

RENDIMENTO DE GRÃOS DA SOJA E SEUS COMPONENTES POR ESTRATO DO DOSSEL EM FUNÇÃO DO ARRANJO DE PLANTAS E REGIME HÍDRICO

GRAIN YIELD AND YIELD COMPONENTS BY SOYBEAN CANOPY STRATUM IN RESPONSE TO PLANT ARRANGEMENT AND WATER AVAILABILITY

Lisandro RAMBO¹
José Antonio COSTA²
João Leonardo Fernandes PIRES³
Geovano PARCIANELLO⁴
Felipe Gutheil FERREIRA⁵

RESUMO

Arranjos que propiciem melhor distribuição das plantas na área resultam em maior rendimento de grãos. Este aumento pode resultar da contribuição diferenciada dos estratos do dossel para a determinação do rendimento. O experimento foi conduzido na Estação Experimental Agronômica da UFRGS em Eldorado do Sul, RS, na estação de crescimento 2000/01, objetivando avaliar o rendimento de grãos e seus componentes em três estratos do dossel da soja, em função da modificação do arranjo de plantas, em dois regimes hídricos. Utilizou-se a cultivar 'BRS 137' (semiprecoce, hábito determinado) em semeadura direta. O delineamento experimental foi de blocos casualizados com parcelas sub-subdivididas e quatro repetições. Os tratamentos constaram de regimes hídricos (irrigado e não irrigado); espaçamentos entre linhas (20 e 40 cm), e populações de plantas (20, 30 e 40 plantas.m⁻²). Para avaliação do rendimento de grãos e seus componentes, por estrato do dossel, foram coletadas dez plantas, em seqüência na linha, de cada sub-subparcela. O rendimento de grãos foi aumentado pela irrigação e houve interação entre espaçamentos e populações. O arranjo de plantas que resultou no maior rendimento de grãos foi a associação entre o espaçamento de 20 cm e a população de 20 plantas.m⁻². Houve decréscimo linear no rendimento com o aumento da população de plantas no espaçamento reduzido (20 cm). Respostas similares foram obtidas nos estratos médio e inferior do dossel. Os estratos superior e médio do dossel da soja apresentam a maior contribuição para o rendimento de grãos pelo aumento dos legumes férteis. A redução no espaçamento entre linhas e população de plantas alteraram positivamente a contribuição dos estratos médio e inferior do dossel para o rendimento de grãos.

Palavras-chave: *Glycine max* (L.) Merrill, componentes do rendimento, espaçamento entre linhas, população de plantas.

ABSTRACT

Plant arrangement that allow better plant distribution in the area results in larger grain yield. This increase might be the result of differential contribution of canopy strata for yield determination. The experiment was performed at Agronomic Experimental Estation of the Universidade Federal do Rio Grande do Sul, in Eldorado do Sul, Rio Grande do Sul, Brazil, in the 2000/01 growing season. The objectives were to evaluate grain yield and yield components by stratum of soybean canopy in different plant arrangements, under two

¹Engenheiro Agrônomo, M.Sc., Doutorando do PPG em Fitotecnia da FA/UFRRS. Departamento de Plantas de Lavoura. Caixa Postal 776, CEP 91501-970, Porto Alegre-RS. Bolsista do CNPq. E-mail: lisandro@vortex.ufrgs.br Autor para correspondência.

²Engenheiro Agrônomo, Ph.D., Professor do Departamento de Plantas de Lavoura da FA/UFRRS. Bolsista do CNPq. E-mail: jamc@ufrgs.br

³Engenheiro Agrônomo, Dr., FEPAGRO - RS. E-mail: piresjl@vortex.ufrgs.br

⁴Engenheiro Agrônomo, M.Sc. E-mail: geovanoparcianello@vortex.ufrgs.br

⁵Aluno do Curso de Agronomia da UFRGS. Bolsista da FAPERGS. E-mail: ferreirafg@yahoo.com.br

water availability. Tested cultivar was BRS 137 (early, determinate), in no-till planting. Treatments arrangements were split-splitplot randomized complete-block design, with four replications. Water availability (irrigate and no irrigated), row spacing (20 and 40 cm) and population levels (20, 30 and 40 plants.m²) were tested. Grain yield and yield components, by soybean canopy stratum, were determined in samples of ten plants, in sequence in the row, in each sub-subplot. Grain yield was increased by irrigation and was detected interaction between row spacing and plant population. Plant arrangement of 20 cm row spacing and population of 20 plants.m² resulted in greater grain yield. There was a linear decrease in grain yield with the increase in population, with reduced row spacing (20 cm). The same was also noticed at medium and bottom stratum. The upper and medium soybean canopy stratum present higher contribution to grain yield, due major number of fertile pods. The row spacing and plant population reduction modify positively the medium and bottom canopy stratum contribution to grain yield.

Key-words: *Glycine max* (L.) Merrill, yield components, row spacing, plant population.

INTRODUÇÃO

As condições ambientais que predominam durante o período de crescimento, particularmente a intensidade e qualidade da luz interceptada pelo dossel, são importantes na determinação do crescimento e do rendimento da soja e seus componentes (4, 5, 13, 15).

A arquitetura do dossel da soja é determinante da capacidade fotossintética (20). Esta cultura caracteriza-se por apresentar uma camada superior de folhas densa que dificulta a penetração de luz nos estratos inferiores. Foi verificado que no início do período reprodutivo, cerca de 50% da radiação líquida atinge a superfície do solo (2). No entanto, nos estádios R5 (início do enchimento de grãos) e R6 (máximo volume de grãos), 20% chega à parte média da comunidade de plantas e apenas 10% à parte inferior (2).

A estrutura do dossel pode ser modificada pelas condições meteorológicas, arranjo de plantas e pelo melhoramento, com a alteração da morfologia das plantas (21). Arranjos que proporcionem melhor distribuição das plantas na área, podem aumentar a penetração de luz no dossel da soja, incrementando a produção de fotoassimilados, refletindo-se em maior rendimento de grãos.

Nas lavouras de soja, geralmente, tem-se utilizado arranjos de plantas que combinam espaçamento entre linhas de 40 a 50 cm com população de 40 plantas.m². Em contrapartida, a redução do espaçamento entre linhas tem se constituído numa prática vantajosa, em que, na maioria dos experimentos, houve incremento do rendimento. Diversos trabalhos utilizando espaçamentos entre linha de 17 cm até 100 cm, têm verificado acréscimos de até 40 % no rendimento (6, 10, 11, 14, 19) com a redução do espaçamento. Por outro lado, poucos trabalhos foram realizados associando a redução do espaçamento entre linhas com a diminuição na população de plantas. É importante avaliar, também, se os novos arranjos determinam mudanças na contribuição dos estratos do dossel.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o rendimento de grãos e seus componentes em três estratos do dossel da soja, em função da modificação do arranjo de plantas, em dois regimes hídricos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido 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, classificado com Argissolo Vermelho Distrófico típico (9).

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com parcelas sub-subdivididas e quatro repetições. Os tratamentos constaram de irrigação (irrigado e não irrigado); espaçamentos entre linhas (20 e 40 cm) e populações de plantas (20, 30 e 40 plantas.m²).

Utilizou-se a cultivar BRS 137, de ciclo semi-precoce e hábito de crescimento determinado. O experimento foi instalado em semeadura direta. As sementes foram tratadas com fungicida (captan) e inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* em meio turfoso. A semeadura foi realizada na época recomendada preferencial, com semeadora de parcelas. Aos 15 dias após emergência, quando as plantas estavam no estágio V2 (7) realizou-se o desbaste, ajustando-se para as populações desejadas. Manteve-se o experimento livre de pragas e plantas daninhas. A irrigação foi feita por aspersão, de acordo com a umidade do solo, monitorada com tensiômetros, a 20 cm de profundidade, quando a tensão da água do solo ultrapassava o limite de -0,05 MPa.

As determinações dos componentes do rendimento (número de legumes, de grãos por legume e massa do grão) e do rendimento de grãos foram realizadas por estrato do dossel da soja. Para tanto, foram coletadas 10 plantas previamente marcadas, em seqüência na linha, de cada sub-subparcela. As plantas foram colocadas lado a lado, sobre uma tábua graduada em centímetros, simulando a disposição que se encontravam no dossel (no campo). Efetuou-se a estratificação destas plantas em três planos paralelos, com base na planta de maior estatura.

A estratificação das plantas visava dividir o dossel da soja em três seções de mesma altura. Para tanto, seccionou-se o caule e ramos em dois planos paralelos a 1/3 e 2/3 da estatura das plantas. Esta metodologia foi utilizada com o objetivo

de representar melhor a estrutura do dossel da soja no campo, objetivando refletir de forma mais fidedigna possível a contribuição de cada estrato deste dossel, de acordo com a localização de suas estruturas reprodutivas, para o rendimento de grãos.

De cada estrato da amostra de 10 plantas por sub-subparcela, foram obtidos os seguintes dados: número de legumes (por contagem e posteriormente transformados para metro quadrado e porcentagem); massa de 100 grãos (medida gravimétrica de uma amostra de 50 grãos, corrigido para 13% de umidade); grãos por legume fértil (calculado pela quantidade de legumes férteis) e rendimento de grãos, em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (por método gravimétrico, corrigido para 13% de umidade e transformado para $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), pelo teste F, sendo a diferença entre médias de tratamentos comparadas pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade para os fatores irrigação e espaçamento entre linhas. O fator população de plantas foi comparado por análise de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi observado aumento no rendimento de grãos no tratamento irrigado, principalmente pela maior contribuição do estrato médio do dossel (Tabela 1). A irrigação aumentou, também, o peso do grão, em todos os estratos do dossel (Tabela 2). Os componentes do rendimento legumes por planta e grãos por legume, não foram afetados pelo fato da irrigação ter sido aplicada no estádio R6 (máximo volume de grãos), época em que ocorreu deficiência hídrica, quando estes já estão com o crescimento praticamente definido.

A falta de água durante o enchimento de grãos limita o rendimento da soja (1, 23), principalmente pela redução no tamanho e peso do grão (18, 22, 16).

Em relação ao arranjo de plantas, o maior rendimento de grãos foi observado no tratamento com 20 cm de espaçamento entre linhas e 20 plantas. m^{-2} (Tabela 3 e Figura 1a). Também houve diminuição linear no rendimento de grãos com o aumento da população de plantas no espaçamento de 20 cm (Figura 1a). Respostas similares foram obtidas nos estratos médio e inferior do dossel (Tabela 3 e Figura 1a).

TABELA 1 – Rendimento médio de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) por estrato do dossel da cultivar de soja ‘BRS 137’ em dois regimes hídricos. EEA/ UFRGS, Eldorado do Sul (RS), 2000/01.

Estrato do dossel	Regime hídrico	
	Irrigado	Não irrigado
Superior	1594 a*	1412 a
Médio	3400 a	2992 b
Inferior	536 a	494 a
Planta inteira	5530 a	4898 b
Média	5214	

*Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade. Coeficiente de variação = 5.

Os resultados obtidos, quanto ao rendimento de grãos, podem ser melhor entendidos pela análise dos componentes do rendimento (Tabela 4 e Figura 1b). O arranjo com 20 cm e 20 plantas. m^{-2} apresentou maior número de legumes férteis e peso do grão em comparação a 40 cm de espaçamento e 20 plantas. m^{-2} . Houve também decréscimo linear nestes componentes com o aumento da população de plan-

tas no espaçamento de 20 cm. Resultados semelhantes foram obtidos em todos os estratos do dossel para o número de legumes férteis e nos estratos médio e inferior quanto ao peso do grão. Dentre as três seções, da divisão de plantas de soja por planos paralelos ao solo, a inferior é a menos produtiva, apresentando menor número de legumes e de grãos e massa de grãos (8).

TABELA 2 – Massa de 100 grãos (g), por estrato do dossel, da cultivar de soja 'BRS 137', em dois regimes hídricos, na média de dois espaçamentos entre linhas e três populações de plantas. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2000/01.

Estrato do dossel	Regime hídrico	
	Irrigado	Não irrigado
Superior	18,6 a*	15,5 b
Médio	18,4 a	15,3 b
Inferior	19,1 a	15,2 b
Planta inteira	18,7 a	15,3 b

*Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

Os arranjos associando espaçamento reduzido e menor população de plantas, provavelmente, tiveram menor competição intraespecífica, principalmente por luz, em função da melhor distribuição das plantas na área. Estes arranjos podem ter proporcionado a penetração de luz nos estratos inferiores do dossel, aumentando a produção fotossintética, contribuindo com o aumento no rendimento de grãos.

A maior intercepção de luz pela soja ocorre entre 15 e 30 cm do topo da planta (17). Assim, parte das folhas do dossel da soja está contribuindo me-

nos do que poderiam para a fotossíntese, enquanto outras estão trabalhando próximo ao seu limite. No entanto, quando as folhas da seção inferior são suplementadas com luz ocorre aumento na fixação de CO₂ (12), indicando que estas folhas não atingem seu potencial fotossintético quando sombreadas. O aumento do rendimento nos segmentos inferior, médio e superior é de 30, 20 e 2%, respectivamente. Também as plantas bem supridas por luz têm mais grãos, nós, legumes, ramificações, legumes por nó, grãos por legume, e maior teor de óleo nos grãos (12).

TABELA 3 – Rendimento de grãos (kg.ha⁻¹) por estrato do dossel da cultivar de soja 'BRS 137' em dois espaçamentos entre linhas e três populações de plantas, na média de dois regimes hídricos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2000/01.

Estrato do dossel	População (plantas.m ⁻²)					
	20		30		40	
	Espaçamento		Espaçamento		Espaçamento	
	20 cm	40 cm	20 cm	40 cm	20 cm	40 cm
Superior	1556 a*	1405 a	1732 a	1418 a	1648 a	1260 a
Médio	4153 a	2540 b	3335 a	3055 a	3070 a	3022 a
Inferior	733 a	451 b	535 a	485 a	485 a	399 a
Planta inteira	6442 a	4396 b	5602 a	4958 a	5203 a	4681 a

*Médias seguidas de mesma letra na linha, dentro de cada nível de população de plantas, não diferem pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade. Coeficiente de variação para níveis de população de 15,7 e 15,0 para espaçamento entre linhas.

Outro fator importante é que as condições meteorológicas ocorrentes durante o presente estudo foram favoráveis ao crescimento da soja, principalmente em relação ao regime hídrico. A dinâmica do crescimento durante o período vegetativo é importante

na compensação do rendimento entre as populações de planta (3), sendo que em baixas populações deve-se evitar os estresses neste período, que podem diminuir a capacidade de compensação das plantas.

TABELA 4 – Componentes do rendimento da cultivar de soja 'BRS 137' sob diferentes arranjos de plantas, nos estratos superior (S), médio (M) e inferior (I) do dossel, e da planta inteira (T), na média de dois regimes hídricos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2000/01.

População (plantas.m ⁻²)		20		30		40	
Espaçamento (cm)		20	40	20	40	20	40
Legumes férteis.m ⁻²	(S)	405 a*	262 b	297 a	287 a	226 b	321 a
	(M)	752 a	462 b	549 a	497 a	495 a	410 b
	(I)	172 a	112 b	140 a	125 a	129 a	113 a
	(T)	1329 a	836 b	986 a	909 a	850 a	844 a
Massa de 100 grãos (g)	(S)	18,4 a	16,0 a	17,1 a	16,9 a	17,1 a	16,8 a
	(M)	18,2 a	15,8 b	16,9 a	16,7 a	17,0 a	16,6 a
	(I)	18,7 a	16,1 b	17,3 a	16,9 a	17,3 a	16,8 a
	(T)	18,4 a	16,0 b	17,1 a	16,8 a	17,1 a	16,7 a
Grãos/legumes Férteis	(S)	2,07 a	2,09 a	2,11 a	2,08 a	2,03 a	2,11 a
	(M)	2,26 a	2,26 a	2,26 a	2,26 a	2,26 a	2,26 a
	(I)	2,27 a	2,24 a	2,22 a	2,22 a	2,21 a	2,18 a
	(T)	2,20 a	2,20 a	2,20 a	2,19 a	2,17 a	2,18 a

* Médias seguidas de mesma letra na linha, dentro de cada nível de população, não diferem pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

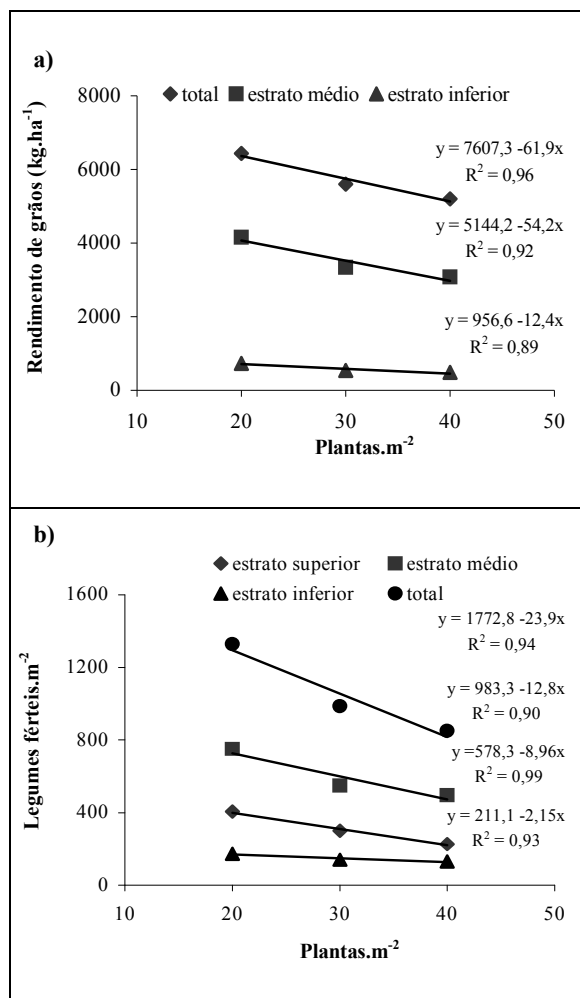


FIGURA 1 – Rendimento de grãos (a) na planta inteira (total), no estrato médio e inferior do dossel da soja, e número de legumes férteis (b) na planta inteira (total), no estrato superior, médio e inferior do dossel da soja; no espaçamento de 20 cm entre linhas, em três níveis de população de plantas, na média de dois regimes hídricos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2000/01.

CONCLUSÕES

- O estresse hídrico no final do ciclo diminui o rendimento da soja, pela redução da massa do grão;
- Os estratos superior e médio do dossel da

soja apresentam maior contribuição para o rendimento de grãos, pela maior produção de legumes férteis;

- As reduções no espaçamento entre linhas e na população de plantas aumentam a contribuição dos estratos médio e inferior do dossel para o rendimento de grãos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 ASHLEY, D.A.; ETHRIDGE, W.J. Irrigation effects on vegetative and reproductive development of three soybean cultivars. **Agronomy Journal**, Madison, v.70, n.3, p.467-471, 1978.
- 2 BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R.; SUTILI, V.R.; BERLATO, M.A. Perfis de radiação em uma comunidade de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), em dois estádios de desenvolvimento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 2, 1981, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1981. p.173-178.
- 3 BOARD, J. Light interception efficiency and light quality affect yield compensation of soybean at low plant population. **Crop Science**, Madison, v.40, n.5, p.1285-1294, 2000.
- 4 BOARD, J.E.; HARVILLE, B.G. Explanations for greater light interception in narrow-vs. wide-row soybean. **Crop Science**, Madison, v.32, n.1, p. 198-202, 1992.
- 5 BOARD, J.E.; HARVILLE, B.G. Growth dynamics the vegetative period affects yield of narrow-row, late-planted soybean. **Crop Science**, Madison, v.88, n.4, p.567-572, 1996.
- 6 BOARD, J.E.; HARVILLE, B.G.; SAXTON, A. M. Narrow-row seed-yield enhancement indeterminate soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.82, n.1, p.64-68, 1990.
- 7 COSTA, J.A.; MARCHEZAN, E. **Características dos estádios de desenvolvimento da soja**. Campinas: Fundação Cargil, 1982. 30p.
- 8 DUTRA, L.M.C. **Rendimento de grãos e outras características agrônômicas por seção da planta de duas linhagens de soja com folíolos ovados e lanceolados em diferentes níveis de produtividade**. 1986. 87f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1986.
- 9 EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: EMBRAPA, 1999. 412p.
- 10 ETHREDGE, W.J.; ASHLEY, D.A.; WOODRUFF, J.M. Row spacing and plant population effects on yield components of soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.81, n.6, p.947-951, 1989.
- 11 HERBERT, S.J.; LITCHFIELD, G.V. Partitioning soybean seed yield components. **Crop Science**, Madison, v.22, n.5, p.1074-1079, 1982.
- 12 JOHNSON, T.J.; PENDLETON, J.W.; PETERS, D.B.; HICKS, D.R. Influence of supplemental light on apparent photosynthesis, yield, an yield components of soybeans (*Glycine max* L.). **Crop Science**, Madison, v.9, n.5, p.577-581, 1969.
- 13 MATHEW, J.P.; HERBERT, S.J.; ZHANG, S. RAUTENKRANZ, A.F.; LITCHFIELD, V. Differential response of soybean yield components to the timing of light enrichment. **Agronomy Journal**, v.92, n.6, p.1156-1161, 2000.
- 14 PIRES, J.L.; COSTA, J.A.; THOMAS, A. L. Rendimento de grãos de soja influenciado pelo arranjo de plantas e níveis de adubação. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**. Porto Alegre, v.4, n.2, p.183-188, 1998.
- 15 PURCELL, L.C. Soybean canopy coverage and light interception measurements using digital imagery. **Crop Science**, Madison, v.40, n.3, p.934-837, 2000.
- 16 SALINAS, A.R.; ZELENER, N.; CRAVIOTTO, R.M.; BISARO, V. Respuestas fisiológicas que caracterizan el comportamiento de diferentes cultivares de soja a la deficiencia hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.5, p.331-338, 1996.
- 17 SHAW, R. H.; WEBER, C. R. Effects of canopy arrangements on light interception an yield of soybeans. **Agronomy Journal**, Madison, v.59, n.2, p.155-159, 1967.
- 18 SIONIT, N.; KRAMER, P.J. Effects of water stress during different stages of growth of soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.69, n.2, p.274-278, 1977.
- 19 VENTIMIGLIA, L.A.; COSTA, J.A.; THOMAS, A.L.; PIRES, J.L.F. Potencial de rendimento da soja em razão da disponibilidade de fósforo no solo e dos espaçamentos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.2, p.195-199, 1999.
- 20 WELLS, R. Soybean growth response to plant density: relationships among canopy photosynthesis, leaf area, and light interception. **Crop Science**, Madison, v.31, n.3, p.755-761, 1991.
- 21 WELLS, R. Dynamics of soybean growth in variable planting patterns. **Agronomy Journal**, Madison, v.85, n.1, p.44-48, 1993.
- 22 WESTGATE, M.E.; SCHUSSLER, J.R.; REICOSKY, D.C.; BRENNER, M. L. Effect of water deficits on seed development in soybean. **Plant Physiology**, Landcaster, v.91, n.2, p.980-985, 1989.
- 23 WRIGHT, D.L.; SHOKES, F.M.; SPRENKEL, R.K. Planting method and plant population influence on soybeans. **Agronomy Journal**, Madison, v.76, n.4, p.921-924, 1984.

Recebido em 06/06/2002

Aceito em 25/10/2002