

ANÁLISE DE CRESCIMENTO E RENDIMENTO POR ESTRATO DO DOSSEL DA SOJA EM FUNÇÃO DO ARRANJO DE PLANTAS

LISANDRO RAMBO¹, JOSÉ ANTONIO COSTA², JOÃO LEONARDO FERNANDES PIRES³, GEOVANO PARCIANELLO⁴, KLEITON DOUGLAS SAGGIN⁵

RESUMO - Arranjos que propiciem melhor distribuição das plantas na área, proporcionando maior crescimento da soja no período vegetativo, resultam em maior rendimento de grãos. O experimento foi conduzido na Estação Experimental Agronômica da UFRGS em Eldorado do Sul, RS, na estação de crescimento 2000/01, objetivando avaliar o padrão de crescimento da soja, com a modificação do arranjo de plantas, por estrato do dossel e a forma com que estas novas condições podem influenciar o rendimento de grãos. Utilizou-se o cultivar 'BRS 137', 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/m²). Para avaliação dos atributos de crescimento (índice de área foliar e massa seca), do rendimento de grãos, 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/m². 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. Estes resultados são consequência do maior índice de área foliar e massa seca verificadas no período vegetativo da soja, principalmente nos estrato médio e inferior do dossel.

Palavras-chave: *Glycine max* (L.) Merrill, espaçamento de plantas, população de plantas.

GROWTH ANALYSIS AND GRAIN YIELD BY SOYBEAN CANOPY STRATUM IN RESPONSE TO PLANT ARRANGEMENT

ABSTRACT - Plant arrangement that allow better plant distribution in the area improve plant growth, resulting in larger grain yield. The experiment was performed at the Agronomic Experimental Station 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 the soybean growth by canopy stratum in response to plant arrangement and the effect in grain yield. The cultivar tested was 'BRS 137', in no-till planting. The treatments were arranged in a split-splitplot randomized complete-block design, with four replications. Water availability (with and without irrigation), row spacing (20 and 40 cm) and population levels (20, 30 and 40 plants/m²) were tested. Growth attributes (leaf area index and dry matter), grain yield, 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. The 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 row spacing (20 cm) reduction. The same was also noticed at the medium and bottom canopy stratum. These results were consequence of the higher leaf area index and dry matter obtained in the soybean vegetative period, mainly in the medium and bottom canopy stratum.

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

¹Eng. Agr. MSc. - Aluno de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia/Agronomia/UFRGS. Departamento de Plantas de Lavoura. Caixa Postal 776, CEP 91501-970, Porto Alegre-RS. Bolsista do CNPq. E-mail: lisandro@vortex.ufrgs.br

²Eng. Agr. Ph.D. - Professor do Departamento de Plantas de Lavoura da FA/UFRGS. Bolsista do CNPq. E-mail: jamc@ufrgs.br

³Eng. Agr. Dr. FEPAGRO E-mail: piresjl@vortex.ufrgs.br

⁴Eng. Agr. MSc. E-mail: geovanoparcianello@vortex.ufrgs.br

⁵Aluno do Curso de Agronomia da UFRGS. Bolsista do CNPq. E-mail: kdouglas@zipmail.com.br

Recebido para publicação em 08-07-2002

INTRODUÇÃO

A análise do crescimento é ferramenta importante na avaliação dos efeitos de sistemas de manejo sobre as plantas, pois descreve mudanças na produção vegetal em função do tempo, o que não é evidenciado com o simples registro do rendimento (URCHEI et al., 2000).

As condições ambientais que predominam durante o período de crescimento, particularmente a intensidade e qualidade da luz interceptada pelo dossel, são determinantes no crescimento e rendimento da soja e seus componentes (BOARD e HARVILLE, 1992; BOARD e HARVILLE, 1996; MATHEW et al., 2000; PURCELL, 2000).

A arquitetura do dossel da soja influencia na capacidade fotossintética (WELLS, 1991). Esta cultura caracteriza-se por apresentar uma camada superior densa de folhas que dificulta a penetração de luz nos estratos inferiores. BERGAMASCHI et al. (1981), verificaram que no início do período reprodutivo, cerca de 50% da radiação líquida atingia a superfície do solo. No entanto, nos estádios R5 (início do enchimento de grãos) e R6 (máximo volume de grãos), 20% chegava à parte média da comunidade de plantas e apenas 10% à parte inferior.

A estrutura do dossel pode ser modificada pelas condições meteorológicas, arranjo de plantas e pelo melhoramento, com a alteração da morfologia das plantas (WELLS, 1993). 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. Segundo WELLS (1993) a maximização do rendimento de grãos é dependente do arranjo de plantas capaz de acumular um nível mínimo de massa seca total e/ou capacidade de interceptação de luz durante o período de crescimento vegetativo e início do reprodutivo da soja, sendo que esta capacidade depende de vários fatores, como condições meteorológicas, época de semeadura, cultivar e arranjo de plantas.

A maior e mais rápida interceptação da radiação

solar pelo dossel da soja, tem sido citada por alguns autores como um dos principais fatores responsáveis pelo aumento no rendimento de grãos, com a utilização de espaçamentos estreitos. (TAYLOR et al., 1982; BOARD et al., 1990; BOARD et al., 1992; BULLOCK et al., 1998). De acordo com BOOTE e TOLLENAAR (1994) é importante que a planta de soja tenha vigor inicial suficiente, para que possa atingir o nível crítico de índice de área foliar (95% de interceptação da radiação) antes do início do enchimento de grãos. Arranjos de plantas com espaçamento reduzido, que se beneficiam de menor competição intraespecífica inicial, proporcionada pela maior equidistância entre plantas, quando associados com a população adequada, resultam no fechamento do dossel antes do período reprodutivo da soja (WELLS, 1993).

Existe relação linear entre o rendimento de grãos e a massa seca acumulada pelo dossel da soja até o início de enchimento de grãos, sendo 500 g/m² de massa seca o valor mínimo necessário neste estágio, para que se obtenha rendimento elevados (EGLI et al., 1987). BALL et al. (2000a) relataram que maior quantidade de fitomassa pode aumentar o rendimento de grãos da soja, pois o rendimento é determinado pelo produto da fitomassa e índice de colheita, sendo que este último não tem sido muito modificado. A matéria seca acumulada, por unidade de área, pela soja, aumenta com a diminuição do espaçamento entre linhas, quando a cultura tem suas exigências nutricionais supridas adequadamente (UDOGUCHI e MCCLOUD, 1987).

A importância relativa do arranjo de plantas para atingir o fechamento do dossel depende da magnitude dos fatores que limitam o crescimento (por exemplo: radiação, água, temperatura). Dentre estes, particularmente para o Rio Grande do Sul, a disponibilidade hídrica é uma variável que limita a expressão do potencial de rendimento da soja (CUNHA et al., 1999).

O presente trabalho teve como objetivos avaliar o padrão de crescimento da soja, com a modificação do arranjo de plantas, por estrato do dossel e a forma com que estas novas condições podem influ-

enciar o rendimento de grãos.

MATERIALE MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS), localizada no município de Eldorado do Sul, região ecoclimática da Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul, em solo pertencente à unidade de mapeamento São Jerônimo, classificado como Argissolo Vermelho Distrófico típico (EMBRAPA, 1999).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com parcelas sub-subdivididas e quatro repetições. Os tratamentos constaram de dois regimes hídricos (irrigado e não irrigado), nas parcelas principais; dois espaçamentos entre linhas (20 e 40 cm), nas subparcelas, e três populações de plantas (20, 30 e 40 plantas.m⁻²), nas sub-subparcelas.

Utilizou-se o cultivar 'BRS 137', de ciclo semi-precoce e hábito de crescimento determinado. O experimento foi instalado em semeadura direta, em solo com cobertura de 5800 kg.ha⁻¹ de aveia preta mais ervilhaca, no início do experimento. As sementes foram tratadas com fungicida 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 (COSTA e MARCHEZAN, 1982) realizou-se o desbaste, ajustando-se para as populações desejadas. Manteve-se o experimento livre de pragas e plantas daninhas.

A umidade do solo foi monitorada com tensiômetros, realizando-se a irrigação por aspersão quando a tensão da água ultrapassava o limite de - 0,05 MPa.

As determinações dos atributos de crescimento, massa seca (MS) e área foliar (AF), e do rendimento de grãos foram realizadas por estrato do dossel da soja. Para tanto, nos estádios avaliados foram coletadas 10 plantas previamente marcadas, em se-

qüência 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, ramos e folhas 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 vegetativas e reprodutivas, para o rendimento de grãos.

De cada estrato da amostra de 10 plantas por sub-subparcela, foi obtido o rendimento de grãos, em kg/ha (pela pesagem dos grãos, corrigido para 13% de umidade e transformado para um hectare).

A MS da parte aérea foi avaliada por estrato do dossel, colocando-se as amostras em estufa ventilada, à temperatura de 65°C, até peso constante, com posterior pesagem e correção do valor para m². A AF por estrato foi medida em integrador de área foliar LI-COR modelo 3100, sendo o valor obtido em cm² dividido pela área de coleta das plantas para obtenção do índice de área foliar (IAF).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, pelo teste F, sendo a diferença entre médias de tratamentos comparadas pelo teste de Duncan a 5 % de probabilidade de erro 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 soja tem períodos críticos quanto à falta de água,

sendo as etapas de formação de legumes e enchimento de grãos, as épocas mais sensíveis (COSTA, 1996). Vários autores relataram que a falta de água durante o enchimento de grãos limita o rendimento da soja (ASHLEY e ETHRIDGE, 1978; WRIGHT et al., 1984), principalmente pela redução no tamanho e peso do grão (SIONIT e KRAMER, 1977; WESTGATE et al., 1989; SALINAS et al., 1996).

Tabela 1. Rendimento médio de grãos (kg/ha) 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

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/m² (Tabela 2 e Figura 1). Também houve diminuição linear no rendimento de grãos com o aumento da população de plantas no espaçamento de 20 cm (Figura 1). Respostas similares foram obtidas nos estratos médio e inferior do dossel (Tabela 2 e Figura 1).

DUTRA (1986), utilizando a técnica da divisão de plantas de soja por planos paralelos ao solo, concluiu que dentre as seções, a inferior foi a menos produtiva, apresentando menor rendimento biológico aparente e índice de colheita aparente. Concluiu, também, que a técnica de divisão de plantas por planos paralelos ao solo, para as linhagens estudadas naquele trabalho, apresentou resultados que se associam ao padrão de penetração de luz no dossel descrito na literatura.

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. Estas constatações podem ser melhor explicadas pela análise dos atributos de crescimento.

No estádio V11 houve interação entre o espaçamento entre linhas e a população de plantas no que se refere aos atributos de crescimento (IAF e MS). Nesse mesmo estádio foi observado maior IAF no espaçamento de 20 cm associado a 20 plantas/m², comparado com 40 cm, na mesma população (Figura 2 e 3). Também foi verificado incremento linear deste atributo com a diminuição da população de plantas (Figura 3). Resultados similares foram observados, no estrato médio e inferior (Figuras 2 e 3). Os tratamentos que apresentaram maior IAF em V11 mostraram resultados similares quanto a MS nestes estádios (Figura 4 e Figura 1).

Segundo SHAW e WEBER (1967) a maior intercepção de luz pela soja ocorre entre 15 e 30 cm do topo da planta. Assim, parte das folhas do dossel está contribuindo muito pouco para a fotossíntese, enquanto outras estão trabalhando no seu limite, sem poder aproveitar toda a energia que estão recebendo. No entanto, segundo JOHNSON et al. (1969), quando as folhas da seção inferior são suplementadas com luz ocorre aumento na fixação de CO₂, indicando que estas folhas não atingem seu potencial fotossintético quando sombreadas. O aumento do rendimento nos segmentos inferior, médio e superior foi de 30, 20 e 2%, respectivamente. Observaram também, que as plantas bem supridas por luz tiveram mais grãos, nós, legumes, ramificações, legumes por nó, grãos por legume, e maior teor de óleo nos grãos.

Segundo BOARD et al. (1990), os maiores rendimentos obtidos em espaçamentos estreitos estão associados com incremento da taxa de crescimento da cultura (TCC), principalmente durante o período

Tabela 2. Rendimento de grãos (kg/ha) 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

vegetativo e o início do reprodutivo. Este aumento na TCC está associado à maior interceptação de luz e taxa de acumulação de MS nestes períodos. Explica, ainda, que a MS total tem uma relação de causa e efeito com a interceptação de luz em espaçamentos estreitos. Assim, o aumento da interceptação da luz estimula a TCC e a produção de MS. Aumentada a produção de MS, ocorre maior IAF, que, por sua vez, aumenta a interceptação de luz.

Altas TCC requerem interceptação máxima de luz, sendo que, para que isto ocorra, é necessário o fechamento do dossel mais cedo (BALL et al., 2000b). Maior MS total, IAF e TCC, no estágio V6, observado por PIRES et al. (1998), se refletiu em aumento no rendimento.

MAELHER (2000) obteve dados semelhantes, onde o IAF foi superior nos estádios V3, V5 e R6, no espaçamento de 20 cm comparado com 40 cm.

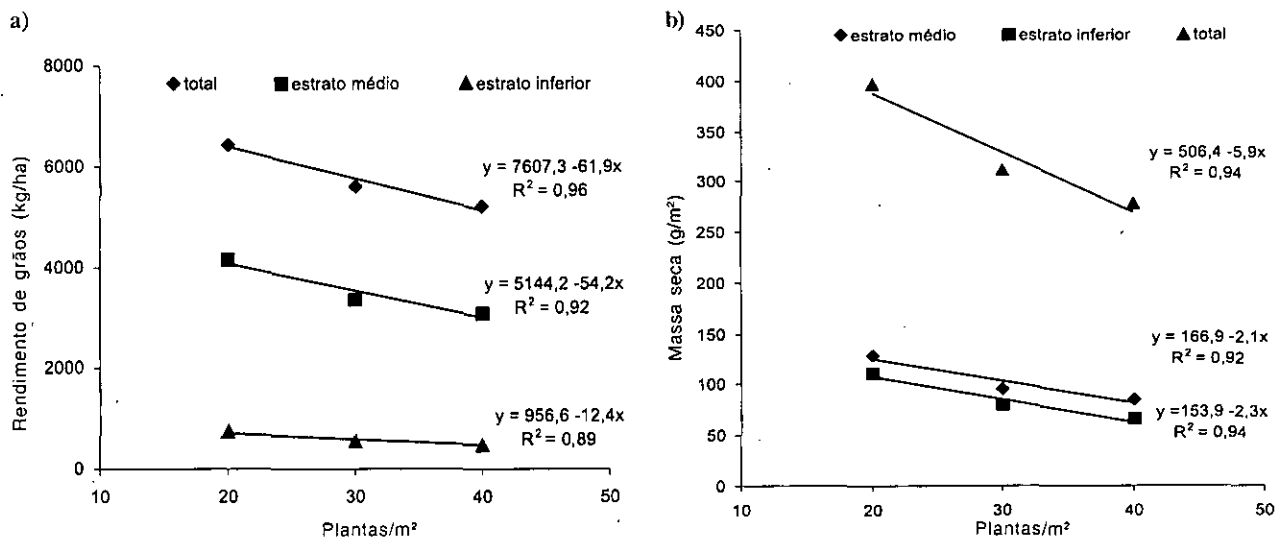


Figura 1. Rendimento de grãos da soja da planta inteira (total), do estrato médio, e inferior do dossel no espaçamento de 20 cm entre linhas (a) e massa seca da parte aérea da planta inteira (total), do estrato médio e inferior do dossel no estágio V11 (décimo primeiro nó com folha desenvolvida) (b); 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

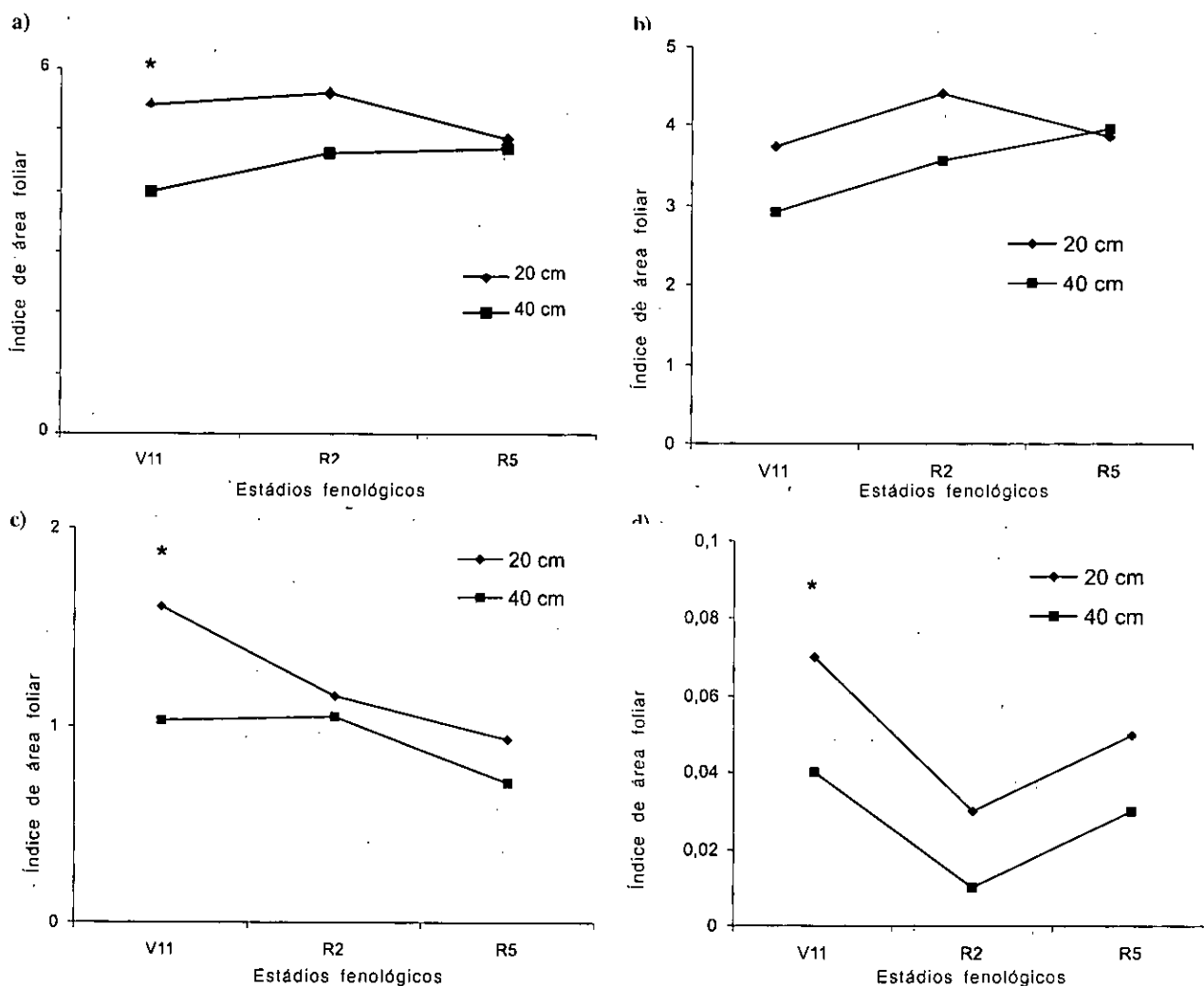


Figura 2. Índice de área foliar (IAF) da planta inteira (a), do estrato superior (b), médio (c) e inferior (d) do dossel, em dois espaçamentos entre linhas e na população de 20 plantas/m², na média de dois regimes hídricos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2000/01. *Significativo a 5% de probabilidade

De acordo com este autor, isto indica que o rápido estabelecimento das folhas no início do desenvolvimento vegetativo, bem como a persistência das folhas por maior tempo no final do ciclo, podem ter favorecido a captação de luz e a produção de fotoassimilados no espaçamento entre linhas de 20 cm, resultando em maior acúmulo de MS que o de 40 cm. Segundo BULLOCK et al. (1998), valores altos de IAF e MS nos estádios iniciais de desenvolvimento resultam em maior TCC durante o período vegetativo e início do reprodutivo; como consequência as plantas terão alto vigor inicial, o que possibilitará que atinjam o nível crítico de IAF (95% de

intercepção da radiação) antes do início do enchimento de grãos (BOOTE e TOLLENAAR, 1994).

As respostas verificadas em relação à interação espaçamento entre linhas e população de plantas, no que se refere aos atributos de crescimento, no final do período vegetativo (V11) podem ter sido em função do aumento da competição intraespecífica, o que diferenciou favoravelmente os arranjos com melhor distribuição das plantas na área (menor espaçamento e menor população) dos arranjos com plantas mais adensadas. De acordo com DUNCAN (1986), a redução da competição intraespecífica durante os estádios vegetativos resulta no maior

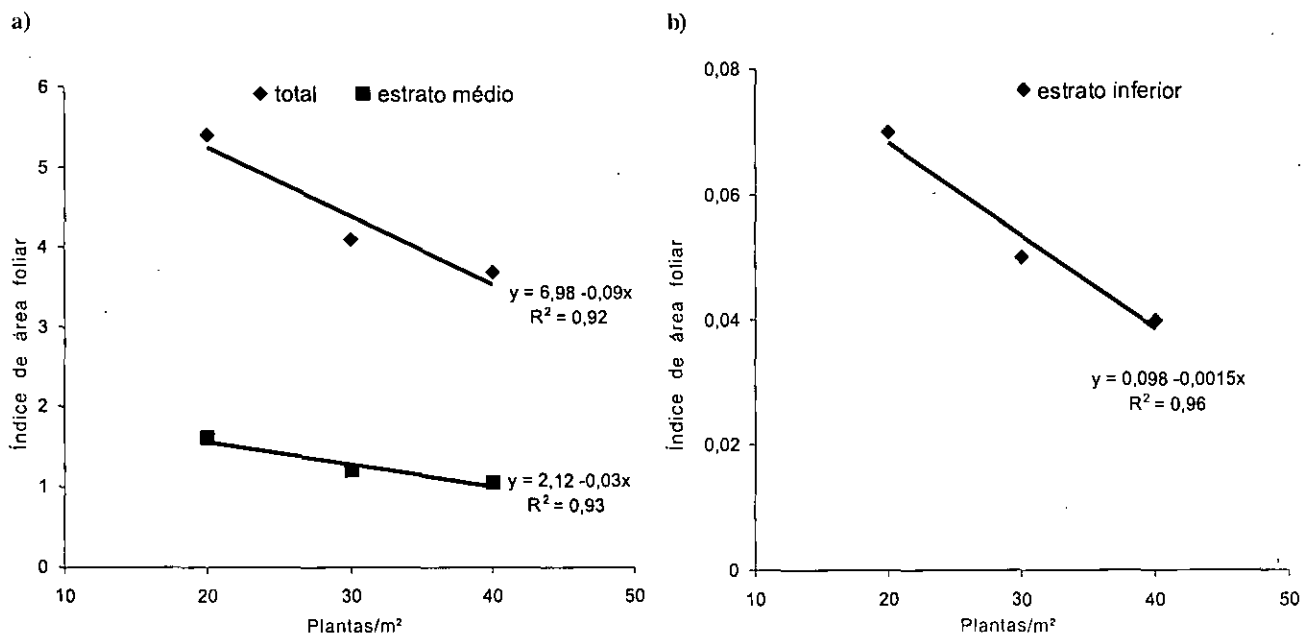


Figura 3. Índice de área foliar da planta inteira - total (a), no estrato médio (a) e inferior (b) do dossel, no estágio V11 (décimo primeiro nó com folha desenvolvida), no espaçamento de 20 cm entre linhas, em três níveis de população de plantas, na média de dois regimes hídricos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2000/01

acúmulo de MS e maior produção de legumes, que são capazes de aumentar a utilização de fotoassimilados produzidos pela planta com a radiação que é interceptada.

O espaçamento entre plantas afeta a AF, a interceptação de luz e a fotossíntese (WELLS, 1991). A variação na população de plantas é uma ferramenta de manejo que pode influenciar grandemente a interceptação da radiação solar mais cedo e o crescimento da cultura (BALL et al., 2000a). BOARD (2000), trabalhando com nível populacional, considerado naquela condição como baixo (8 plantas/m²), médio (14,5 plantas/m²) e alto (39 plantas/m²), observou que a população baixa, apesar de ter apresentado menor IAF por planta, mostrou maior taxa de crescimento por planta pela maior eficiência do uso da luz, isto é, pela maior interceptação de luz por AF, em relação aos níveis populacionais médio e alto, desde os 21 dias após a emergência da soja. Esta compensação equilibrou a TCC próximo ao estágio R1 (início da floração) entre os níveis populacionais (até esta fase era maior nos níveis populacionais médio e alto), o que resultou em rendimento de grãos simi-

lar nas populações estudadas. Esse autor comenta que, aparentemente, o sombreamento e a competição entre plantas por luz foi menor na população baixa, em relação às média e alta, durante quase todo o período vegetativo.

No presente trabalho os atributos de crescimento não foram avaliados por planta, contudo foi observado maior IAF e MS na menor população (20 plantas/m²) em relação as demais, no espaçamento de 20 cm entre linhas já no estágio V11, que pode ter contribuído para o aumento no rendimento de grãos neste arranjo. Diferentemente do estudo citado anteriormente, que utilizou espaçamento entre linhas de 76 cm, os resultados apresentados neste trabalho foram obtidos sob espaçamento reduzido (20 cm), o que influenciou favoravelmente o desenvolvimento inicial da soja.

Outro fator importante é que as condições meteorológicas ocorrentes durante o presente estudo foram favoráveis ao crescimento da soja, principalmente em relação a precipitação e temperatura. BOARD (2000) concluiu que a dinâmica do crescimento durante o período vegetativo é importante na

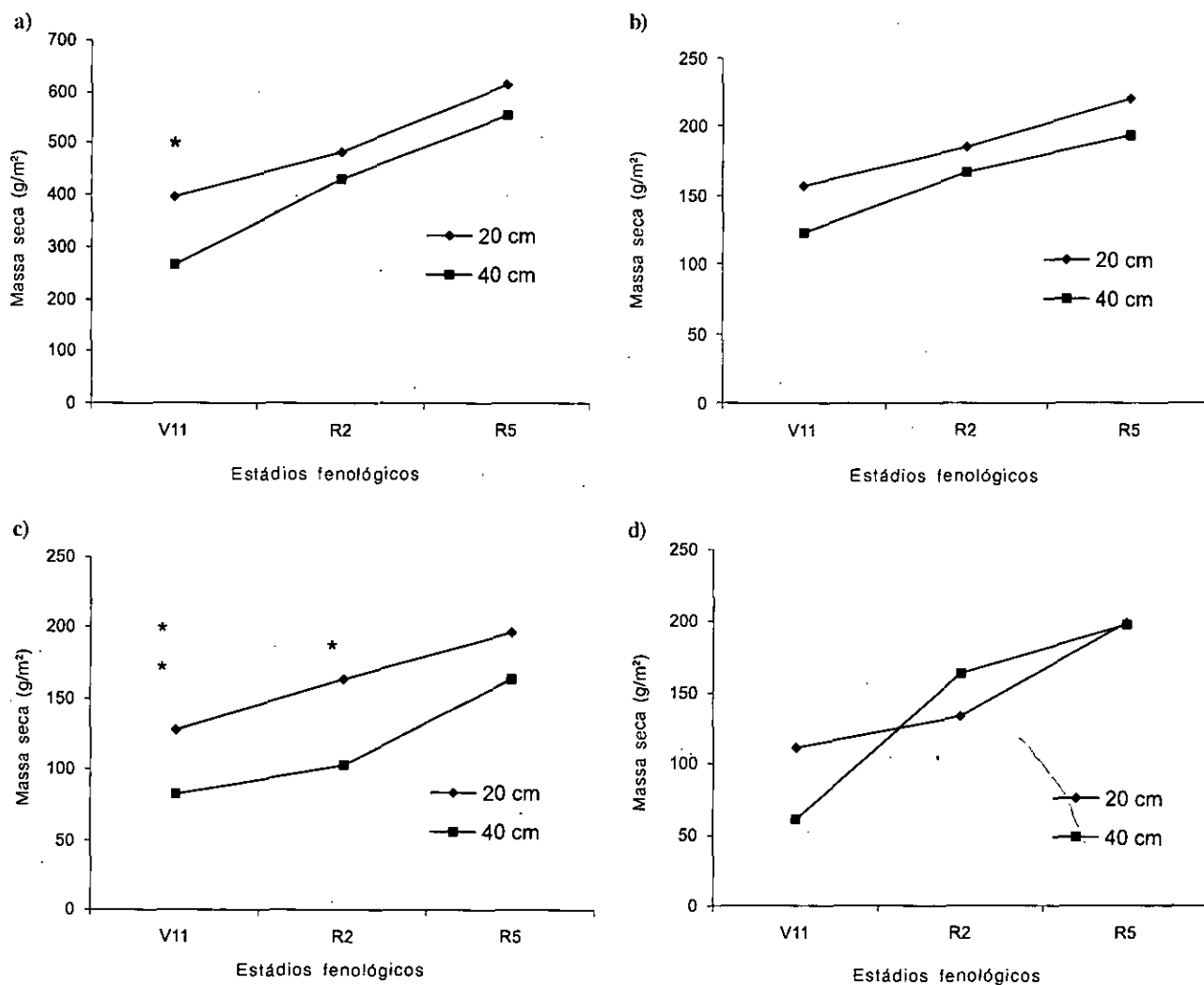


Figura 4. Massa seca (MS) da planta inteira (a), do estrato superior (b), médio (c) e inferior (d) do dossel, em dois espaçamentos entre linhas na população de 20 plantas/m², na média de dois regimes hídricos. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2000/01. *Significativo a 5% de probabilidade

compensação do rendimento entre as populações de planta, bem como que em baixas populações deve-se evitar os estresses neste período, que podem diminuir a capacidade de compensação das plantas.

Nos estádios reprodutivos (R2 e R5) não foi verificada interação de espaçamento entre linhas e população de plantas nos atributos de crescimento (IAF – Figura 2, MS – Figura 4). Com o fechamento do dossel, provavelmente, os tratamentos se equipararam, de forma que as diferenças observadas nos estádios anteriores não foram suficientes para manter a desigualdade entre os tratamentos. BOARD (2000), trabalhando com níveis populacionais dife-

rentes, observou que o fechamento dossel se deu próximo aos estádios R1 e R2, sendo que neste período a eficiência do uso da luz, a taxa de assimilação líquida e a TCC foram semelhantes. Desta forma, a partir daí estes fatores da dinâmica do crescimento não influenciaram mais a compensação no rendimento entre os níveis populacionais.

Resultados semelhantes foram obtidos por PIRES et al. (1998) que, trabalhando com dois espaçamentos entre linhas (20 cm e 40 cm) e duas populações de plantas (20 e 30 plantas/m²), não evidenciaram diferenças no IAF e MS entre os arranjos nos estádios R2 e R5.

No final do período vegetativo, com o aumento da competição entre plantas, principalmente por luz, em função do maior sombreamento mútuo, o arranjo com o menor espaçamento e menor população, por apresentar distribuição de plantas quase equidistante, apresentou maior crescimento em relação aos demais. Este maior crescimento foi verificado, principalmente, nos estratos médio e inferior do dossel, que normalmente são os que sofrem maior sombreamento em arranjos com plantas mal distribuídas e adensadas. Mesmo que esta diferença não tenha se mantido com o fechamento total do dossel nos estádios reprodutivos, foi suficiente para resultar em maior rendimento de grãos nesses arranjos em função da maior contribuição do estrato médio e inferior do dossel. Estes resultados confirmam a importância, já salientada por outros autores, da dinâmica do crescimento da soja durante o período vegetativo, para o rendimento de grãos.

CONCLUSÕES

a) O arranjo de plantas com menor espaçamento (20 cm) e população (20 pl/m) apresenta maior crescimento vegetativo, que se reflete positivamente no rendimento de grãos.

b) As reduções no espaçamento entre linhas e na população de plantas aumentaram a contribuição dos estratos médio e inferior do dossel para o crescimento vegetativo e rendimento de grãos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- BALL, R.A.; PURCELL, L.C.; VORIES, E.D. Optimizing soybean plant population for a short-season production system in the Shouthern USA. *Crop Science*, Madison, v.40, n. 3, p.757-764, 2000a.
- BALL, R.A.; PURCELL, L.C.; VORIES, E.D. Short-season soybean yield compensation in response to population and water regime. *Crop Science*, Madison, v.40, n.4, p.1070-1078, 2000b.
- BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R.; SUTILI, V.R.; BERLATO, M.A. Pertúis 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- BOARD, J.E.; KAMAL, M.; HARVILLE, B.G. Temporal importance of greater light interception to increased yield in narrow-row soybean. *Agronomy Journal*, Madison, v.84, n.4, p.575-579, 1992.
- BOOTE, K.J.; TOLLENAAR, M. Modeling genetic yield potential. In: BOOTE, K.J. (Ed.) *Physiology and determination of crop yield*. Madison: American Society of Agronomy, Crop Society of America, Soil Society of America, 1994. p.533-545.
- BULLOCK, D.; KHAN, S.; RAYBURN, A. Soybean yield response to narrow rows is largely due to enhanced early growth. *Crop Science*, Madison, v.38, n.4, p.1011-1016, 1998.
- COSTA, J.A. *Cultura da soja*. Porto Alegre: I. Manica: J. A. Costa, 1996. 233p.
- COSTA, J. A.; MARCHEZAN, E. *Características dos estádios de desenvolvimento da soja*. Campinas: Fundação Cargil, 1982. 30p.
- CUNHA, G.R.; HASS, J.C; DALMAGO, G.A.; PASINATO, A. *Cartas de perda de rendimento potencial em soja no Rio Grande do Sul por deficiência hídrica*. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1999. 52p. (Boletim de Pesquisa, 1).
- DUNCAN, W.G. Planting patterns and soybean yield. *Crop Science*, Madison, v.26, n.3, p.584-588, 1986.
- 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*. Porto Alegre: UFRGS, 1986. 87f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1986.

- EGLI, D.B.; GUFFY, R.B.; HEITHOLD, J.J. Factors associated with reduced yields of delayed planting of soybeans. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Madison, v.159, p.176-185, 1987.
- EGLI, D.B.; YU, Z. Crop growth rate and seeds per unit area in soybean. **Crop Science**, Madison, v.31, n.2, p.439-442, 1991.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, 1999. 412p.
- JOHNSON, T.J.; PENDLETON, J.W.; PETERS, D.B.; HICKS, D.R. Influence of supplemental light on apparent photosynthesis, yield, and yield components of soybeans (*Glycine max* L.). **Crop Science**, Madison, v.9, n.5, p.577-581, 1969.
- MAEHLER, A.R. **Crescimento e rendimento de duas cultivares de soja em resposta ao arranjo de plantas e regime hídrico**. Porto Alegre: UFRGS, 2000. 108f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia. Faculdade de Agronomia, Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.
- MATHEW, J.P. et al. Differential response of soybean yield components to the timing of Light enrichment. **Agonomy Journal**, Madison, v.92, n.6, p.1156-1161, 2000.
- 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.
- PURCELL, L.C. Soybean canopy coverage and light interception measurements using digital imagery. **Crop Science**, Madison, v.40, n.3, p.934-937, 2000.
- 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.
- SHAW, R. H.; WEBER, C. R. Effects of canopy arrangements on light interception and yield of soybeans. **Agronomy Journal**, Madison, v.59, n.2, p.155-159, 1967.
- 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.
- TAYLOR, H. M.; MASON, W. K.; BENNIE, A. T. P.; ROUSE, H.R. Responses of soybeans to two soil water levels: An analysis of biomass accumulation, canopy development, solar radiation interception and components of seed yield. **Field Crops Research**, v.5, p.1-14, 1982.
- UDOGUCHI, A.; Mc CLOUD, D. E. Relationship between vegetative dry matter and yield of three soybean cultivars. **Soil in Crop Science Society of Florida**, Gainesville, v.46, p.75-79, 1987.
- URCHEI, M.A.; RODRIGUES, J.D.; STONE, L.F. Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.3, p.497-506, 2000.
- 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.
- WELLS, R. Dynamics of soybean growth in variable planting patterns. **Agronomy Journal**, Madison, v.85, n.1, p.44-48, 1993.
- 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.3, p.980-985, 1989.
- 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.