

Rendimento de Grãos e Conteúdo de Clorofilas nas Folhas de Cultivares de Soja em Diferentes Estágios de Desenvolvimento¹

C. Costa*, J.A. Costa**, I. Anghinoni**

ABSTRACT

A field trial with and without maintenance fertilization was conducted at Guaíba, Rio Grande do Sul State, Brazil, to evaluate the chlorophyll content and grain yield of five soybean cultivars: Década, Ivorá, BR-4, BR-1 and Cobb. The chlorophyll content was evaluated at five growth stages, from R₂ to R₆, and reached the highest values at R₃, R₄ and R₅. For these stages, Década, BR-1 and BR-4 showed the highest content of chlorophyll a and total chlorophyll (expressed in mg/cm⁻² of leaf area). The method used to analyse the chlorophyll content was accurate enough to establish actual differences among cultivars. There were no differences among cultivars in relation to chlorophyll content in grain yield with or without maintenance fertilization.

RESUMO

Foi conduzido em Guaíba (RS) um ensaio de campo com e sem adubação de manutenção, para avaliar o conteúdo de clorofilas e rendimento de grãos das cultivares de soja Década, Ivorá, BR-4, BR-1 e Cobb. O conteúdo de clorofilas foi determinado em cinco estágios de desenvolvimento (R₂ a R₆), tendo sido maior em R₃, R₄ e R₅. Nestes, Década, BR-1 e BR-4 apresentaram as maiores quantidades de clorofilas a e total (expressas em mg/cm⁻² de área de folha). O método utilizado na análise de clorofilas mostrou-se eficaz na determinação das diferenças existentes entre cultivares. As cultivares mostraram-se semelhantes com relação ao conteúdo de clorofilas nas folhas e rendimento de grãos, independentemente do emprego ou não da adubação de manutenção.

INTRODUÇÃO

Muitos estudos têm mostrado que os conteúdos de clorofilas nas folhas das plantas estão associados à taxa fotossintética. Correlações positivas entre a quantidade de clorofilas e a taxa fotossintética foram relatadas para soja (3), milho e beterraba (20) e para coníferas e macieiras (26). Não obstante essas evidências, alguns aspectos dessa relação têm sido objeto de opiniões controversas. Baixo conteúdo de clorofilas em folhas de algodão, ervilha, amendoim, soja e fumo foi relacionado a altas taxas fotossintéticas. Além disso, a variação da taxa fotossintética entre espécies não está necessariamente relacionada ao conteúdo de clorofilas (8).

Por outro lado, deve-se considerar que muitos trabalhos antigos concernentes à relação clorofila-taxa

fotossintética apresentam defeitos básicos comuns, tais como a medição da fotossíntese em condições impróprias, principalmente em baixas densidades de fluxo luminoso, não levando em consideração a idade e o tipo de folha, se mutante ou planta normal (20).

De qualquer modo, há duas idéias básicas sob as quais parece assentar-se toda a problemática da associação entre clorofilas e fotossíntese. A primeira delas sugere que durante o desenvolvimento da folha, deve ser considerado que, a razão entre a clorofila ativa e a inativa varia e que a taxa fotossintética é proporcional apenas à quantidade de clorofila ativa, que decresce com a idade da folha. De fato, a quantidade, bem como a característica da relação clorofila-taxa fotossintética, dependem da idade da folha (19). Sing e Lal (23), em estudos com plantas de linho, trigo e cana-de-açúcar, também constataram alta taxa fotossintética em folhas jovens, valores médios em folhas maduras e baixos em folhas velhas. Estes autores não avaliaram a quantidade de clorofilas nas folhas. Entretanto, Sesták e Catský (21) observaram taxa fotossintética alta e conteúdos altos de clorofilas em folhas jovens de *Nicotiana glauca* Hort. Sprague e Curtis (24), utilizando linhagens e híbridos de milho, observaram maior quantidade de clorofilas em folhas jovens do que naquelas mais velhas. Esse padrão de variação é comum nas dicotiledôneas, como foi cons-

¹ Recebido para publicação em 7 de janeiro 1988

Parte da tese apresentada pelo primeiro autor para obtenção do grau de mestre em Fitotecnia, curso de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

* Eng. Agr., Av. João Pessoa, 41/304, CEP 90040 Porto Alegre, RS.

** Professores Adjuntos, Dep. Fitotecnia e de Solos, respectivamente, da Fac. de Agron. da Univ. Fed. do Rio Grande do Sul, Cx P. 776, CEP 90001, Porto Alegre, RS. Bolsistas do CNPq.

tatado em fumo (9). Uma outra hipótese sustenta que durante o desenvolvimento da folha o aparato de enzimas do cloroplasto é degradado e deste modo a energia captada pela clorofila não é utilizada pela fotossíntese (21)

A importância da clorofila a na relação clorofila e taxa fotossintética foi enfatizada por alguns autores. Sesták (20) obteve coeficiente de correlação mais alto quando relacionou a taxa fotossintética com a clorofila a. Tal fato, segundo o autor, pode ser explicado, em parte, pela alta precisão na estimativa da clorofila a, o que não acontece com a clorofila b quando são usados os dois comprimentos de onda no método espectrofotométrico

Uma análise dos resultados de Sesták e Catský (21) mostra que o conteúdo de clorofila aumenta na primeira fase do desenvolvimento da folha, até atingir um máximo. Esse ponto foi chamado de "maturidade fotossintética", que, segundo os autores, não corresponde exatamente ao tamanho máximo da folha. Daí, há um decréscimo gradual de clorofilas.

No entanto, as espécies, ou mesmo as cultivares de uma mesma espécie, podem diferir amplamente quanto ao padrão de variação do conteúdo de clorofilas com a idade da planta. O presente trabalho foi realizado com o objetivo de: a) avaliar se as cultivares estudadas diferem quanto ao conteúdo de clorofilas nas folhas e se isto afeta a produtividade; b) verificar se o conteúdo de clorofilas varia com os estágios de desenvolvimento e c) se isto pode determinar o melhor estágio para a identificação de cultivares de soja com maior potencial produtivo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Experimental Agronômica (EEA) da UFRGS, em solo Pod-

zóico Vermelho-Escuro (Paleudult). As amostras do solo revelaram, após a análise, a seguinte composição: pH = 5,7; matéria orgânica = 2,9%; P e K (Mehlich) 19,2 e 66 mg·kg⁻¹, respectivamente; e Ca e Mg trocáveis 4,2 e 2,1 me·dL⁻¹, respectivamente (15)

A área vinha sendo cultivada com soja na estação quente e com um cereal de estação fria (trigo ou aveia) em sucessão, por três anos consecutivos, antes da instalação deste experimento. Foram estabelecidos, de início, dois sistemas de manejo da fertilidade do solo com e sem adubação de manutenção para a soja, esquema mantido até então. O cereal de inverno era sempre adubado conforme a recomendação.

O preparo do solo consistiu de uma aração profunda e duas gradagens. Em virtude de deficiência hídrica prolongada, foi feita uma rega por aspersão na área experimental, de modo a permitir o preparo da área e a incorporação do adubo. Como adubação de manutenção foram aplicados 70 kg·ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de superfosfato simples e 30 kg de K₂O·ha⁻¹ na forma de cloreto de potássio.

Os tratamentos consistiram de cinco cultivares de soja recomendadas para o Rio Grande do Sul: Década (precoce, indeterminada); Ivorá (precoce, determinada); BR-4 (média, determinada); BR-1 (semitardia, determinada) e Cobb (tardia, determinada), sob duas condições de manejo de fertilidade de solo, que representam dois ensaios, com e sem adubação de manutenção, para a soja.

Foram utilizados blocos completos casualizados com quatro repetições, e os tratamentos foram arranjados em parcelas subdivididas. A adubação de manutenção para a soja foi estabelecida na parcela principal, nas subparcelas as cultivares. Os folíolos para análise de clorofilas foram coletados em cinco estágios de desenvolvimento, que originaram as subsubparcelas.

Tabela 1. Conteúdo de clorofila a (mg cm⁻²) média dos dois ensaios, de cinco cultivares de soja por estágio de desenvolvimento, EEA/UFRGS, Guaíba, RS, 1984/85.

Cultivar	Estágios de desenvolvimento					Média
	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	
Década	c 0.012 B	b 0.013 B	a 0.027 A	a 0.028 A	b 0.016 A	0.019
Ivorá	c 0.010 B	c 0.008 D	a 0.012 AB	a 0.023 B	b 0.016 A	0.016
BR-4	ab 0.018 A	c 0.012 C	a 0.021 BC	a 0.020 B	b 0.016 A	0.017
BR-1	c 0.013 B	a 0.021 A	a 0.020 C	a 0.019 B	b 0.016 A	0.018
Cobb	c 0.011 B	a 0.020 A	ab 0.019 C	ab 0.017 C	c 0.014 B	0.016
Média	0.013	0.015	0.022	0.022	0.016	

Médias antecedidas de mesma letra minúscula na linha e precedidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem pelo teste de DUNCAN ao nível de 5%.

A semeadura foi realizada no dia 5 de dezembro de 1984, fora da época recomendada para a região, que é em novembro, em razão das condições climáticas desfavoráveis que ocorreram nesse período. As sementes foram previamente inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* e tratadas com Captan-moly, na dose recomendada de 1 g kg^{-1} de sementes. Utilizou-se uma semeadeira manual "Planet Jr.", de uma linha, com regulagem para liberar 35 a 40 sementes por metro. O desbaste foi realizado manualmente quando as plantas apresentavam as folhas unifolioladas desenroladas, deixando-se 20 plantas por metro na linha, de modo a ter-se a densidade populacional de 40 plantas por m^2 .

Para minimizar os efeitos de períodos com deficiência hídrica foram efetivadas regas por aspersão a partir do início do florescimento. O controle de plantas invasoras foi realizado com a aplicação de 2.430 g ha^{-1} do herbicida Metalachlor, em pré-emergência. Para o controle de insetos e pragas, foram feitas três aplicações de inseticidas.

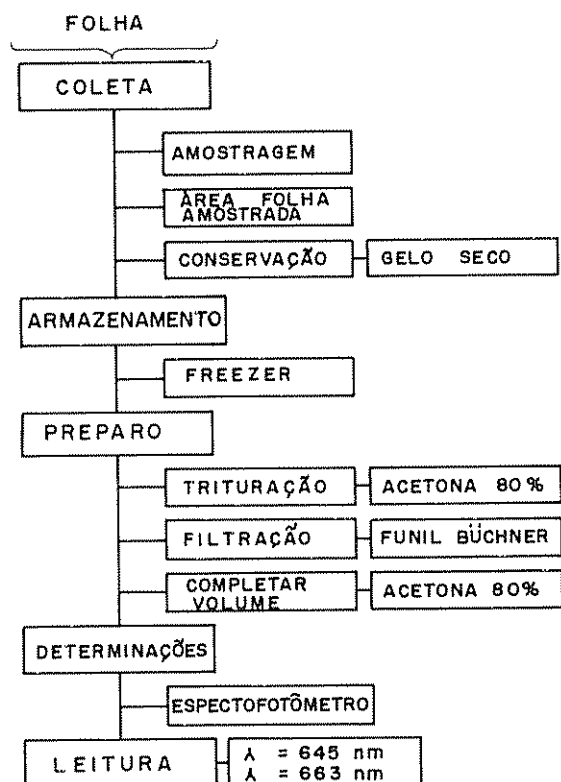


Fig 1 Diagrama das principais etapas da análise de clorofilas conforme procedimento adotado neste trabalho.

As análises de clorofilas foram realizadas pelos métodos propostos por Comar e Zscheile (4), Bruinsma (2) e Sesták *et al* (22), conforme mostrado na Fig 1, e constaram das seguintes etapas:

Coleta — A coleta de material foi efetuada em cinco estágios de desenvolvimento (R_2 a R_6). Cada amostra consistiu de cinco folíolos, um de cada planta, retirados ao acaso, dentro das duas fileiras da área útil da subparcela. Foi coletado o folíolo central da segunda folha completamente desenvolvida, a partir do ápice do caule. Antes de se destacar os folíolos da planta, tomou-se a medida da área foliar dos mesmos, desenhando-se os contornos de cada folíolo em papel. Em laboratório, estes desenhos foram recortados e suas áreas determinadas em um integrador de área foliar (modelo L 1 3 000), considerando-se a soma das mesmas como "área de folíolos amostrados (afa)".

Os folíolos foram destacados sem os peciólulos e imediatamente colocados em um saco preto de polietileno e armazenados em recipientes de isopor com gelo seco. Como o conteúdo de clorofilas nas folhas varia nas vinte e quatro horas do dia, (16) as coletas de folíolos para a análise de clorofilas foram efetuadas sistematicamente entre as 10 e as 13 horas, em dias claros e sem chuva.

Armazenamento e preparo de amostras — Como não era possível processar as amostras no mesmo dia da coleta, estas eram retiradas do recipiente de isopor e armazenadas em um freezer com temperatura média entre -18 e -21°C até o dia seguinte.

Os folíolos foram inicialmente cortados em pedaços e colocados em um frasco de vidro de boca larga, envolto em saco de polietileno preto. Na trituração utilizaram-se 60 ml de acetona e outros 30 ml para limpeza do triturador e do filtro. A trituração do material foi feita com um aparelho manual "BROWN MINIPIMER 2", por três minutos. Após, foi realizada a filtração, colocando-se o material triturado em um funil de "Büchner" ajustado a um kitasato. Este, também envolto em polietileno preto, e em um isopor com gelo comum, ligado a uma bomba de vácuo, recebia o filtrado. O resíduo do funil foi triturado uma segunda vez com 40 ml de acetona, por dois minutos. Mais 20 ml de acetona foram gastos para limpeza do triturador e do filtro.

Determinações — Utilizou-se um espectrofotômetro modelo "VARIAN TECNOTRON 634" e cubetas de 1 cm, e a leitura das absorvâncias feitas em dois comprimentos de onda, $\lambda = 645$ e 633 (2, 22).

A calibração do aparelho foi feita com acetona 80%, que também foi utilizada para diluir as amostras, obtendo-se um fator de diluição igual a 6.

Com o valor das absorvâncias (A), lidas no espectrofotômetro, foi feito o cálculo da concentração de clorofilas a, b, total e da relação clorofilas a/b, utilizando-se equações propostas por Bruinsma (2).

$$Ca_1 = (12.7A_{663} - 2.7A_{645}) \times fd = \text{mg} \cdot \ell^{-1}$$

$$Cb_1 = (22.9A_{645} - 4.7A_{663}) \times fd = \text{mg} \cdot \ell^{-1}$$

$$C_{tot1} = Ca_1 + Cb_1 = \text{mg} \cdot \ell^{-1}$$

$$\text{Relação clorofilas a/b} = Ca_1 / Cb_1$$

$$Ca_2 = (Ca_1 \times fc) / afa = \text{mg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$Cb_2 = (Cb_1 \times fc) / afa = \text{mg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

$$C_{tot2} = (Ca_2 + Cb_2) \text{ O } \text{mg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

onde: A – absorvância no comprimento de onda λ (645 ou 663); afa – área de folíolos amostrados, em cm^2 ; Ca_1 e Cb_1 clorofilas a e b em $\text{mg} \cdot \ell^{-1}$; Ca_2 e Cb_2 – clorofilas a e b em $\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2}$; C_{tot1} e C_{tot2} , clorofila total em $\text{mg} \cdot \ell^{-1}$ e $\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2}$, respectivamente; fc = fator de correção = 0.15, para transformar concentrações de clorofilas calculadas para 1 litro de extrato ($\text{mg} \cdot \ell^{-1}$) para as quantidades em mg em 150 ml de volume final de extrato utilizado; fd – fator de diluição das amostras.

No final do experimento foram colhidas e trilhadas as plantas da área útil da subparcela. Após a determinação da umidade de grãos em um medidor “Universal”, o peso destes foi uniformizado à umidade padrão de 13%.

RESULTADOS

Como não houve significância para os níveis de adubação, os resultados apresentados referem-se aos da média dos dois ensaios. Houve diferença para cultivares, estágios e para interação estágio e cultivar.

De um modo geral, Década e BR-1 apresentaram maior conteúdo de clorofila a (Tabela 1). Contudo, no estágio R_2 a BR-4 apresentou conteúdo superior às demais; em R_3 as maiores quantidades de clorofila a referem-se àquelas das cultivares BR-1 e Cobb. Cabe ressaltar que houve diferença entre cultivares em todos os estágios de desenvolvimento considerados. Tais diferenças foram, no entanto, mais acentuadas em R_3 (início de formação de legumes) e variaram de 5 a 62%, tendo sido menores em R_6 (máximo volume de grãos), situando-se no máximo em 13%. deve-se destacar o fato de as cultivares terem apresentado diferenças da ordem de 16% na média do experimento.

Dentre os estágios de desenvolvimento, R_4 e R_5 foram aqueles em que as cultivares apresentaram maiores conteúdos de clorofila a. Por outro lado, verificou-se que todas as cultivares apresentaram diferenças na quantidade de clorofila a entre os estágios de desenvolvimento.

Da observação da Tabela 2 verifica-se que houve diferença nos conteúdos de clorofila b entre cultivares dentro de estágios de desenvolvimento. Com relação aos resultados médios do experimento, não foram detectadas tais diferenças, apesar de as cultivares terem apresentado variações na quantidade de clorofila b da ordem de 20%.

Na análise de estágios para uma mesma cultivar, foram constatadas diferenças com relação à quantidade de clorofila b entre os estágios de desenvolvimento. De um modo geral, as cultivares apresentaram conteúdos mais altos de clorofila b em R_4 e R_5 . A análise dos resultados destes dois estágios permitiu constatar que em R_5 as diferenças nos conteúdos de clorofila b entre cultivares foram menores (17%), do que aqueles em R_4 , cujas diferenças atingiram 29% (Tabela 2).

A relação clorofilas a/b variou amplamente entre cultivares (Tabela 3). A análise de variância revelou diferença para a cultivar, estágio e para interação estágio e cultivar.

Os maiores valores dessa relação foram obtidos em R_3 e R_4 , nos quais as cultivares apresentaram variações de 29% e 22%, respectivamente. Excetuando-se Cobb, que apresentou o menor valor da relação clorofila a/b, as demais apresentaram valores semelhantes.

As quantidades de clorofila total (Tabela 4) variaram de acordo com a cultivar, o estágio de desenvolvimento e a interação estágio – cultivar. Desse modo, à exceção do estágio R_6 (máximo volume de grãos), no qual as cultivares apresentaram conteúdos semelhantes de clorofila total, nos demais foram observadas diferenças entre as cultivares. Além disso, as maiores variações entre cultivares ocorreram nos dois primeiros estágios, que foram 40 e 58% em R_2 e R_3 , respectivamente. Os valores médios encontrados demonstraram a superioridade das cultivares Década, BR-1 e BR-4, sendo que a média situou-se em $0.022 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}$ (Tabela 4).

No que se refere ao rendimento de grãos, os resultados obtidos mostraram que não houve diferença entre os dois ensaios. Os rendimentos foram de 3.062 e $3.157 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ nos ensaios com e sem adubação de manutenção, respectivamente. Considerando-se a média do experimento, a cultivar BR-4 foi a que apresentou maior rendimento (Fig. 2).

Tabela 2. Conteúdo de clorofila b (mg cm^{-2}), média dos dois ensaios, de cinco cultivares de soja por estágio de desenvolvimento. EEA/UFGRS, Guaíba, RS, 1984/85.

Cultivar	Estágios de desenvolvimento					Média
	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	
Década	c 0.003 B	b 0.004 B	a 0.007 A	a 0.006 A	b 0.005 B	0.005
Ivorá	b 0.004 AB	c 0.002 C	a 0.006 AB	a 0.005 AB	b 0.004 B	0.004
BR-4	b 0.005 A	c 0.003 C	a 0.006 AB	ab 0.006 AB	b 0.005 A	0.005
BR-1	c 0.004 AB	ab 0.005 AB	ab 0.005 B	a 0.006 A	a 0.005 A	0.005
Cobb	b 0.004 AB	a 0.006 A	ab 0.005 B	ab 0.005 B	ab 0.005 A	0.005
Média	0.004	0.004	0.006	0.006	0.005	

Médias antecedidas de mesma letra minúscula na linha e precedidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem pelo teste de DUNCAN ao nível de 5%

DISCUSSÃO

Em relação à clorofila a, observa-se que houve uma variabilidade expressiva entre cultivares, que apresentaram de média quantidades que oscilaram de 0.016 a 0.019 $\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2}$ (1.6 a 1.9 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-2}$) (Tabela 1). Os resultados referidos na literatura são muito variáveis. Ramanujam e Jos (18) encontraram em cultivares de mandioca quantidades de até 3.85 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-2}$.

A cultivar Década apresentou, de um modo geral, o maior conteúdo de clorofila a. Uma hipótese para interpretar essa superioridade da Década é que esta pode ter maior espessura de folhas ou maior número de cloroplastos por folha, aspectos intimamente rela-

cionados aos conteúdos de clorofila na folha (7) e à taxa fotossintética (14).

A menor variação da clorofila b observada entre cultivares e entre os estágios de desenvolvimento (Tabela 2) confirma a observação de que a clorofila b é mais estável do que a clorofila a (7).

As relações médias de clorofilas a/b observadas neste trabalho variaram entre 3.2 e 3.8 (Tabela 3). Resultados semelhantes foram encontrados em folhas de *Negundo*, *Acer negundo variegatum* Jacq. (10), e em cotilédones de rabanete (17). Tais valores confirmam, também, a observação de que a relação clorofilas a/b é normalmente superior a 1, freqüentemente maior do que tres e muitas vezes situa-se entre cinco e seis (13).

O conteúdo de clorofilas nas folhas depende do estágio de desenvolvimento da planta (Tabelas 1 e 4). Em geral, a quantidade de clorofilas tem um máximo em folhas completamente expandidas e decresce gradualmente até a senescência (6, 22, 27). Este fato também foi observado no presente trabalho, em relação à variação de clorofilas ao longo dos cinco estágios de desenvolvimento.

De um modo geral, as cultivares apresentaram de média quantidades máximas de clorofila a em R₄ e R₅ (Tabela 1), estágios caracterizados por uma grande demanda por fotoassimilados devido à presença simultânea de flores, legumes e grãos em diversas fases de desenvolvimento, o que eleva o nível da demanda que, para ser satisfeita, exige aumento da capacidade da fonte.

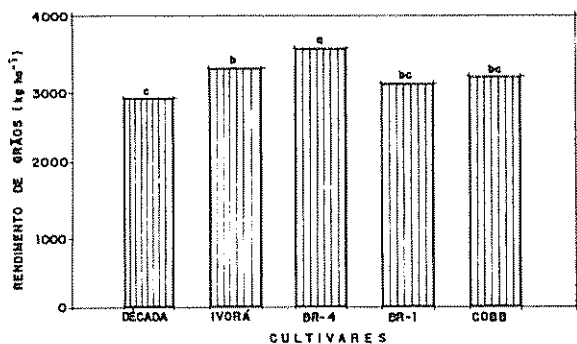


Fig. 2. Rendimento de grãos de cinco cultivares de soja, média dos ensaios com e sem adubação de manutenção. EEA/UFGRS, Guaíba, RS, 1984/85.

Tabela 3. Relação clorofilas a/b, média dos dois ensaios, de cinco cultivares de soja por estágio de desenvolvimento. EEA/UFRGS, Guaíba, RS, 1984/85.

Cultivar	Estágios de desenvolvimento					Média
	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	
Década	a 3.70 A	a 3.80 A	a 3.87 B	a 4.12 A	a 3.43 A	3.78
Ivorá	b 2.66 B	b 2.94 B	a 4.69 A	b 3.72 AB	a 3.69 AB	3.54
BR-4	a 3.66 A	a 4.13 A	a 3.43 A	a 3.67 AB	a 2.76 C	3.53
BR-1	a 3.48 A	a 4.12 A	a 3.67 A	a 3.47 B	a 3.11 ABC	3.57
Cobb	d 2.55 B	a 3.42 B	a 3.71 B	b 3.38 B	c 3.14 ABC	3.24
Média	3.21	3.68	3.87	3.67	3.23	

Médias antecedidas de mesma letra minúscula na linha e precedidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem pelo teste de DUNCAN ao nível de 5%

As maiores diferenças entre cultivares também foram observadas nesses estágios de desenvolvimento. Tal constatação sugere que as plantas podem ter vários períodos em que o conteúdo de clorofilas atinge valores máximos, de tal modo que isso deve estar associado a outros fatores internos e/ou externos a elas. Um desses fatores internos parece resultar do balanço entre a fonte e a demanda; a primeira é representada pelas folhas completamente expandidas e partes verdes da planta. Estas, no entanto, contribuem muito pouco para a fotossíntese e conseqüentemente como fonte (27). Por outro lado, a demanda é representada pelos pontos de crescimento vegetativo, número de flores, legumes, grãos, folhas em desenvolvimento e raízes.

Um fato importante é a coincidência observada entre os períodos máximos de conteúdos de clorofila e os de maior demanda da planta de soja. Assim, o estágio R₃ é caracterizado como o de início de formação de legumes. Isto é, quando as observações são feitas no caule como preconiza a metodologia da escala fenométrica. Contudo, nesse mesmo estágio, além de legumes, também podem ser observadas até 14 flores no caule (12), não incluindo aquelas nos ramos, que seriam em número ainda maior. Dall'Agnol (5) fez estudos com cinco cultivares de soja de hábito determinado e constatou 73% das flores nos ramos, sendo que as tardias desenvolveram maior número de flores do que as precoces. Marchezan & Costa (12) observaram, em três cultivares de soja, 54 a 65% de flores fixadas nos ramos.

No presente trabalho, chama-se a atenção para o fato de que a semeadura foi efetuada fora da época preferencial recomendada. A maior parte dos legumes das cultivares de hábito determinado é formada nos ramos, ao contrário das indeterminadas, que emitem poucos ramos, fazendo a compensação pela formação

de maior número de nós no caule e, conseqüentemente, formando maior número de legumes nesta parte da planta. Como o atraso na época de semeadura causa diminuição no número de ramos formados, é provável que isto tenha ocasionado maior redução no número de legumes das cultivares de hábito determinado, à exceção da Década, que é de hábito indeterminado. Como conseqüência, pode-se admitir que tenha havido uma diminuição na demanda por fotoassimilados naquelas cultivares, sendo mais alta na cultivar Década. Esta talvez seja uma das razões por que a Década apresentou maior conteúdo de clorofilas em relação às outras.

Das observações anteriores pode-se admitir que nos estágios R₃, R₄ e R₅, a taxa fotossintética é, provavelmente, aumentada e com ela os níveis de clorofila, de modo a prover a planta de fotoassimilados nesse período caracterizado por alta demanda. Até porque uma relação que vem sendo reconhecida por vários pesquisadores é de que a atividade da demanda pode ter influência na taxa de fotossíntese nas folhas (1).

As cultivares testadas tiveram de média teores de clorofila total entre 0.020 e 0.025 mg cm⁻² (2.0 a 2.5 mg dm⁻²), o que representou uma variação de até 20% (Tabela 4). Resultados semelhantes foram encontrados em estudos com folhas de *Nicotiana glauca* Hort (21) de soja (3) e de mandioca (18).

Um outro aspecto é que grande parte dessa variabilidade, no que se refere à clorofila total, é devida principalmente à clorofila a, na medida em que as cultivares foram muito semelhantes com relação à clorofila b.

Além dessas diferenças entre cultivares comentadas anteriormente, houve, também, diferenças com relação aos conteúdos médios de clorofila total de es-

Tabela 4. Conteúdo de clorofila total (mg cm^{-2}), média dos dois ensaios, de cinco cultivares de soja por estágio de desenvolvimento. EEA/UFRGS, Guaíba, RS, 1984/85.

Cultivar	Estágios de desenvolvimento					Média
	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	
Década	b 0.015 B	ab 0.021 B	a 0.034 A	a 0.032 A	ab 0.021	0.025
Ivorá	bc 0.014 B	c 0.011 C	a 0.029 B	ab 0.027 B	abc 0.020	0.020
BR-4	a 0.023 A	a 0.015 C	a 0.027 BC	a 0.026 B	a 0.023	0.023
BR-1	a 0.017 B	a 0.026 A	a 0.025 C	a 0.027 B	a 0.021	0.023
Cobb	a 0.015 B	a 0.026 A	a 0.024 C	a 0.022 C	a 0.019	0.021
Média	0.017	0.020	0.028	0.027	0.021	

Médias antecedidas de mesma letra minúscula na linha e precedidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem pelo teste de DUNCAN ao nível de 5%

tágios para uma mesma cultivar, como pode ser verificado pela significância da interação cultivar e estágio (Tabela 4)

As cultivares BR-1 e Década foram as que renderam menos (Fig. 1). No entanto, a Década apresentou, de maneira geral, variações significativas de clorofila total entre os estágios de desenvolvimento. Como resultado dessas variações, não houve correlação entre o conteúdo de clorofila e o rendimento de grãos. Chama-se a atenção para o fato de que os rendimentos de grãos de todas as cultivares foram elevados.

As cultivares testadas têm genealogias semelhantes. Assim, pode-se supor que se não fosse por isso, as diferenças observadas entre elas quanto ao conteúdo de clorofilas teriam sido, provavelmente, maiores. Para muitas espécies, inclusive para a soja maiores ganhos em produtividade e maior variabilidade podem ser alcançados. De certo modo, isto implicaria o emprego de genótipos com uma base genética mais ampla, nos programas de melhoramento de plantas. Baseado em resultados obtidos com soja, alguns autores (Buttery

e Buzzell (3) sugerem que a seleção inicial de progênies para alta taxa fotossintética poderia ser feita medindo-se o conteúdo de clorofila, desde que se empregue um método rápido de determinação. Então, ter-se-ia uma população reduzida, na qual a taxa fotossintética poderia ser medida com maior precisão.

CONCLUSÕES

- As cultivares comportaram-se de forma semelhante com relação aos conteúdos de clorofilas nas folhas e rendimento de grãos;
- não houve correlação entre os parâmetros estudados relativos à clorofila e ao rendimento de grãos;
- a clorofila b variou muito pouco entre cultivares e com os estágios de desenvolvimento quando comparada à clorofila a;
- os conteúdos de clorofila nas folhas variaram com os estágios de desenvolvimento das plantas, tendo sido maiores em R₃, R₄ e R₅.

LITERATURA CITADA

1. BEEVERS, H. Metabolic sinks. 1969. In *Physiological Aspects of Crop Yield*. Ed by J.F. Eastin; F.A. Haskins; C.Y. Sullivan; C.H.M. Van Bavel. Madison, Wisconsin, Crop Science Society of America. p. 169-184
2. BRUINSMA, J. 1963. The quantitative analysis of chlorophylls a and b in plant extracts. *Photochemistry and Photobiology* 2:241-249.
3. BUTTARY, B.R.; BUZZELL, R.I. 1977. The relationship between chlorophyll content and rate of photosynthesis in soybeans. *Canadian Journal of Plant Science* 57(1):1-5
4. COMAR, C.L.; ZSCHEILE, F.P. 1942. Analysis of plant extracts for chlorophylls a and b by a photoelectric spectrophotometric method. *Plant Physiology* 17:198-209

- 5 DALL'AGNOL, A. 1980. Flowering and fruiting pattern of five determinate soybean cultivars. Ph.D. Thesis. Gainesville, Florida, University of Florida. 89 p.
6. GAPONENKO, V.I.; STAZHETSKH, V. 1969. Change in the rate of photosynthesis and chlorophyll content in duck weed in connection with age and conditions of illumination. *Soviet Plant Physiology* 16(6):823-825
- 7 GRIFFITH, R.B.; VALLUAM, W.D.; JEFFREY, R.N. 1984. Chlorophyll and carotene content of eighteen tobacco varieties. *Plant Physiology* 19:689-693
8. HESKETH, J.D. 1963. Limitations to photosynthesis responsible for differences among species. *Crop Science* 3:493-496
9. JEFFREY, R.N.; GRIFFITH, R.B. 1947. Changes in chlorophyll and carotene contents of curing burley tobacco cut at different stages of maturity. *Plant Physiology* 22:34-41.
10. KUSHNIRENKO, M.D.; MEDVEDEVA, T.N. Influence of wilting on the pigment system and development of water-retaining forces of the leaves. *Soviet Plant Physiology* 16(3):440-444.
- 11 MACKINLEY, G. 1935. Development of the chlorophyll and carotenoid pigments in barley seedlings. *Plant Physiology* 10(2):365-373.
- 12 MARCHEZAN, E.; COSTA, J.A. 1983. Produção e fixação de flores e legumes, em três cultivares de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 18:129-136
13. MARGALEF, R. 1977. Production primaria. In *Ecologic*. Barcelona, España, Omega. 4 parte; Cap. 13 p. 435-472
14. McCLENDON, J.H. 1962. The relationship between the thickness of deciduous leaves and their maximum photosynthetic rate. *American Journal of Botany* 49:320-322
15. MIELNICZUK, J.; LUDWIG, A.; BOHNEN, H. 1969. Recomendações de adubo e calcário para os solos do Rio Grande do Sul. UFRGS, Porto Alegre, Bra., Faculdade de Agronomia. *Boletim Técnico* 2. 38 p.
16. PARSHINA, ZS.; NAZARENKO, S.D. 1969. Diurnal variation in plastid pigment content in wheat leaves. *Soviet Plant Physiology* 16(3):346-351
17. PETERS, J.A. 1975. Efeito da cinetina e da radiação gama sobre a síntese de clorofila e crescimento de cotilédones isolados de rabanete (*Raphanus sativus* L.) Tese Mestría Botânica São Paulo, Bra., Universidade de São Paulo.
18. RAMANUJAM, I.; JOS, J.S. 1984. Influence of light intensity on chlorophyll distribution and anatomical characters of cassava leaves. *Turrialba* 34(4): 467-471
19. ŠESTÁK, Z. 1963. Changes in the chlorophyll content as related to photosynthetic activity and age of leaves. *Photochemistry and Photobiology* 2:101-110.
20. ŠESTÁK, Z. 1966. Limitations for finding a linear relationship between chlorophyll content and photosynthetic activity. *Biologia Plantarum* 8(5):336-346
21. ŠESTÁK, Z.; CATSKÝ, J. 1962. Intensity of photosynthesis and chlorophyll content as related to leaf age in *Nicotiana glauca*. *Biologia Plantarum* 4(2):131-140
22. ŠESTÁK, Z.; CATSKÝ, J.; JARVIS, P.G. 1971. Determination of chlorophyll a and b. In *Photosynthetic Production: Manual of Methods*. Ed by N.V. Junk. The Hague. p. 672-701.
23. SHING, B.N.; LAL, K.N. Investigation of the effect of age on assimilation of leaves. *Annals of Botany* 49:291-307
24. SPRAGUE, H.B.; CURTIS, N. 1933. Chlorophyll content as an index of the productive capacity of selfed lines of corn and their hybrids. *Journal of the American Society of Agronomy* 25:709-724.
25. UNVIN, G.B. 1934. Chlorophyll production under various environmental conditions. *Plant Physiology* 9(1):59-81.
26. VERDUIN, J. 1959. Photosynthesis in conifers computed per unit leaf dry weight, volume, chlorophyll content and respiratory rate. *Ecology* 40(4):738.
27. WHIGHAM, D.K. 1983. Soybean. In *Symposium on Potential Productivity of Field Crops Under Different Environments*. International Rice Research Institute. p. 205-225.