight in relation to yield increases in narrow-row soybean. *Agronomy Journal*, Madison, v. 82, n. 3, p. 540-544, 1990.
- BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento de recursos naturais**, v. 33, folha SH. 22 Porto Alegre e parte das folhas SH.21 Lagoa Mirim. Rio de Janeiro, 1986. 796 p.
- COOPER, R.L. Response of soybean cultivars to narrow rows and planting rates under weed-free conditions. *Agronomy Journal*, Madison, v. 69, n. 1, p.89-92, 1977.
- COOPER, R.L., JEFFERS, D.L. Use of nitrogen stress to demonstrate the effects of yield limiting factors on the yield response of soybean to narrow row systems. *Agronomy Journal*, Madison, v. 76, n. 2, p. 257-259, 1984.
- COSTA, J.A. **Cultura da soja**. Porto Alegre: I. Mânica, J.A. Costa, 1996. 233 p.
- COSTA, J.A., MARCHEZAN, E. **Características dos estádios de desenvolvimento da soja**. Campinas, Fundação Cargill, 1982. 30 p.
- COSTA, J.A., THOMAS, A.L. (ed.). **Recomendações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e Santa Catarina: 1995/96**. Porto Alegre: Departamento de Plantas de Lavoura da UFRGS, 1995. 85 p.
- EGLI, D.B., GUFFY, R.B., HEITHOLD, J.J. Factors associated with reduced yields of delayed plantings of soybeans. *Journal Agronomy & Crop Science*, Lexington, v. 159, n. 3, p.176-185, 1987.
- PARVEZ, A.Q., GARDNER, F.P., BOOTE, K.J. Determinate and indeterminate type soybean cultivar responses to pattern, density, and planting date. *Crop Science*, Madison, v. 29, n. 1, p. 150-157, 1989.
- SA, T.M., ISRAEL, D.W. Nitrogen assimilation in nitrogen-fixing soybean plants during phosphorus deficiency. *Crop Science*, Madison, v. 35, n. 3, p. 814-820, 1995.
- TAYLOR, H.H. Soybean growth and yield as affected by row spacing and seasonal water supply. *Agronomy Journal*, Madison, v. 72, n. 3, p. 543-547, 1980.
- THOMAS, A.L. **Desenvolvimento e rendimento da soja em resposta à cobertura morta e à incorporação do gesso ao solo, com e sem irrigação**. Porto Alegre - RS. 91 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1992.
- UDOGUCHI, A., McCLOUD, D.E. Relationship between vegetative dry matter and yield of three soybean cultivars. *Soil and Crop Science Society of Florida*, Gainesville, v. 46, p. 75-79, 1987.
- WELLS, R. Dynamics of soybean growth in variable planting patterns. *Agronomy Journal*, Madison, n. 85, v. 1, p. 44-48, 1993.