

TAXA E DURAÇÃO DO ACÚMULO DE MATÉRIA SECA NOS GRÃOS DE SOJA E SUA RELAÇÃO COM O RENDIMENTO¹

JOSÉ ANTONIO COSTA², MAURO CESAR CELARO TEIXEIRA³ e ENIO MARCHEZAN⁴

RESUMO - A identificação de caracteres de fácil e rápida avaliação que estejam associados a altos rendimentos de soja (*Glycine max* L.) é importante para o melhoramento da cultura. O objetivo deste trabalho foi determinar a taxa e a duração do acúmulo de matéria seca nos grãos de genótipos de soja adaptados ao Rio Grande do Sul e verificar se estes parâmetros estão associados ao rendimento de grãos. O experimento foi conduzido em campo, com irrigação, na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, nos anos agrícolas de 1980/81, 81/82 e 82/83. A irrigação por aspersão foi aplicada durante o período do reprodutivo. Os resultados encontrados mostram que em condição hídrica favorável, com a maximização da duração, a taxa de acúmulo de matéria seca nos grãos foi mais importante na determinação do rendimento do que o tempo durante o qual houve deposição de matéria seca nos grãos.

Termos para indexação: *Glycine max*, irrigação, maximização do rendimento.

RATE AND DURATION OF DRY MATTER ACCUMULATION IN THE SOYBEAN SEED AND ITS RELATION TO GRAIN YIELD

ABSTRACT - The identification of readily measured traits that are associated with higher yields of soybeans (*Glycine max* L.) is important for breeding. The objective of this research was to determine the rate and duration of dry matter accumulation in the seeds of soybean genotypes adapted to Rio Grande do Sul State, Brazil, and to evaluate the association of these parameters with grain yield. The experimentation took place in irrigated fields at the Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, during the growing season of 1980/81, 1981/82 and 1982/83. Sprinkler irrigation was used during the reproductive stage. The results showed that, with favorable water conditions, what resulted in the maximization of the duration, the rate of dry matter accumulation in the seeds was more important for the determination of grain yield than the time during which the dry matter was accumulated in the seed.

Index terms: *Glycine max*, irrigation, yield maximization.

INTRODUÇÃO

O acúmulo de matéria seca no grão é uma importante etapa na formação do rendimento. O rendimento é função da taxa de acúmulo de matéria seca e do período de enchimento do

grão. A taxa de acúmulo de matéria seca no grão, por sua vez, é função do número de células nos cotilédones (Egli et al. 1985) e, posteriormente, do suprimento de fotossintatos.

A duração e a taxa de acúmulo de matéria seca nos grãos são medidas de eficiência fisiológica (Daynard et al. 1971, Johnson & Tanner 1972, Carter & Poneleit 1973, Cross 1975). Os resultados desses autores mostram a existência de variabilidade genética para ambos os caracteres.

A duração do período de enchimento de grãos está mais associada com diferenças de rendimento entre cultivares do que está a taxa

¹ Aceito para publicação em 2 de julho de 1991.
Contribuição do DF/PL/FA/UFRGS.

² Eng. - Agr., Ph.D., Prof. - Titular, FA/UFRGS. Caixa Postal 776, CEP 90001, Porto Alegre, RS. Bolsista do CNPq.

³ Eng. - Agr., Discente, CPGA/PL/UFRGS. Bolsista CNPq.

⁴ Eng. - Agr., M.Sc., Prof. - Assistente, UFSM, CEP 97100 Santa Maria, RS.

(Hanway & Weber 1971, Egli & Leggett 1973, Kaplan & Koller 1974, Egli 1975, Gbikpi & Cookston 1981).

A taxa de acúmulo de matéria seca nos grãos e a duração do enchimento são influenciadas pelo genótipo (Egli et al. 1984), pelo fotoperíodo (Boote 1981, Cure et al. 1982, Jones & Laing 1978, Raper Junior & Thomas 1978, Williams et al. 1979), pela temperatura (Dunphy & Hanway 1976, Egli & Leggett 1973, Raper Junior & Thomas 1978), e pela deficiência hídrica (Cure et al. 1983, Meckel et al. 1984).

O efeito do estresse hídrico no crescimento e rendimento depende da intensidade e do estágio de desenvolvimento da soja. Quando o estresse hídrico ocorre no enchimento de grãos a diminuição no rendimento é maior do que em qualquer outro estágio de desenvolvimento. A redução no rendimento, causada por deficiência hídrica durante o enchimento de grãos, está associada com a menor duração do enchimento e com a senescência prematura das folhas (Sionit & Kramer 1977). Na soja, quando esta é submetida a forte deficiência hídrica da semente até a maturação, a taxa de acúmulo de matéria seca no grão não é afetada, enquanto a duração do período de enchimento é reduzida (Meckel et al. 1984).

Quando a deficiência hídrica é minimizada pela irrigação, a duração potencial do período de enchimento dos grãos pode expressar-se, e, como consequência, a taxa de acúmulo de matéria seca nos grãos passa a estar mais associada com o rendimento do que a duração. Os resultados de Jones et al. (1979) em arroz irrigado, mostram este tipo de situação. Trabalhando com 15 genótipos de diferentes características e procedências, onde, na ocasião da colheita, todos os grãos estavam cheios, indicando condições ambientais favoráveis para o fornecimento adequado de fotossintatos aos grãos durante o período de enchimento, constataram que a taxa de acúmulo de matéria seca nos grãos foi mais importante que a duração do enchimento, na determinação do rendimento.

O objetivo deste trabalho foi determinar a

taxa e a duração do acúmulo de matéria seca nos grãos de genótipos de soja adaptados ao Rio Grande do Sul e verificar se estes parâmetros estão associados com o rendimento de grãos.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos durante os anos agrícolas de 1980/81, 81/82 e 82/83 na Estação Experimental Agrônômica da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em Eldorado do Sul, RS, em solo da unidade de mapeamento São Jerônimo, classificado como Podzólico Vermelho-Escuro Distrófico (Paleudult).

Em 1980/81 os tratamentos foram as cultivares BR 4, CEP 7510, IAC-4, IAC-5, LC 70609 e Planalto. Em 81/82 foram testadas BR 3, BR 4, Cobb, Década, Ivorá, Planalto e União, e em 82/83, BR 3, BR 4, Década, Hardee, Ivaí, Ivorá, Planalto e União. As sementes foram realizadas em 19.11.80, 07.11.81 e 08.12.82.

O solo apresentava teores médios de P_2O_5 = 15,0 ppm; K_2O = 164 ppm; M.O. = 2,5%; pH = 5,5 e textura 2 (solos com 41 a 55% de argila). Como adubação de manutenção, de acordo com a análise de solo, foi aplicado a lancha 70 kg/ha de superfosfato triplo e 15 kg/ha de cloreto de potássio, em cada um dos três anos de ensaio. O controle de plantas daninhas foi feito de forma a manter a soja livre de competição.

A partir do estágio R1 (início do florescimento) da escala de Fehr & Caviness (1977), adaptada por Costa & Marchezan (1982), a tensão de umidade do solo foi mantida acima de -0,7 bares, controlada com tensiômetros colocados à profundidade de 35 cm, através de irrigação por aspersão. A determinação do estágio de desenvolvimento foi efetuada em dez plantas marcadas de cada cultivar, em duas leituras semanais. Os tratamentos foram dispostos em blocos ao acaso com quatro repetições. As parcelas foram constituídas por quatro linhas espaçadas de 0,50 m com seis metros de comprimento. A área útil para a avaliação do rendimento de grãos foi constituída de duas linhas centrais de cinco metros. As correlações e as análises de regressão foram calculadas pelo pacote estatístico Statgraphics (versão 2.1).

O período de enchimento de grãos é a soma da duração de R5 e a duração de R6. Isto equivale ao número de dias desde o "aparecimento de um grão

com 3 mm num legume, dos quatro últimos nós do caule com folha desenvolvida (R5), até a presença de "legume contendo ao menos um grão verde que ocupa toda a sua cavidade num dos quatro últimos nós do caule com folha desenvolvida (R6), em 50% das plantas amostradas. A taxa de acúmulo de matéria seca nos grãos foi obtida pelo quociente entre o rendimento de grãos e a duração, em dias, do período de enchimento de grãos [rendimento/duração ($R_5 + R_6$)]. O grau de associação entre as variáveis foi estimado pelo coeficiente de correlação simples (r).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 contém os coeficientes de correlação simples (r), por ano, e dos três anos em conjunto. A análise dos três anos evidencia que as correlações entre o rendimento de grãos e a duração de qualquer estágio de desenvolvimento não foram significativas. O rendimento de grãos não foi correlacionado com a duração do período de enchimento de grãos ($R_5 + R_6$), ao contrário de outros trabalhos com soja realizados por Egli & Leggett (1973), Hanway & Weber (1971), Egli (1975), Sweifel (1978) e Daynard et al. (1971), com híbridos de milho. A não concordância dos resultados pode ser atribuída à diferença na metodologia de condução dos experimentos. Nos trabalhos que constataram a existência de asso-

ciação com a duração, adicionaram água para minimizar eventuais deficiências hídricas, enquanto os ensaios aqui relatados a partir do início do florescimento e por todo o período reprodutivo foram conduzidos em condição hídrica favorável à expressão do rendimento potencial dos genótipos. Em condições de deficiências hídricas em estádios de desenvolvimento críticos, é plausível que a maior duração do período em que se realiza o aporte de produtos da fotossíntese aos grãos seja vantajosa, e portanto, correlacionada com o rendimento. Em condição hídrica favorável, a quantidade de produtos da fotossíntese acumulada nos grãos por dia, passa a preponderar, uma vez que a duração potencial do período de enchimento de grãos será alcançada, tal como foi constatado por Jones et al. (1979) em arroz irrigado. A Tabela 1 mostra que os rendimentos de grãos alcançados nos três anos foram elevados, com média de praticamente 4.000 kg/ha.

Duas características avaliadas, o rendimento médio dos três anos e o rendimento médio em cada ano, estiveram positiva e significativamente correlacionadas com a taxa de acúmulo de matéria seca nos grãos, $r = +0,77^{**}$; $r = +0,84^*$; $r = +0,86^{**}$ e $r = +0,96^{**}$, respectivamente, para os três anos, 80/81, 81/82 e 82/83 (Tabela 1; Fig. 1, 2, 3 e 4). Os coeficientes de correlação sugerem que exis-

TABELA 1. Coeficientes de correlação simples (r) entre rendimento de grãos, média de todas as cultivares e duração dos estádios de desenvolvimento (dias) da soja. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 1980/81, 1981/82 e 1982/83.

Ano(s)	Rendimento de grãos (kg/ha)	Estádios de desenvolvimento*								Rendimento ($R_5 + R_6$) (kg/ha/dia)
		R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	($R_5 + R_6$)	
1980/81 ¹	4.168	-0,23	+0,36	-0,44	-0,39	-0,12	-0,31	-0,12	-0,59	+0,84**
1981/82 ²	3.753	-0,33	-0,58	-0,07	+0,29	-0,43	-0,38	-0,39	-0,56	+0,86**
1982/83 ²	3.975	-0,32	-0,37	+0,47	-0,36	-0,37	+0,38	-0,09	-0,28	+0,96**
3 anos	3.971	-0,22	+0,31	-0,44	-0,18	+0,10	-0,29	-0,17	-0,22	+0,77**
Duração média (dias)		3,2	11,9	7,2	8,1	13,9	26,0	6,3	40,5	98,8

¹ Seis cultivares.

² Sete cultivares.

* Segundo escala adaptada por Costa & Marchezan (1982).

** Significativo pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

tem outros fatores que influenciaram a taxa diária de acúmulo ou a duração, e que não foram determinados neste trabalho.

Deve-se ter presente que a busca de cultivares com altos rendimentos não deve considerar uma característica isoladamente. Sweifel (1978) sugere que os fitomelhoristas devem

considerar as melhores combinações das diversas características genéticas positivas, para a obtenção de genótipos capazes de produzir rendimentos superiores. A Fig. 5 mostra que sob condições ótimas de água, a taxa de acúmulo de matéria seca está mais associada ao rendimento de grãos do que à duração, e que

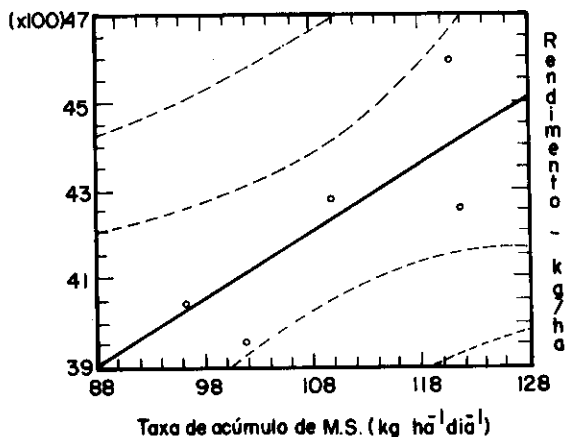


FIG. 1. Regressão linear ($Y = 2577 + 15x$) ($r = 0,84$) entre rendimento de grãos em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, e taxa de acúmulo de matéria seca em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$, em soja, no ano agrícola de 1980/81. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.

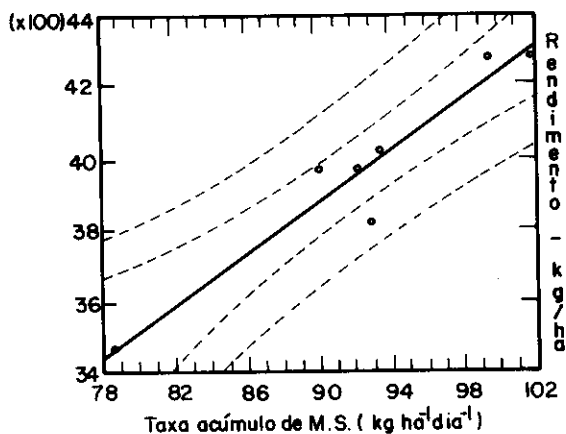


FIG. 3. Regressão linear ($Y = 632 + 36x$) ($r = 0,96$) entre rendimento de grãos em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, e taxa de acúmulo de matéria seca em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$, em soja, no ano agrícola de 1982/83. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.

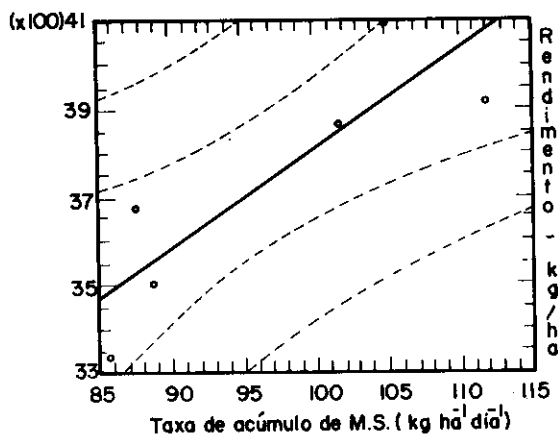


FIG. 2. Regressão linear ($Y = 1595 + 22x$) ($r = 0,86$) entre rendimento de grãos em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, e taxa de acúmulo de matéria seca em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$, em soja, no ano agrícola de 1981/82. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.

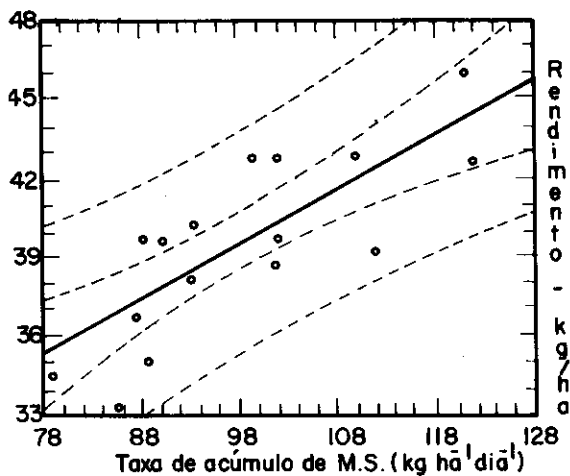


FIG. 4. Regressão linear ($Y = 1921 + 20,7x$) ($r = 0,77$) entre rendimento de grãos em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, e taxa de acúmulo de matéria seca em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$, em soja, nos anos agrícolas de 80/81, 81/82 e 82/83. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.

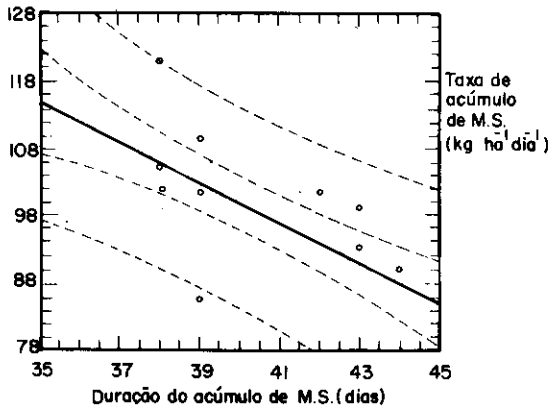


FIG. 5. Regressão linear ($Y = 220 - 3x$) ($r = -0,77$) entre taxa de acúmulo de matéria seca nos grãos em $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$, e duração do enchimento de grãos de soja, em dias. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.

entre si, essas características estão associadas negativamente. A avaliação da taxa e da duração, conjuntamente com o rendimento, permitiria aos melhoristas selecionar genótipos com combinação favorável entre a taxa e a duração, o que auxiliaria na maximização do rendimento. A seleção deverá ser feita em condições favoráveis para a expressão do potencial de rendimento. Não só a condição hídrica favorável é importante, mas também outras, como a radiação solar, por exemplo, devem ser consideradas, uma vez que a taxa de fixação de CO_2 aumenta quando a radiação incidente é maior, até o ponto de saturação do dossel da planta.

CONCLUSÕES

1. Com irrigação, o rendimento de grãos de soja esteve mais associado ao acúmulo de matéria seca nos grãos do que à duração do período de enchimento de grãos.

2. A correlação negativa entre duração e taxa de acúmulo de matéria seca no período de enchimento de grãos sugere que na busca de genótipos com maior potencial de rendimento, estas características devem ser consideradas conjuntamente.

REFERÊNCIAS

- BOOTE, K.J. Response of soybeans in different maturity groups to march planting in Southern USA. *Agronomy Journal*, v.73, p.584-589, 1981.
- CARTER, M.W.; PONELEIT, C.G. Black layer maturity and filling period variation among inbred lines of corn (*Zea mays* L.). *Crop Science*, v.13, p.436-439, 1973.
- COSTA, J.A.; MARCHEZAN, E. *Características dos estádios de desenvolvimento da soja*. Campinas: Fundação Cargill, 1982. 30p.
- CROSS, H.Z. Diallel analysis of duration and rate of grain filling of seven inbred lines of corn. *Crop Science*, v.15, p.532-535, 1975.
- CURE, J.D.; PATTERSON, R.D.; RAPER JUNIOR, C.D.; JACKSON, W.A. Assimilate distribution in soybeans as affected by photoperiod during seed development. *Crop Science*, v.22, p.1245-1250, 1982.
- CURE, J.D.; RAPER JUNIOR, C.D.; PATTERSON, R.D.; JACKSON, W.A. Water stress recovery in soybeans as affected by photoperiod during seed development. *Crop Science*, v.23, p.110-115, 1983.
- DAYNARD, T.B.; TANNER, J.W.; DUNCAN, W.G. Duration of the grain filling period and its relation of grain yield in corn, *Zea mays*. *Crop Science*, v.11, p.45-48, 1971.
- DUNPHY, E.J.; HANWAY, J.J. Water-soluble carbohydrate accumulation in soybean plants. *Agronomy Journal*, v.68, p.697-700, 1976.
- EGLI, D.B. Rate of accumulation of dry weight in seed of soybeans and its relationship to yield. *Canadian Journal of Plant Science*, v.55, p.215-219, 1975.
- EGLI, D.B.; GUFFY, R.D.; MECKEL, L.W.; LEGGETT, J.E. The effect of source-sink alterations on soybean seed growth. *Annals of Botany*, London, v.55, p.395-402, 1985.
- EGLI, D.B.; LEGGETT, J.E. Dry matter accumulation patterns in determinate and indeterminate soybeans. *Crop Science*, v.13, p.220-222, 1973.
- EGLI, D.B.; ORF, J.H.; PFEIFFER, T.W. Genotypic variability for duration of seedfill in soybean. *Crop Science*, v.24, p.587-592, 1984.

- FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. **Stages of soybean development**. IOWA: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 11p.
- GBIKPI, P.J.; COOKSTON, R.K. Effect of flowering date on accumulation of dry matter and protein in soybean seeds. **Crop Science**, v.21, p.652-655, 1981.
- HANWAY, J.J.; WEBER, C.R. Dry matter accumulation in eight soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) varieties. **Agronomy Journal**, v.63, p.227-230, 1971.
- JOHNSON, D.R.; TANNER, J.W. Comparison of corn (*Zea mays* L.) inbreds and hibrids grown at equal leaf area index, light penetration, and population. **Crop Science**, v.12, p.482-485, 1972.
- JONES, P.G.; LAING, D.R. The effects of phenological and meteorological factors on soybean yield. **Agricultural Meteorology**, v.19, p.485-495, 1978.
- JONES, D.B.; PETERSON, M.L.; GENG, S. Association between grain filling rate and duration, and yield components in rice. **Crop Science**, v.19, p.641-644, 1979.
- KAPLAN, S.L.; KOLLER, H.R. Variation among soybean cultivars in seed growth rate during the linear phase of seed growth. **Crop Science**, v.14, p.613-614, 1974.
- MECKEL, L.; EGLI, D.B.; PHILLIPS, R.E.; RADCLIFFE, D.; LEGGETT, J.E. Effect of moisture stress on seed growth in soybeans. **Agronomy Journal**, v.76, p.647-650, 1984.
- RAPER JUNIOR, C.D.; THOMAS, J.F. Photoperiodic alteration of dry matter partitioning and seed yield in soybeans. **Crop Science**, v.18, p.654-656, 1978.
- SIONIT, N.; KRAMER, D.J. Effect of water stress during different stages of growth of soybean. **Agronomy Journal**, v.69, p.274-278, 1977.
- SWEIFEL, T.R. **The relationship of yield to accumulation and partitioning of dry matter of eight soybean genotypes**. Florida: University of Florida, 1978. 67p. Tese de Mestrado.
- WILLIAMS, W.A.; QUALSET, C.O.; GENG, S. Ridge regression for extracting soybeans yield factors. **Crop Science**, v.19, p.869-873, 1979.