

ÍNDICE DE COLHEITA E RENDIMENTO BIOLÓGICO, NA COMPARAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE VARIEDADES DE SOJA¹

LUIZ OSVALDO COLASANTE² e JOSÉ ANTONIO COSTA³

RESUMO - No ano agrícola 1978/1979, foi conduzido um experimento na Estação Experimental Agronômica da UFRGS, Guaíba, RS, para investigar a existência de variabilidade para o índice de colheita (I.C.) e o rendimento biológico, e verificar as relações mútuas entre o rendimento de grãos e as outras características agronômicas, em vinte variedades de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) de diferentes grupos de maturação. As variedades tardias e de ciclo médio tiveram os maiores valores relativamente a rendimento de grãos, rendimento biológico e estatura de planta. Foi encontrada variabilidade para o I.C. e o rendimento biológico, entre as variedades estudadas, independentemente do ciclo. O I.C. variou de 43,2% a 50,2% e, embora a maioria das variedades tardias tenha apresentado menores I.C. do que as precoces, nem sempre houve relação inversa entre essas duas características. As diferenças de rendimentos de grãos das variedades podem ser atribuídas às diferenças entre seus rendimentos biológicos, embora, de acordo com a variedade, altos rendimentos de grãos fossem obtidos através de diferentes combinações entre o I.C. e o rendimento biológico. Enquanto o I.C. não esteve associado com o rendimento de grãos, o rendimento biológico foi um eficiente indicador do potencial produtivo das variedades estudadas.

Termos para indexação: índice de colheita, rendimento biológico, eficiência de variedades, *Glycine max* (L.) Merrill.

HARVEST INDEX AND BIOLOGICAL YIELD FOR COMPARISON OF SOYBEAN CULTIVARS EFFICIENCY

ABSTRACT - A field trial was conducted during the 1978/1979 growing season to investigate the variability for harvest index and biological yield of twenty soybean cultivars from several maturity groups. Interrelationships between grain yield and other agronomic characteristics were also looked for. Medium and late maturity cultivars showed the highest values for grain yield, biological yield and plant height. Variability was found for harvest index and biological yield among cultivars, regardless of the maturity group. Harvest index varied from 43.2% to 50.2% and although most of the late maturity varieties have shown lower harvest index than the early maturity varieties an inverse relation between them was not always present. The main factor determining grain yield differences among cultivars was the variation in their biological yields, although high grain yields could be obtained by different combinations between harvest index and biological yield. Harvest index was not correlated with grain yield, but biological yield was a good indicator of yield potential of soybean cultivars.

Index terms: harvest index, biological yield, *Glycine max* (L.) Merrill, varieties efficiency.

INTRODUÇÃO

O rendimento biológico (Niciporovic 1960) é o peso da planta madura, excluindo-se as raízes, e representa a quantidade de matéria seca acumulada pela parte aérea da planta durante seu ciclo de desenvolvimento. O índice de colheita (I.C.), definido por Donald (1962), é a relação entre o rendimento de grãos e o rendimento biológico, e expres-

sa a eficiência da translocação dos produtos da fotossíntese para as partes economicamente importantes da planta.

Segundo Donald & Hamblin (1976), o sucesso no aumento de rendimento em cereais, especialmente arroz e trigo, está relacionado com os maiores I.C. das variedades modernas, com pequena variação no rendimento biológico, em comparação com as variedades tradicionalmente usadas pelos agricultores. Chandler Júnior (1969) cita que, enquanto as variedades antigas de arroz apresentavam I.C. de 0,23 a 0,37, o I.C. das novas variedades de alto rendimento varia de 0,47 a 0,57. Trabalhos de Nass (1973) e Singh & Stoskopf (1964) mostraram o I.C. associado positivamente com o rendimento de grãos em variedades de trigo.

Em leguminosas, diferenças varietais em relação ao I.C. têm sido encontradas em feijão (Wallace &

¹ Aceito para publicação em 20 de agosto de 1980.

Parte do trabalho do primeiro autor, como um dos requisitos necessários para obtenção do título de M.Sc., Faculdade de Agronomia, UFRGS.

² Eng.^o Agr.^o, M.Sc., Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), Caixa Postal 1331, CEP 86.100 - Londrina, PR.

³ Eng.^o Agr.^o, Ph.D., Professor Adjunto do Departamento de Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, UFRGS, bolsista do CNPq, Caixa Postal 776, CEP 90.000 - Porto Alegre, RS.

Munger 1966), ervilha (Donald 1962), lentilha (Singh 1977) e soja (Garcia 1978; Lawn & Bith 1974; Johnson & Majors 1979 e Joshi 1973).

Experimentos com variedades de soja (Joshi 1973; Lawn & Bith 1974; Garcia 1978 e Johnson & Majors 1979) tem mostrado o rendimento de grãos correlacionado positivamente com o rendimento biológico, verificando-se falta de associação ou mesmo associação negativa entre o rendimento de grãos e o I.C.

A determinação do rendimento biológico e do I.C. é feita baseada em colheita efetuada na maturação. Wallace (1973) ponderou que, devido à dificuldade da coleta de folhas e pecíolos antes da maturação, o rendimento biológico de variedades de feijão deveria incluir somente as partes da planta que persistem até o final do ciclo, eliminando-se eventuais folhas e pecíolos que tenham permanecido nas plantas maduras. Em soja, Lawn & Bith (1974) e Johnson & Majors (1979) consideraram como rendimento biológico aquele determinado na época de acúmulo máximo de matéria seca nas plantas. Garcia (1978), estudando dez variedades de soja, em duas épocas de semeadura, encontrou altas correlações positivas entre o I.C. real (incluindo todas as folhas e pecíolos que caíram durante o ciclo de desenvolvimento das variedades) e o I.C. calculado com base nas plantas na maturação (sem a inclusão de folhas e pecíolos). Esses dados sugerem que a técnica proposta por Wallace (1973), para cálculo do I.C., pode ser correta para a aplicação em estudos com variedades de soja.

O presente trabalho objetivou verificar a existência de variabilidade para o I.C. e para o rendimento biológico, e determinar suas inter-relações com o rendimento de grãos e com as características agrônômicas de variedades de soja.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo na Estação Experimental Agrônômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, localizada no município de Guaíba, RS. O solo do local é do tipo Laterítico Bruno Avermelhado Distrófico, segundo o princípio geral da Classificação Brasileira proposta pela Divisão de Pesquisa Pedológica. O clima da região caracteriza-se como subtropical úmido.

O delineamento experimental utilizado foi o de "latice retangular" 4 x 5, com quatro repetições, e os tratamentos aplicados às unidades experimentais foram com as se-

guintes variedades de soja: Pérola, Planalto, Prata, Paraná, Pampeira, BR-2, IAS-2, IAS-5, Davis, Bragg, IAS-4, IAS-1, Sulina, BR-3, BR-1, Missões, Bossier, Vila Rica, Hardee e Santa Rosa. As unidades experimentais foram constituídas de quatro fileiras de plantas de 5 m de comprimento, espaçadas por 0,50 m. As duas fileiras laterais e 0,5 m na extremidade de cada fileira central foram consideradas bordaduras, resultando numa parcela útil, com duas fileiras centrais de 4 m de comprimento e área de 4 m².

Na área experimental foram feitas calagem e adubação, de acordo com a análise do solo. A semeadura foi realizada manualmente em 11.11.78, colocando-se quarenta sementes por metro linear, previamente inoculadas com *Rhizobium japonicum* em meio turfoso. Vinte dias após a emergência das plântulas, foi efetuado o desbaste, deixando-se vinte plantas por metro linear, obtendo-se, assim, uma população equivalente a 400.000 plantas/ha.

No controle de invasoras, foram aplicados herbicidas, um (trifluralina) incorporado na pré-semeadura e o outro (bentazon) na pós-emergência. Sempre que necessário, foram feitas aplicações de inseticida à base de monocrotofos, para o controle de insetos sugadores e mastigadores.

Com base na leitura de dez plantas por parcela, foi determinado o florescimento das variedades, anotando-se a data de florescimento quando mais de 50% das plantas apresentaram pelo menos uma flor em qualquer nó do caule. A data de maturação foi considerada quando mais de 50% das plantas estavam no estágio R₃, segundo a escala de Fehr & Caviness (1977).

Por ocasião da maturação, foram retiradas vinte plantas de cada parcela e eliminados eventuais folhas e pecíolos que permaneciam nas plantas. Em cada planta, foi determinada a estatura e separados caule, legumes e grãos. Os caules, os legumes e os grãos das vinte plantas de cada unidade experimental (oitenta plantas por tratamento) foram acondicionados separadamente, em sacos de papel, e colocados a secar em estufa a 70°C, por setenta e duas horas. Após a secagem, o material foi pesado e obtiveram-se os valores médios, para cada parcela, de: peso de caule por planta. O rendimento biológico foi calculado pela soma do peso seco de caule, legumes e grãos, e o I.C. foi obtido pela fórmula:

$$I.C. = \frac{\text{Rendimento de grãos}}{\text{Rendimento biológico}} \times 100$$

RESULTADOS

Tomando-se como base a duração do ciclo, apresentada pelas variedades (Tabela 1), os resultados possibilitam classificá-las em três grupos: variedades precoces (IAS-2, IAS-5, Pérola, Planalto, Pampeira, Paraná, Prata e BR-2), com variação de 129 a 134 dias; variedades de ciclo médio (IAS-4, IAS-1, Davis e Bragg), com ciclo de 143 dias; e va-

TABELA 1. Duração do ciclo, do período vegetativo e do período reprodutivo em vinte variedades de soja, EEA, UFRGS, 1978/1979.

Variedades	Duração do ciclo (dias)	Duração do período vegetativo (dias)	Duração do período reprodutivo (dias)
Pérola	134	61	73
Planalto	134	55	79
IAS-5	134	52	82
BR-2	129	60	69
Paraná	129	51	78
Pampeira	134	60	74
IAS-2	129	55	74
Prata	129	52	77
IAS-4	143	59	84
IAS-1	143	59	84
Davis	143	59	84
Bragg	143	59	84
BR-3	149	64	85
Sulina	151	66	85
BR-1	151	70	81
Missões	151	70	81
Bossier	148	64	84
Hardee	154	78	76
Vila Rica	154	78	76
Santa Rosa	158	90	68
Médias	142	64	79

riedades tardias (Sulina, BR-1, BR-3, Missões, Vila Rica, Bossier, Hardee e Santa Rosa), cujos ciclos variaram de 148 a 158 dias. As variedades tardias tiveram duração do ciclo vegetativo superior a 63 dias e, nas precoces e de ciclo médio, a duração desse período variou de 51 a 60 dias. Bossier, IAS-4, IAS-1, Davis, Bragg, BR-3 e Sulina apresentaram período reprodutivo maior do que o das demais variedades, sendo os menores valores para essa característica determinados nas variedades Santa Rosa, Hardee, Vila Rica e BR-2.

Para as demais características estudadas houve diferenças significativas entre variedades ($P < 0,05$). Os resultados de estatura de planta, I.C., rendimento biológico e rendimento de grãos encontram-se na Tabela 2. A estatura de planta variou de 48 a 68 cm, determinadas em Planalto e Santa Rosa, respectivamente. As plantas das variedades de ciclo médio e tardio tiveram maior porte do que as precoces, sendo que os maiores valores para essa característica foram determinados nas variedades Santa Rosa, Bossier, Missões, BR-3,

Bragg, Vila Rica e Hardee, sem diferenças significativas entre as mesmas.

Foi encontrada variabilidade para o I.C. entre variedades do mesmo ciclo e de ciclos diferentes. A média do I.C. foi de 46,6%, variando de 43,2% a 50,6% nas variedades Santa Rosa e IAS-2, respectivamente. As variedades de maior I.C. e, portanto, as mais eficientes na produção de grãos, foram: Planalto, Pérola, IAS-2, IAS-5, Pampeira, Sulina, Davis e Prata. Os menores I.C. foram determinados em Santa Rosa, BR-3, Bossier, Hardee e IAS-1, enquanto que os valores para BR-2, Missões e IAS-4 situaram-se em torno da média.

A média do rendimento biológico das variedades foi de 11,9 g/planta. Os maiores rendimentos biológicos foram alcançados pelas variedades tardias e variedades de ciclo médio, enquanto que a IAS-4 teve alto rendimento biológico, as variedades Bragg, Davis e IAS-1 seguiram a mesma tendência apresentada pelas precoces, com os menores valores para o rendimento biológico.

TABELA 2. Valores médios do rendimento de grãos e rendimento biológico (expressos em gramas de peso seco por planta), índice de colheita (I.C.) e estatura de planta de vinte variedades de soja, EEA, UFRGS, 1978/1979.

Variedades	Rendimento de grãos ^a	Rendimento biológico ^a	I.C. ^a (%)	Estatura de planta (cm) ^a
Pérola	5,00 bcde	10,00 g	50,0 ab	49,0 l
Planalto	4,87 cde	9,79 g	48,8 abcd	47,8 l
IAS-5	5,27 bcde	10,50 fg	49,8 abc	53,1 hi
BR-2	4,92 cde	10,42 fg	46,0 def	53,7 ghi
Paraná	4,67 de	10,46 fg	45,2 def	56,0 fgh
Pampeira	4,58 de	9,95 g	48,3 abcd	50,7 i
IAS-2	5,47 abcde	10,91 fg	50,6 a	48,9 l
Prata	4,73 de	10,11 g	47,4 abcde	50,4 l
IAS-4	5,91 abcd	12,73 bcdef	46,5 bcdef	62,5 abcde
IAS-1	4,40 e	10,08 g	44,1 ef	56,8 efgh
Davis	5,51 abcde	11,15 efg	49,7 abc	58,1 efgh
Bragg	5,46 abcde	11,85 defg	45,9 def	64,8 abc
BR-3	6,20 abc	14,10 abcd	43,5 f	65,5 abc
Sulina	6,37 ab	13,23 bcde	48,2 abcd	60,1 bcdef
BR-1	5,28 bcde	12,08 cdefg	43,4 f	58,7 def
Missões	6,72 a	14,36 abc	46,6 bcdef	66,0 ab
Bossier	5,26 bcde	11,77 defg	44,2 ef	66,6 ab
Hardee	6,73 a	15,10 ab	44,4 ef	64,2 abcd
Vila Rica	6,78 a	14,27 abcd	46,2 cdef	64,3 abcd
Santa Rosa	6,82 a	15,77 a	43,2 f	68,4 a
Médias	5,55	11,93	46,6	58,3

^a Em cada coluna, as médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente, segundo o teste de Duncan ($P < 0,05$).

O rendimento de grãos variou de 4,40 a 6,82 g/planta, valores determinados em IAS-1 e Santa Rosa, respectivamente, com média de 5,55 g/planta. O grupo de variedades, formado por Santa Rosa, Hardee, Vila Rica, Missões, Sulina, BR-3, Bragg, Davis, IAS-4 e IAS-2, mostrou rendimentos de grãos superiores às demais variedades, sem diferenças significativas entre elas.

Em média, o rendimento biológico das variedades estudadas constituiu-se de 47% de peso de grãos, 35% de peso de caules e 18% de peso de legumes (Tabela 3). As correlações apresentadas na Tabela 4 mostraram que o rendimento de grãos e o rendimento biológico foram correlacionados positivamente com estatura de planta e altamente correlacionados entre si ($r = 0,95^{**}$). O I.C. mostrou associação negativa com estatura de planta e não foi associado com o rendimento de grãos, apresentando pequena associação negativa com o rendimento biológico.

TABELA 3. Contribuição média do peso de grãos, peso de caule e peso de legumes, para o rendimento biológico de vinte variedades de soja, EEA, UFRGS, 1978/1979.

Características	Rendimento biológico (%)
Peso de grãos	47
Peso de caule	35
Peso de legumes	18

DISCUSSÃO

As relações entre I.C. e ciclo das variedades mostram que, embora tenha havido tendência das variedades de maior ciclo em apresentar menores I.C., nem sempre há uma relação inversa entre essas duas características, em variedades de soja. Paraná, BR-2, IAS-2 e Prata tiveram o mesmo ciclo e apresentaram diferentes I.C. e, nas variedades de

TABELA 4. Coeficientes de correlação linear (r) entre rendimento de grãos, rendimento biológico, índice de colheita (I.C.) e estatura de planta, de vinte variedades de soja, EEA, UFRGS, 1978/1979.

	I.C.	Rendimento de grãos	Rendimento biológico
Estatura de planta	- 0,70 **	0,73 **	0,84 **
Rendimento biológico	- 0,51 *	0,95 **	
Rendimento de grãos	- 0,24 ns		

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

ns Não significativo.

ciclo médio, o I.C. variou de 44,1% a 49,8%, em IAS-4 e Davis. Essa tendência, das variedades tardias apresentarem menores I.C. do que as variedades precoces, foi verificada por Garcia (1978), Lawn & Bith (1974) e Johnson & Majors (1979). A associação negativa foi atribuída, por Johnson & Majors (1979), à forte resposta fotoperiódica do material estudado.

No grupo de variedades que apresentaram os maiores rendimentos de grãos, maior número de dias até o florescimento deve ter causado maior desenvolvimento vegetativo, o que resultou numa maior interceptação de luz durante o período reprodutivo, fator que pode ter sido o determinante de sua alta produtividade. Com exceção das variedades Davis, Sulina e IAS-2, as demais tiveram baixos I.C., mostrando que maior acúmulo de matéria seca nas partes vegetativas não resultou em aumentos proporcionais nos rendimentos de grãos. Em média, os caules tiveram a maior contribuição para as partes vegetativas (caule + legumes), mostrando que uma diminuição no peso do caule deve resultar maior I.C.

A correlação negativa entre I.C. e estatura de planta indica que nas variedades de porte alto há um acúmulo preferencial de matéria seca nas partes vegetativas, em relação aos grãos. As relações negativas do I.C. com peso de caule e estatura de planta sugerem que o I.C. pode ser aumentado através da seleção de plantas de porte baixo.

A diferença de rendimento de grãos deve, por definição (rendimento de grãos = rendimento biológico x I.C.), depender totalmente das diferenças de rendimentos biológicos e I.C. De modo geral, altos rendimentos de grãos foram determinados em variedades de alto rendimento biológico e, com exce-

ção de Davis, Sulina e IAS-2, as demais mostraram ser pouco eficientes na distribuição dos produtos da fotossíntese.

Embora com altos I.C., com exceção de BR-2 e Paraná, as variedades precoces apresentaram baixos rendimentos de grãos devido à limitação no rendimento biológico. Esse grupo de variedades caracterizou-se por apresentar rendimentos biológicos semelhantes, sendo a diferença entre seus rendimentos de grãos devido, principalmente, a seus altos I.C. IAS-2, IAS-5 e Planalto apresentaram os maiores I.C. e maior rendimento de grãos desse grupo. Esses dados podem sugerir que, entre genótipos de ciclo curto, a seleção de plantas baseadas no I.C. pode resultar na obtenção de variedades altamente produtivas.

A alta correlação positiva entre rendimento de grãos e rendimento biológico ($r = 0,95$ **), e a falta de associação entre essas duas características e o I.C., mostra que, entre as variedades estudadas, as diferenças de rendimentos de grãos podem ser atribuídas, quase que exclusivamente, às diferenças em seus rendimentos biológicos, com pouca influência do I.C. Por outro lado, embora com menores rendimentos biológicos, os altos I.C. de Davis e IAS-2 devem ter sido responsáveis, em parte, pelos seus altos rendimentos de grãos.

Esses dados mostram que, de acordo com a variedade, o I.C. e o rendimento biológico, tiveram uma contribuição relativamente grande ou pequena para o rendimento de grãos e que altos rendimentos de grãos podem ser obtidos através de diferentes combinações entre I.C. e rendimento biológico.

Os resultados do experimento mostraram existir diferenças varietais em relação ao I.C. e o rendi-

mento biológico, mas a falta de associação entre rendimento de grãos e I.C. indica que o I.C., isoladamente, não foi um bom indicador da capacidade produtiva das variedades. Por outro lado, a alta correlação encontrada entre rendimento biológico e rendimento de grãos mostra que o peso total da planta madura é um bom indicador do potencial produtivo de variedades de soja. Wallace (1973) cita que o rendimento biológico é hereditário e passível de uso em programas de melhoramento. No entanto, a alta correlação positiva entre rendimento biológico e estatura de planta indica que um aumento no rendimento de grãos, através da seleção de plantas de maior estrutura vegetativa, pode resultar em plantas demasiadamente altas e, portanto, susceptíveis ao acamamento. As características apresentadas por Davis e IAS-2 mostram que altos rendimentos de grãos podem ser obtidos através de variedades que apresentem rendimento biológico moderado e alto I.C., o que implica em que essas duas características, avaliadas em conjunto, podem ser um meio eficiente para o aumento do potencial de rendimento de grãos em soja.

Embora as relações entre rendimento de grãos e I.C., encontradas neste trabalho, concordem com os dados obtidos por Garcia (1978) e Johnson & Majors (1979), a severa limitação hídrica, que ocorreu durante o ciclo de desenvolvimento das variedades, afetou o rendimento de grãos e o rendimento biológico, influenciando provavelmente a expressão do I.C. das variedades.

CONCLUSÕES

1. Houve diferenças varietais e, portanto, variabilidade genética, para o I.C. e o rendimento biológico, nas variedades estudadas.
2. O rendimento biológico foi um indicador eficiente da capacidade de rendimento de grãos das variedades estudadas.
3. O I.C. não mostrou ser uma boa característi-

ca para ser utilizada isoladamente na comparação do potencial produtivo de variedades de soja.

REFERÊNCIAS

- CHANDLER JUNIOR, R.F. Plant morphology and stand geometry in relation to nitrogen. In: EASTIN, J.D. Physiological aspects of crop yield. Madison, Amer. Soc. Agron., 1969. p. 265-85.
- DONALD, C.M. In search of yield. J. Aust. Inst. Agric. Sci., Melbourne, 28:171-8, 1962.
- _____ & HAMBLIN, J. The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. Adv. Agron., New York, 28:351-405, 1976.
- FEHR, W.R. & CAVINESS, C.E. Stages of soybean development. Ames, Iowa State University of Science and Technology, 1977. 11 p. (Special Report, 80).
- GARCIA, A. Estudo do índice de colheita e de outras características agrônomicas de dez cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) e de suas correlações com a produção de grãos, em duas épocas de semeadura. Viçosa, UFV, 1978. 76 p. Tese Mestrado.
- JOHNSON, D.R. & MAJORS, D.J. Harvest index of soybeans as affected by planting date and maturity rating. Agron. J., Madison, 71:538-41, 1979.
- JOSHI, J. Study of seed yield efficiency, hibrid vigor and phenotypic correlations in *Glycine max* (L.) Merrill. Field Crop Abstr., Berks, 28:450, 1975. Resumo do trabalho publicado em Diss. Abstr. Int. B, Columbus, Ohio, 33(12, 1):5620, 1973.
- LAWN, R.J. & BITH, D.E. Response of soybeans to planting date in South-Eastern Queensland. II. Vegetative and reproductive development. Aust. J. Agric. Res., Melbourne, 25:723-37, 1974.
- NASS, H.G. Determination of characters for yield selection in spring wheat. Can. J. Plant Sci., Ottawa, 53:755-62, 1973.
- NICIPOROVIC, A.A. Photosynthesis and theory of obtaining high crop yields. Field Crop Abstr., Berks, 13:169-75, 1960.
- SINGH, I.D. & STOSKOPF, N.C. Harvest index in cereals. Agron. J., Madison, 63:224-6, 1964.
- SINGH, T.P. Harvest index in lentil. Euphytica, Wageningen, 26:833-9, 1977.
- WALLACE, D.H. Arquitectura vegetal y eficiencia fisiológica de planta de frijol. In: El potencial del frijol y de otras leguminosas de grano comestible en América Latina. Colombia, CIAT, 1973. p. 196-201. (Serie, CS-2).
- WALLACE, D.H. & MUNGER, H.M. Studies of the physiological basis for yield differences. II. Variations in dry matter distribution among aerial organs for several dry bean varieties. Crop Sci., Madison, 6:503-7, 1966.