

POTENCIAL DE RENDIMENTO DA SOJA EM RAZÃO DA DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO NO SOLO E DOS ESPAÇAMENTOS¹

LUIS ALBERTO VENTIMIGLIA², JOSÉ ANTONIO COSTA³,
ANDRÉ LUÍS THOMAS⁴ e JOÃO LEONARDO FERNANDES PIRES⁵

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial produtivo de grãos da soja nos estádios fenológicos R2 (florescimento), R5 (início de enchimento de grãos) e R8 (maturação). O experimento foi conduzido durante o ano agrícola 1994/95 na EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, em solo Podzólico Vermelho-Escuro (Paleudult). O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, com os tratamentos arrançados em parcelas subdivididas. Os tratamentos originaram-se da combinação de dois níveis de P no solo (3 e 15 ppm), e dois espaçamentos entre linhas (20 e 40 cm). Foi utilizada a cultivar precoce, determinada, OCEPAR 14. Na média dos tratamentos, o potencial de rendimento alcançado em R2 foi de 18 t/ha e de 10 t/ha em R5, sendo o rendimento obtido em R8 de 4,6 t/ha. O tratamento com 15 ppm de P apresentou maior potencial de rendimento, nos três estádios fenológicos, em decorrência do menor aborto de flores e de legumes. O espaçamento de 20 cm entre linhas apresentou maior potencial que o de 40 cm nos três estádios fenológicos avaliados, mas os valores percentuais de diminuição do rendimento pelo aborto de flores e de legumes foram similares.

Termos para indexação: aborto de flores, aborto de legumes, estádios de desenvolvimento.

SOYBEAN YIELD POTENTIAL INFLUENCED BY SOIL PHOSPHORUS CONTENT AND ROW SPACING

ABSTRACT - The experiment was performed during the 1994/95 growing season at the EEA/UFRGS, in Eldorado do Sul, RS, Brazil, in a dark red Podzolic soil (Rhodic Paleudult). The objective was to evaluate the soybean potential yield at the growth stages R2 (flowering), R5 (beginning of pod filling) and R8 (maturity). The treatments were arranged in subplots in a randomized complete block design, and consisted of two soil P levels (3 and 15 ppm), and two row spacings (20 and 40 cm). The early, determinate cultivar OCEPAR 14 was used. On the average of the treatments, potential yield in R2 was of 18 t/ha and of 10 t/ha in R5, and the final yield, in R8 of 4.6 t/ha. The treatment of 15 ppm of P reached greater potential yield in the three growth stages, due to less flower and pod abortion. The row spacing of 20 cm showed greater potential yield at the growth stages evaluated, but the percentage of yield reduction due to flower and pod abortion were similar.

Index terms: flower abortion, pod abortion, stages of development.

Aceito para publicação em 28 de julho de 1998.

Extraído da Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, apresentada pelo primeiro autor à Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

² Eng. Agr., M.Sc., INTA, Calle Cavallari, 1045 (6500), 9 de Julio, Argentina.

³ Eng. Agr., Ph.D., Prof. Titular, DPL/FA/UFRGS, Caixa Postal 776, CEP 90001-970 Porto Alegre, RS. Bolsista do CNPq. E-mail: plantas@vortex.ufrgs.br

⁴ Eng. Agr., M.Sc., Prof. Assistente, DPL/FA/UFRGS.

⁵ Eng. Agr., aluno do curso de Pós-Graduação em Agronomia-Fitotecnia da UFRGS. Bolsista do CNPq.

INTRODUÇÃO

A soja, como outras leguminosas, produz grande número de flores, a maioria das quais não chegam a transformar-se em legumes. Estes, por sua vez, muitas vezes, não alcançam a colheita, em virtude do aborto que ocorre nos estádios iniciais de desenvolvimento.

Grande número de fatores participam e interagem para determinar o rendimento de uma lavoura de soja, dentre os quais poderiam ser destacados os

meteorológicos e os de manejo da cultura. No caso da soja, mesmo nas melhores condições de cultivo ocorre aborto de flores e de legumes (Marchezan, 1982).

Um dos objetivos da modificação no arranjo 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 (Shaw & Weber, 1967). Wells (1991) relata que o rendimento máximo que pode ser alcançado pela soja é determinado pela otimização da capacidade da planta de interceptar a radiação solar durante os estádios vegetativo e reprodutivo iniciais. Board & Harville (1994) mostram que a redução da distância entre as linhas aumenta o número de legumes por m², pela maior interceptação de luz entre os estádios R1 (início do florescimento) e R5 (início do enchimento de grãos).

O P tem funções importantes na planta, como constituinte de compostos de alta energia, como ATP, derivados do inositol (fitinas), fosfolipídios e outros ésteres. A absorção deste elemento por parte da planta é mais ou menos constante, e a taxa de acumulação média geralmente não ultrapassa 0,4 kg/ha/dia (Mooy et al., 1973), o que determina que a sua disponibilidade na solução do solo seja fundamental para alcançar altas taxas de absorção e, dessa maneira, suprir as necessidades das plantas para a obtenção de altos rendimentos.

Hansen & Shibles (1978) relatam que o número de flores fixadas por planta é o resultado do número total de flores produzidas e abortadas, e que entre 40 e 80% das flores produzidas pela soja abortam durante o florescimento ou nos primeiros estádios de desenvolvimento do legume. Em geral, a abscisão de legumes ocorre em intensidade muito menor do que o aborto de flores (Dominguez & Hume, 1978).

É importante conhecer os fatores que restringem a obtenção do potencial de rendimento, em etapas críticas do desenvolvimento, como o florescimento e o início de enchimento de grãos.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial produtivo de grãos da soja, quantificando seu potencial de rendimento nos estádios de desenvolvimento R2 (florescimento), R5 (início de enchimento de grãos) e R8 (maturação), em função de dois

níveis de fósforo no solo e dois espaçamentos entre linhas.

MATERIALE MÉTODOS

O experimento foi conduzido no ano agrícola 1994/95, 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, Podzólico Vermelho-Escuro (Paleudult), pertence à unidade de mapeamento São Jerônimo (IBGE, 1986). O delineamento experimental foi de blocos casualizados em parcelas subdivididas, com quatro repetições. Nas parcelas principais foram locados os níveis de P no solo (3 e 15 ppm), 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, 1995/96 (Reunião..., 1995); e nas subparcelas, foram testados os espaçamentos entre linhas (20 e 40 cm). Foi utilizada a cultivar de soja precoce, crescimento determinado, OCEPAR 14, na população de 40 plantas/m².

O preparo do solo foi realizado por meio de uma aração e três gradagens. Não se realizou adubação de base, uma vez que o experimento foi instalado em área já utilizada em outros ensaios que proporcionaram a obtenção de parcelas com níveis de 3 e 15 ppm de P. Antes da semeadura, realizada no dia 21 de novembro de 1994, procedeu-se o tratamento das sementes e posterior inoculação de estirpes específicas de *Bradyrhizobium japonicum*. A semeadura foi efetuada manualmente, em sulcos com espaçamentos entre linhas de acordo com os tratamentos utilizados (20 e 40 cm). No estádio V4 (quarto nó, segundo a escala proposta por Costa & Marchezan, 1982), foi realizado o desbaste, deixando-se 40 plantas/m².

O controle de plantas daninhas foi feito em pré-emergência, aplicando-se o herbicida imazaquin (dose de 161 g/ha de i.a.) e metribuzin (dose de 240 g/ha de i.a.). Aplicou-se clorpirifós 480 BR (dose de 480 g/ha de i.a.) para o controle da broca-das-axilas (*Epinotia aporema*) e lagarta-falsa medeira (*Rachiplusia nu*), bem como endossulfan (dose de 500 g/ha de i.a.), para o controle de percevejos (*Nezara viridula* e *Piezodorus guildinii*).

No decorrer do experimento, realizou-se suplementação hídrica através de irrigação por aspersão. Para controlar a umidade do solo, foram instalados quatro tensiômetros por bloco, dois a 15 cm e dois a 30 cm de profundidade, recorrendo-se à irrigação quando a leitura nos mesmos ultrapassava 0,5 bar. A cultura recebeu três irrigações de 20 mm cada uma, efetuadas na semeadura e nos estádios fenológicos V4 e R2.

Para as avaliações foram marcadas cinco plantas consecutivas na mesma linha, para cada tratamento e repetição. Cada sub-parcela apresentava 3 m x 8 m. Todas as avaliações foram efetuadas sempre nas mesmas plantas, obtendo-se o número de flores por planta em R2, e o número de legumes por planta em R5 e R8, de acordo com a escala fenológica proposta por Costa & Marchezan (1982).

Para as determinações de potencial de rendimento em R2 e R5, procedeu-se da seguinte maneira: a partir dos dados obtidos em R8, determinaram-se os percentuais de legumes com um, dois e três grãos, como também o peso de 100 grãos dos legumes com um, dois e três grãos, respectivamente. Os dados obtidos foram aplicados proporcionalmente aos valores de flores e legumes registrados em R2 e R5, e os dados de peso final expressos em kg/ha.

A diferença entre o número de flores produzidas em R2 e o número de legumes produzidos em R5 forneceu o número de “flores abortadas”. O “aborto de legumes” foi obtido pela diferença entre legumes produzidos em R5 e legumes presentes no estágio R8.

Os efeitos dos tratamentos nas características estudadas foram determinados pela análise de variância. As significâncias entre os tratamentos foram testadas pelo teste F a 5% de probabilidade, sendo os valores médios dos tratamentos para cada característica, comparados pelo teste unilateral de Dunnett ($p < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando-se o potencial de rendimento em cada um dos estádios fenológicos, verifica-se que em R2 os efeitos provenientes do conteúdo de P no solo e espaçamento entre linhas foram significativos ($p < 0,05$). No tratamento com 15 ppm de P a soja apresentou potencial de rendimento equivalente a 22,2 t/ha, que superou ao potencial de rendimento obtido com 3 ppm, equivalente a 15,0 t/ha. Avaliando-se os efeitos de espaçamento também no estágio R2, o maior potencial de rendimento foi obtido com 20 cm entre linhas com 21,3 t/ha de soja, superior ao observado no espaçamento com 40 cm, com potencial de rendimento equivalente a 15,8 t/ha. No estágio fenológico R5 a resposta foi semelhante, porém com rendimentos menores, em virtude do aborto de flores. Neste estágio, 15 ppm de P apresentaram potencial de rendimento de 13,5 t/ha, superando os 3 ppm (7,5 t/ha), e o espaçamento de

20 cm entre linhas (11,8 t/ha) foi melhor que o de 40 cm (9,2 t/ha). No estágio fenológico R8, o tratamento 15 ppm de P (6,6 t/ha) superou o de 3 ppm (2,6 t/ha), e 20 cm entre linhas (5,0 t/ha) foi superior ao de 40 cm (4,2 t/ha) (Fig. 1).

Analisando as diferenças, a diminuição do rendimento da soja, na medida que o ciclo avançou e, considerando os tratamentos em forma conjunta, o estágio R5 alcançou 57% do rendimento potencial de R2, enquanto que no estágio R8 obteve-se um quarto do rendimento potencial de R2 (Fig. 2).

Separando os tratamentos, em dois níveis de P e em dois espaçamentos, encontra-se que, com 15 ppm de P, R5 e R8, alcançaram 61% e 30%, respectivamente, do rendimento obtido em R2, e com 3 ppm de P, R5 e R8, atingiram 50% e 17%, respectivamente, do rendimento alcançado em R2 (Fig. 1).

Quanto aos espaçamentos, as diferenças de rendimento foram pequenas, já que com 20 cm foi obtido em R5 e R8, 56% e 24%, respectivamente, do alcançado em R2, enquanto que com 40 cm entre linhas foi alcançado 58% e 26%, respectivamente, nos mesmos estádios fenológicos (Fig. 1).

O conteúdo de P no solo e o espaçamento entre linhas influenciaram o potencial de rendimento da soja em R2 e R5, e o rendimento real obtido em R8.

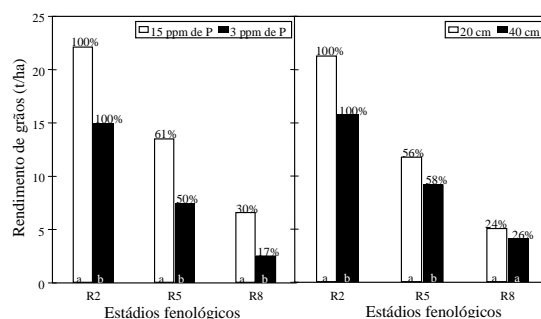


FIG. 1. Estimativa do potencial de rendimento de grãos de soja, Cultivar OCEPAR 14, nos estádios R2 e R5, se nenhuma flor ou legume abortasse, rendimento real de grãos no estágio R8 e percentual relativo de rendimento das determinações. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 1994/95.

Com 15 ppm de P e 20 cm entre linhas, maior número de flores se converteram em legumes. O teor de 15 ppm de P influenciou não somente o número de flores e legumes fixados, mas também afetou positivamente o peso de 100 grãos (13,1 g com 3 ppm e 15,2 g com 15 ppm) (Tabela 1). Quanto ao espaçamento, 20 cm foi superior a 40 cm no número de flores e legumes produzidos (Tabela 2). Assim, considerando o estágio R8, e que 20 cm foi superior a 40 cm no rendimento final, pode-se deduzir que o número de legumes por planta foi o componente mais importante na definição do rendimento, assemelhando-se aos dados obtidos por Duarte & Adams (1972).

O número de legumes é determinado durante os estádios vegetativos finais e reprodutivos iniciais. A interceptação de luz pela comunidade de plantas é fundamental para o desenvolvimento de gemas reprodutivas, armazenamento de fotoassimilados e diminuição do aborto de flores e de legumes (Board & Harville, 1994). A soja semeada em linhas estreitas tem, desta maneira, vantagem em relação às semeaduras em linhas mais espaçadas.

A soja é notória pelo grande número de flores que produz. Poderiam ter sido obtidos, na média dos tratamentos, rendimentos de grãos próximos a 18 t/ha se todas as flores continuassem o desenvolvimento, alcançando o estágio R8, e rendimentos médios de 10 t/ha, se os legumes que alcançaram R5 continuassem evoluindo até R8; mas o rendimento obtido (4,6 t/ha na média) foi menor que esses valores.

O número de grãos produzidos está relacionado com o suprimento de fotoassimilados, e tanto o aborto de flores como o aborto de legumes serve para manter

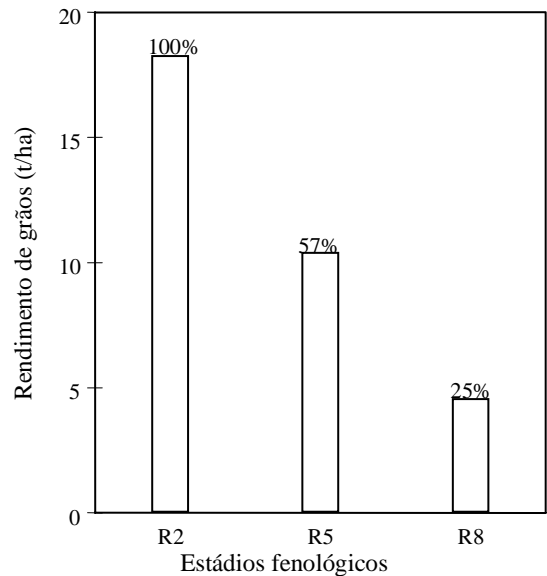


FIG. 2. Estimativa do potencial médio de rendimento de grãos de soja, cultivar OCEPAR 14, nos estádios R2 e R5, se nenhuma flor ou legume abortasse, rendimento real de grãos no estágio R8 e percentual relativo de rendimento das determinações. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 1994/95.

TABELA 1. Peso de 100 grãos de soja (13% de umidade), cultivar OCEPAR 14, em dois níveis de fósforo no solo. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 1994/95¹.

P (ppm)	Peso de 100 grãos (g)
3	13,1b
15	15,2a
Média	14,2
C.V. (%)	2,8

¹ Médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$).

TABELA 2. Número de flores e legumes produzidos por planta de soja, cultivar OCEPAR 14, em dois espaçamentos entre linhas. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 1994/95¹.

Espaçamento (cm)	Flores/m ²		Legumes/m ²	
	R2	R5	R5	R8
20	7553a	4166a	1892	
40	5019b	2922b	1418	
Média	6286	3544	1655	
C.V. (%)	22	30	35	

¹ Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$); R2: florescimento; R5: início do enchimento de grãos; R8: maturação.

a produção da planta dentro de um equilíbrio com a disponibilidade de fotoassimilados, registrando-se, ainda, nas melhores condições de cultivo, aborto de flores e de legumes (Board & Harville, 1994). A planta de soja aborta mais flores que legumes, porque na competição pelos fotoassimilados produzidos pela planta, os legumes são demandas mais fortes que as flores (Loomis & Connor, 1992). No presente caso, a diminuição de potencial de rendimento de R2 para R5 (aborto de flores) foi de 43%, enquanto a diminuição do potencial de rendimento de R5 para R8 (aborto de legumes) foi de 32% (Fig. 2).

A maior perda percentual de potencial de rendimento, motivada tanto pelo aborto de flores como pelo aborto de legumes, foi observada nas condições de baixo conteúdo inicial de P no solo (Fig. 1).

CONCLUSÕES

1. O potencial de rendimento, na média dos tratamentos, se todas as flores obtidas em R2 alcançarem R8, é de 18 t/ha; no que tange ao estágio R5, se todos os legumes formados continuarem evoluindo até R8, esse potencial é de 10 t/ha.

2. A deficiência de P no solo diminui o potencial de rendimento da soja já nos estádios reprodutivos iniciais, como o florescimento, pela menor produção de flores e maior aborto dessas estruturas; o efeito da deficiência de P continua a se manifestar na formação de menor quantidade de legumes e maior aborto de legumes, o que resulta na diminuição do potencial de rendimento e do rendimento real.

3. O menor espaçamento entre linhas proporciona a melhor distribuição espacial das plantas na área, o que determina maiores potenciais de rendimento e rendimento real de grãos.

REFERÊNCIAS

- BOARD, J.E.; HARVILLE, B.G. A criterion for acceptance of narrow-row culture in soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.86, n.6, p.1103-1106, 1994.
- COSTA, J.A.; MARCHEZAN, E. **Características dos estádios de desenvolvimento da soja**. Campinas: Fund. Cargill, 1982. 30p.
- DOMINGUEZ, C.; HUME, D.J. Flowering, abortion, and yield of early-maturing soybean at three densities. **Agronomy Journal**, Madison, v.70, n.5, p.801-805, 1978.
- DUARTE, R.A.; ADAMS, M.W. A path coefficient analysis of some yield component interrelations in field beans [*Phaseolus vulgaris* (L.)]. **Crop Science**, Madison, v.12, p.579-582, 1972.
- HANSEN, W.R.; SHIBLES, R. Seasonal log of the flowering and podding activity of field - grown soybeans. **Agronomy Journal**, Madison, v.70, n.1, p.47-50, 1978.
- IBGE. **Levantamento de recursos naturais**. Rio de Janeiro, 1986. 796p.
- LOOMIS, R.S.; CONNOR, D.J. **Crop ecology: productivity and management in agricultural systems**. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1992. 520p.
- MARCHEZAN, E. **Produção e fixação de flores e legumes por nó do caule e dos ramos, em três cultivares de soja**. Porto Alegre: UFRGS, 1982. 105p. Dissertação de Mestrado.
- MOOY, DE C.J.; PESEK, J.; SPALDON, F. Mineral nutrition. In: CALDWELL, B.E. (Ed.). **Soybeans: improvement, production and uses**. Wisconsin: American Society of Agronomy, 1973. p.267-334.
- REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 23., 1995, Porto Alegre. **Recomendações técnicas para a cultura de soja no Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 80p.
- 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.
- WELLS, R. Soybean growth response to plant density: relationships among photosynthesis, leaf area, and light interception. **Crop Science**, Madison, v.31, n.3, p.755-761, 1991.