

ACÚMULO DE MATÉRIA SECA EM SORGO GRANÍFERO¹

ÁLVARO BUENO²

RESUMO - Resultados da análise de crescimento em experimentos com sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L. Moench), que abrangeram uma certa amplitude de genótipos e condições ambientais, foram examinados desde o crescimento vegetativo até a maturação. A taxa média de crescimento relativo (\overline{TCR}) diminuiu nas fases vegetativa e de florescimento, aumentando durante o enchimento do grão. A taxa média líquida de assimilação (\overline{TLA}) foi influenciada pelos fatores externos que afetam a fotossíntese, e também por um processo interno de regulação que controla a quantidade de fotossintatos sintetizados. Quando a demanda foi alta, a fotossíntese e a \overline{TLA} apresentaram altos valores. Mas, em períodos de pouca utilização de energia, a fotossíntese e a \overline{TLA} foram baixas. Os valores da \overline{TLA} foram significativamente mais altos na densidade baixa, devido ao menor autossombreamento das folhas. O híbrido alto apresentou maiores valores da \overline{TLA} apenas durante a fase vegetativa. As variações na densidade e na altura dos híbridos causaram um maior impacto do que as variações nos espaçamentos, na taxa média de área foliar (\overline{TAF}). Condições que favoreceram altos valores da \overline{TAF} proporcionaram baixos valores da \overline{TLA} , devido a um maior autossombreamento das folhas e conseqüente baixa eficiência fotossintética. Ficou evidenciado que fotossintatos sintetizados antes do florescimento e armazenados no colmo, foram retranslocados para a panícula durante o período de crescimento do grão.

Termos para indexação: *Sorghum bicolor* L. Moench, análise de crescimento, fotossíntese, desenvolvimento vegetal.

DRY MATTER ACCUMULATION IN GRAIN SORGHUM

ABSTRACT - Results from growth analysis in grain sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) experiments, containing a certain range of genotypes and environmental conditions, were examined from early vegetative stages until completion of plant growth. The average relative growth rate (\overline{RGR}) decreased during vegetative and flowering phases and increased during the grain filling stage. The average net assimilation rate (\overline{NAR}) was influenced by external factors which affect the photosynthesis and also by an internal regulatory process that controls the quantity of photosynthesized material. When the demand was high, photosynthesis and \overline{NAR} were also high. But, during periods of low energy utilization both photosynthesis and \overline{NAR} showed low values. \overline{NAR} values were significantly higher at the low density due to less leaf shading. The tall hybrid presented higher \overline{NAR} values only during the vegetative phase. Variations in density and height of hybrids caused a greater impact than variations in spacings, in the average leaf area rate \overline{LAR} . Conditions that promoted high (\overline{LAR}) values were associated with low \overline{NAR} values due to more leaf shading and a consequent low photosynthetic efficiency. It was evident that materials photosynthesized before the flowering stage and stored in the stem were translocated again to the panicle during the period of grain development.

Index terms: *Sorghum bicolor* L. Moench, growth analysis, photosynthesis, plant development.

INTRODUÇÃO

A produtividade dos vegetais é medida através do peso por unidade de área das plantas inteiras, ou de suas partes específicas. Parece lógico, portanto, que se fundamente a análise da variação da produtivi-

dade nas mudanças de peso que ocorrem durante o período de crescimento de uma comunidade de plantas. A utilização de funções matemáticas, para explicar o acúmulo de matéria seca em vegetais, foi definida como "análise de crescimento" no início deste século (Blackman 1919). O mesmo autor, foi um dos primeiros a analisar o desenvolvimento das plantas em termos de mudanças de peso seco em relação ao tempo. Ele sugeriu que o aumento do peso seco poderia ser considerado análogo ao processo de juro composto contínuo, onde o incremento produzido em qualquer período seria adicionado ao capital, para crescimento em períodos subseqüentes. O peso seco

Aceito para publicação em 16 de abril de 1981.

¹ Parte da tese apresentada pelo autor na Iowa State University, USA, para obtenção do título de PhD.

² Eng^o Agr^o, MS., University of Missouri, Ph.D. da Iowa State University e professor visitante do Departamento de Fitotecnia da Escola de Agronomia da UFBA, CEP 44380 - Cruz das Almas, Bahia.

final de uma cultura dependeria do capital inicial (tamanho da semente ou plântula), taxa em que o material presente seria utilizado para produzir novo material (taxa de juro) e tempo durante o qual a cultura acumula matéria seca (ciclo da cultura). A taxa de crescimento é um componente fisiologicamente muito importante, pois é uma estimativa da eficiência das plantas em acumular matéria seca.

Como o aumento em peso seco pode ser atribuído, quase que exclusivamente, à fotossíntese, Briggs et al. (1920) sugeriram que o aumento do peso seco por unidade de área foliar deveria ser mais constante, no tempo, do que a taxa de crescimento.

A relação entre o crescimento e o acúmulo de matéria seca tem sido estudada em várias culturas. Wallace & Munger (1965, 1966) investigaram as diferenças fisiológicas entre vários tipos de feijão e encontraram diferenças genéticas, entre as variedades testadas, para área foliar, taxa de área foliar (TAF), taxa de crescimento relativo (TCR) e taxa líquida de assimilação (TLA), mas a produtividade somente apresentou correlação positiva com a área foliar e a TLA. Já Watson (1952), concluiu que as diferenças na TLA, entre variedades de trigo, foram inconsistentes e, estatisticamente, não significativas.

O crescimento de linhagens isogênicas de aveia, com conhecidas diferenças na produtividade, foi estudado por Brinkman & Frey (1977). Eles relataram que as linhagens de alta produtividade apresentaram longa duração da área foliar (DAF), alta TCR e alta taxa de crescimento da planta (TCP).

Goldsworthy & Colegrove (1974) e Goldsworthy et al. (1974) estudaram variedades tropicais de milho e concluíram que a TCP alcança seu máximo no florescimento e depois diminui continuamente. Eles também informaram que a taxa de crescimento do grão excedeu a taxa de crescimento da planta, durante o período de enchimento do grão, ao mesmo tempo em que o peso seco do colmo diminuiu consideravelmente. Isto levou-os a concluir que a matéria seca acumulada no colmo, antes do florescimento, foi retranslocada para o grão. É importante notar-se que a associação da diminuição do peso seco do colmo com o aumento do peso seco do grão não implica, necessariamente, na retranslocação do material armazenado para o grão. O colmo pode ficar mais leve pela perda da matéria seca pela respiração. Esta matéria seca poderia não ser recolocada, pois a produção de fotossintatos estaria sendo dirigida, preferencialmente, para o grão. Mas, Adelana & Milbourn (1972) relataram que pode ocorrer até 48% de perda

em peso seco, durante o enchimento do grão de milho, e concluíram que esta perda é muito acentuada para ser atribuída, exclusivamente, à respiração.

Alguns trabalhos com sorgo granífero suportam a idéia de que fotossintatos acumulados antes do florescimento podem ser retranslocados para o grão. Fisher & Wilson (1975) informaram que o peso seco do colmo aumenta até o florescimento e diminui durante o período de enchimento do grão. Eles concluíram que parte desta perda de matéria seca do colmo representa transferência para o grão, pois a taxa de crescimento do grão foi maior do que a TCP, durante aquele período. Warsi & Wright (1973) e Jacques et al. (1975) obtiveram resultados semelhantes. Mas, Krishnamurthy et al. (1973) e Roy & Wright (1973) concluíram que, em sorgo, não se verifica a retranslocação de fotossintatos do colmo para o grão, pois eles não detectaram mudanças no peso seco do colmo após o florescimento. Krishnamurthy et al. (1973) sugeriram que as variedades de sorgo de alta produtividade deviam esta característica à alta eficiência fotossintética e à longa DAF.

O presente trabalho apresenta resultados da análise de crescimento em experimentos com sorgo granífero, que cobriram uma certa amplitude de material genético e condições ambientais. Os parâmetros de crescimento foram estimados desde os primeiros estágios do desenvolvimento vegetativo até o término do crescimento das plantas. Julgamos que as inter-relações entre os diversos parâmetros de crescimento estudados, são de grande valia para um melhor entendimento do efeito das causas genéticas e ambientais no desenvolvimento da planta de sorgo.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados apresentados neste trabalho foram obtidos em experimentos conduzidos na Estação Experimental da Iowa State University, Ames, Iowa, USA.

O Experimento 1 foi plantado em 1977, e o delineamento experimental usado foi o de parcelas subdivididas. Os espaçamentos entre os sulcos foram os tratamentos principais, e uma combinação fatorial 2 x 2 de híbridos (alto e baixo) e densidades de plantio (alta e baixa) foram os subtratamentos. Os espaçamentos entre os sulcos foram de 0,51, 0,76 e 1,02 m, e as densidades de plantio foram de 128.490 plantas/ha e 256.980 plantas/ha, respectivamente. Os genótipos testados foram dois híbridos quase isogênicos: A, Combine Kafir 60 x Tx 7078 (híbrido alto) e A,Tx 616 x Tx 7078 (híbrido baixo). Geneticamente, os dois híbridos são quase isogênicos, com a diferença de que o híbrido alto é homozigoto dominante para o locus 2 ($DW_1 DW_1$) e homozigoto recessivo para os outros

genes que controlam a altura da planta, enquanto que o híbrido baixo é heterozigoto para o locus 2 (DW₂ dw₂) e homozigoto recessivo para os genes que controlam a altura (Quinby & Karper 1954). As unidades experimentais (parcelas) consistiram de três sulcos de 6,10 m de comprimento, e cada parcela foi repetida três vezes.

A área foliar e o peso seco foram medidos no Experimento 1, desde os primeiros estágios do desenvolvimento vegetativo até a maturação das plantas. Iniciando aos 30 dias após o plantio, e continuando a cada dez dias seguintes até 70 dias após o plantio, dez plantas consecutivas em cada parcela foram arrancadas do solo e as raízes eliminadas. Apenas cinco plantas por parcela foram retiradas aos 80, 90 e 100 dias. Somente plantas normais e competitivas fizeram parte das amostragens. As plantas de cada amostra foram divididas em suas partes constituintes (folhas, colmos e panículas). As folhas foram envolvidas em papel-toalha umedecido, colocadas em caixas de isopor e transportadas para uma câmara fria (4,5°C), para evitar a murcha. As áreas das folhas foram medidas com um medidor de área portátil LICOR MODEL LI 3000. O peso seco das partes constituintes foi determinado após a secagem a 60°C.

O Experimento 2 foi plantado em 1978. Os tratamentos foram de híbridos comerciais que já tinham sido testados, anteriormente, em Iowa. Este grupo de híbridos representa a amplitude existente em híbridos comerciais, para as características agrônomicas e diversidades de progenitores masculinos e femininos. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com três repetições. O espaçamento foi de 1,02 m entre sulcos, e a densidade do plantio foi de 128.490 plantas/ha. As parcelas foram sulcos simples de 4,30 m de comprimento, sendo que as amostras de dez plantas por parcela foram retiradas aos 40, 60 80 e 100 dias após o plantio. As áreas foliares e os pesos secos foram obtidos da mesma maneira que o Experimento 1.

A área foliar e o peso seco foram utilizados para calcular os seguintes parâmetros de crescimento, usando-se as fórmulas derivadas por Radford (1967):

\overline{TCR} , taxa média de crescimento relativo, ou seja, o aumento médio de matéria seca por unidade de matéria seca presente, por unidade de tempo.

$$= (\log_e W_{t_{n+1}} - \log_e W_{t_n}) / (t_{n+1} - t_n), \text{ expresso como } g/R/\text{dia.}$$

\overline{TLA} , taxa média líquida de assimilação, ou seja, o aumento médio de peso seco por unidade de área foliar, por unidade de tempo.

$$= [(W_{t_{n+1}} - W_{t_n}) / (A_{t_{n+1}} - A_{t_n})] / [(\log_e A_{t_{n+1}} - \log_e A_{t_n}) / (t_{n+1} - t_n)], \text{ expresso como } g/\text{dm}^2/\text{dia.}$$

\overline{TAF} , taxa média de área foliar, ou seja, a quantidade média de área foliar por unidade de peso seco total.

$$= \frac{1}{2} (A_{t_n} / W_{t_n} + A_{t_{n+1}} / W_{t_{n+1}}), \text{ expresso como } \text{dm}^2/\text{g.}$$

\overline{TPC} , taxa média de peso do colmo, ou seja, a relação média existente entre o peso seco do colmo e o peso seco total da planta.

$$= \frac{1}{2} (SW_{t_n} / W_{t_n} + SW_{t_{n+1}} / W_{t_{n+1}}).$$

IAF, índice de área foliar, ou seja, a relação existente entre a área foliar e a área do solo.

$$= A_{t_n} / \text{área do solo.}$$

Onde:

W = peso seco total das plantas por m²

A = área foliar (dm²)

SW = peso seco do colmo por m²

t = tempo em dias

n = número de amostras, n = 1, 2, ... 8.

RESULTADOS, DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Os períodos de amostragem e os estágios de desenvolvimento, utilizados para o cálculo dos parâmetros de crescimento, são apresentados na Tabela 1.

Os resultados obtidos no Experimento 1 permitiram concluir que a taxa média de crescimento da planta \overline{TCP} apresentou altos valores durante a fase vegetativa, diminuiu durante o florescimento e início da fase de enchimento do grão, e aumentou novamente durante a fase ativa de enchimento do grão. Observou-se, também, que as variações nos espaçamentos, densidades e na estrutura alélica do locus 2 afetaram significativamente a \overline{TCP} , durante a fase vegetativa, mas não apresentaram efeitos significativos na fase de enchimento do grão (Bueno & Atkins 1980). Os resultados do Experimento 2 consubstanciaram estas conclusões, pois os diversos híbridos testados apresentaram altos valores da \overline{TCP} na fase vegetativa, houve uma diminuição durante o florescimento e a taxa aumentou, novamente, durante o período de enchimento do grão (Bueno & Atkins 1980).

A taxa média de crescimento relativo (\overline{TCR}) no Experimento 1 diminuiu continuamente do Período 1 ao 4, apresentou os menores valores nos períodos 5 e 6 e aumentou no Período 7 (Tabela 2). A \overline{TCR} é uma estimativa da eficiência da planta em acumular

matéria seca. Portanto, nestes híbridos, cada unidade adicional de matéria seca produzida, durante as fases vegetativa e de florescimento, foi menos eficiente do que a unidade produzida anteriormente no acúmulo de matéria seca. A eficiência na produção de maté-

ria seca, durante o período de florescimento, foi extremamente baixa, provavelmente porque a maior quantidade de energia disponível, naquele período, foi utilizada preferencialmente no processo de fertilização. Ambos os híbridos foram igualmente eficientes na produção de matéria seca, nos três espaçamentos estudados, pois diferenças significativas na \overline{TCR} não foram detectadas em nenhum dos períodos de amostragem (Tabela 2). A \overline{TCR} foi significativamente mais alta na densidade baixa, apenas nos Períodos 3 e 7 (Tabela 2). Diferenças na \overline{TCR} , entre os dois híbridos, não foram significativas em nenhum período de amostragem (Tabela 2), o que indica que a estrutura alélica do locus 2 não influencia, significativamente, a eficiência do acúmulo de matéria seca.

A eficiência dos híbridos contrastantes, em produzir matéria seca, diminuiu com o tempo, mas diferenças significativas não foram detectadas em nenhum dos períodos de amostragem (Tabela 3), o que indica que todos os híbridos estudados foram igualmente eficientes no acúmulo de matéria seca.

As variações na taxa média líquida de assimilação (\overline{TLA}), no Experimento 1, não mostraram nenhuma tendência definida durante todo o ciclo de desenvolvimento das plantas (Tabela 4). Os maiores valores da \overline{TLA} foram observados no Período 1, diminuíram no Período 2, aumentaram um pouco nos Períodos 3 e 4, declinaram consideravelmente nos Pe-

TABELA 1. Períodos de amostragem e estágios de desenvolvimento para o cálculo das funções de crescimento.

Nº da amostr.	Dias após plantio	Período amostr.	Estágio de desenvolvimento
Experimento 1			
1	30	1	Vegetativo
2	40	2	
3	50	3	
4	60	4	Florescimento
5	70	5	
6	80	6	Enchimento do grão
7	90	7	
8	100		
Experimento 2			
1	40	1	Vegetativo
2	60	2	Florescimento
3	80	3	Enchimento do grão
4	100		

TABELA 2. Efeitos e níveis de significância dos espaçamentos, densidades e altura da planta (híbridos) na \overline{TCR} (g/g/dia) do Experimento 1, 1977.

Tratamentos	Períodos de amostragem						
	1	2	3	4	5	6	7
Espaçamentos							
0,51 m	0,147	0,076	0,053	0,034	0,022	0,004	0,017
0,76 m	0,140	0,077	0,059	0,041	0,009	0,002	0,026
1,02 m	0,152	0,078	0,053	0,051	0,011	0,006	0,022
Significância ^a	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Densidades							
baixa	0,151	0,078	0,062	0,038	0,009	0,002	0,026
alta	0,142	0,076	0,048	0,045	0,018	0,005	0,017
Significância	NS	NS	*	NS	NS	NS	*
Híbridos							
baixo	0,143	0,079	0,051	0,042	0,013	0,007	0,022
alto	0,149	0,075	0,059	0,042	0,015	0,001	0,021
Significância	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

^a *. Significativo ao nível de 5% de probabilidade; NS = Não-significativo.

períodos 5 e 6 e aumentaram substancialmente no Período 7. Sabe-se que os valores da \overline{TLA} são influenciados pelos fatores que afetam a fotossíntese e a respiração (Watson 1952). Portanto, as variações observadas na \overline{TLA} , no Experimento 1, podem ter sido influenciadas por variações na intensidade e/ou utilização da energia luminosa, temperatura e deficiências hídricas que, porventura, tenham ocorrido durante o ciclo vegetativo.

Por outro lado, é possível também especular-se que as variações na \overline{TLA} , ocorridas no Experimento 1, estejam associadas à relação fonte-reservatório, nestes híbridos. Durante a maior parte do período vegetativo, os valores da \overline{TLA} foram altos, isto porque existia uma grande demanda de fotossintatos, pois este é um período de crescimento ativo das folhas e do colmo. O primeiro declínio da \overline{TLA} (Período 1 para o 2) pode ser explicado por um rápido aumento do índice de área foliar (IAF), que ocorreu naquele período (Tabela 8). O sombreamento das folhas inferiores pode ter contribuído para a diminuição da \overline{TLA} . Do Período 2 até o florescimento, a área foliar permaneceu constante, o mesmo acontecendo com a \overline{TLA} . No florescimento e início de enchimento do grão, a \overline{TLA} diminuiu consideravelmente, mas este declínio não pode ser atribuído ao aumento da área foliar, pois não houve aumento do IAF naquele período (Tabela 8). Durante o florescimento e início de enchimento do grão, o crescimento do colmo estava terminado (Tabela 9) e o crescimento do grão estava apenas iniciando. Portanto, a demanda de

fotossintatos foi relativamente baixa naquele período e, em consequência, a \overline{TLA} atingiu os menores valores. Durante o período ativo de enchimento do grão, a demanda de fotossintatos aumentou consideravelmente, o mesmo acontecendo com a \overline{TLA} . Este aumento não pode ser atribuído, totalmente, à diminuição da área foliar, pois a mesma diminuiu pouco (Tabela 8) e a \overline{TLA} aumentou bastante (Tabela 4). Estes eventos levam-nos a suspeitar que a demanda de fotossintatos (tamanho ou potência do reservatório) controla a quantidade de açúcares que a planta é capaz de sintetizar em qualquer estágio de desenvolvimento. Quando a demanda é alta, a fotossíntese também é alta e, portanto, a \overline{TLA} será alta. Por outro lado, em períodos de pouca utilização de fotossintatos, a fotossíntese é baixa e a \overline{TLA} também é baixa.

Diferenças significativas na \overline{TLA} , entre os espaçamentos estudados, não foram detectadas em nenhum dos períodos de amostragem (Tabela 4). Esperava-se que os valores da \overline{TLA} fossem mais altos nos espaçamentos menores, pois nestes a distribuição das plantas foi mais uniforme e o potencial da fotossíntese deveria ser maior. Mas, isto não aconteceu, pois valores similares da \overline{TLA} foram observados em todos os espaçamentos. Uma possível explicação seria que as plantas de sorgo, especialmente as dos genótipos baixos, possuem suas folhas muito próximas e orientadas de maneira a não explorar toda a energia luminosa existente. Portanto, parece que em todos os espaçamentos a fotossíntese ocorreu, primordialmente, nas folhas superiores, as quais estavam completamente expostas à luz em todos os espaçamentos estudados. Outra explicação seria que as densidades de plantio usadas não foram suficientemente altas para discriminar os possíveis efeitos dos espaçamentos.

Diferenças significativas na \overline{TLA} , entre as densidades estudadas, foram detectadas nos Períodos 1, 3 e 7, a densidade baixa apresentando os maiores valores (Tabela 4). O menor autossombreamento das folhas na densidade baixa poderia ter sido a causa dos altos valores da \overline{TLA} .

Durante a fase vegetativa, o híbrido alto apresentou maiores valores para a \overline{TLA} do que o híbrido baixo, mas diferenças significativas foram observadas apenas nos Períodos 1 e 3. A \overline{TLA} foi semelhante para os dois híbridos, durante a fase de enchimento do grão (Tabela 4). A condição de dominância homozigota ($DW_1 DW_1$) no locus 2, pode ter resultado em efeitos significativos na \overline{TLA} durante a fase vegetativa, devido a uma combinação dos seguintes

TABELA 3. Taxa média de crescimento relativo (g/g/dia) em três períodos de amostragem para os dez híbridos do Experimento 2, 1978.

Híbridos	Períodos de amostragem		
	1	2	3
NB 505	0,071	0,019	0,017
RS 506	0,064	0,021	0,014
RS 610	0,071	0,020	0,022
RS 628	0,077	0,023	0,009
RS 633	0,073	0,025	0,022
TX 680	0,077	0,029	0,016
RS 690	0,062	0,029	0,014
KS 692	0,075	0,025	0,016
W 832	0,075	0,026	0,015
W 866	0,066	0,030	0,021
LSD 0,05	NS	NS	NS

TABELA 4. Efeitos e níveis de significância dos espaçamentos, densidades e altura da planta (híbridos) na TLA (g/dm²/dia) do Experimento 1, 1977.

Tratamentos	Períodos de amostragem						
	1	2	3	4	5	6	7
Espaçamentos							
0,51 m	0,093	0,062	0,066	0,065	0,057	0,008	0,058
0,76 m	0,089	0,061	0,072	0,083	0,023	0,002	0,087
1,02 m	0,091	0,059	0,065	0,097	0,028	0,016	0,072
Significância ^a	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Densidades							
baixa	0,098	0,064	0,081	0,082	0,026	0,006	0,092
alta	0,084	0,057	0,055	0,081	0,045	0,011	0,050
Significância	**	NS	**	NS	NS	NS	**
Híbridos							
baixo	0,087	0,060	0,061	0,078	0,031	0,018	0,074
alto	0,096	0,061	0,075	0,086	0,040	0,000	0,072
Significância	*	NS	*	NS	NS	NS	NS

* *, ** Significativo aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; NS = Não-significativo.

fatores: maior área foliar (Tabela 8), melhor distribuição das folhas nas plantas e maior eficiência fotossintética. Por outro lado, no período de enchimento do grão, o híbrido alto ainda conservou maior área foliar (Tabela 8); no entanto, o híbrido baixo apresentou valores de TLA similares aos do híbrido alto (Tabela 4); a capacidade fotossintética do híbrido baixo deve ter aumentado consideravelmente durante a fase de enchimento do grão. Estas relações expostas ilustram a variabilidade e a complexidade dos processos metabólicos da planta, antes da produção final ser atingida.

As variações na TLA, entre os híbridos contrastantes do Experimento 2 (Tabela 5), foram similares às variações da TCP entre os mesmos híbridos (Bueno & Atkins 1980). Os maiores valores da TLA foram obtidos durante a fase vegetativa, para todos os híbridos, com apenas uma exceção. Depois, durante a fase do florescimento, os valores da TLA decresceram. Novamente, com exceção de um híbrido, os valores da TLA aumentaram durante a fase de enchimento do grão. Estes resultados são bastante semelhantes aos do Experimento 1 (Tabela 4).

A quantidade de área foliar por unidade de matéria seca total (TAF) diminuiu com o tempo no Experimento 1 (Tabela 6). Este comportamento não surpreende, pois o aumento da área foliar cessou no Período 2 (Tabela 8), mas a quantidade de matéria

seca acumulada continuou aumentando até o Período 7. As variações da TAF, durante a fase do crescimento vegetativo (Tabela 6), foram semelhantes às variações da TCR, durante o mesmo período (Tabela 2). No entanto, durante a fase de enchimento do grão, as variações entre os dois parâmetros foram diferentes, pois a TCR aumentou consideravelmente no Período 7 (Tabela 2), enquanto que a TAF continuou diminuindo (Tabela 6). As variações da

TABELA 5. Taxa média líquida de assimilação (g/dm²/dia) em três períodos de amostragem para os dez híbridos do Experimento 2, 1978.

Híbridos	Períodos de amostragem		
	1	2	3
NB 505	0,081	0,041	0,055
RS 506	0,074	0,033	0,059
RS 610	0,078	0,037	0,072
RS 628	0,072	0,034	0,022
RS 633	0,071	0,036	0,063
TX 680	0,084	0,031	0,050
RS 690	0,059	0,033	0,045
KS 692	0,074	0,042	0,047
W 832	0,070	0,036	0,040
W 866	0,068	0,039	0,072
LSD 0,05	NS	NS	NS

\overline{TLA} , durante o florescimento e enchimento do grão (Tabela 4), foram semelhantes às variações da \overline{TCR} (Tabela 2). Considerando-se estas variações conjuntamente, pode-se concluir que as variações da \overline{TCR} no Experimento 1 podem ser atribuídas, primordialmente, às variações da \overline{TLA} e, secundariamente, às variações da \overline{TAF} , especialmente durante o florescimento e enchimento do grão. Como a \overline{TCP} e a \overline{TCR} variaram similarmente neste experimento, pode-se sugerir que o acúmulo de matéria seca (\overline{TCP}) foi controlado pelas variações da \overline{TLA} , principalmente após o término da fase vegetativa.

Diferenças significativas na \overline{TAF} , entre os espaçamentos, foram observadas apenas nos Períodos 2 e 3. A taxa de área foliar foi maior no espaçamento de 1,02 m entre os sulcos, seguindo-se os espaçamentos de 0,76 e 0,51 m (Tabela 6). Concluiu-se, então, que as plantas cultivadas nos espaçamentos maiores foram relativamente mais eficientes na formação das folhas.

As plantas cultivadas na densidade alta apresentaram valores da \overline{TAF} significativamente maiores, em todos os períodos de amostragem (Tabela 6). Como houve maior área foliar por unidade de matéria seca na densidade alta, seria lógico que a fotossíntese fosse ocorrer em taxa mais alta nesta densidade. Os valores da \overline{TLA} , no entanto, mostraram exatamente o contrário (Tabela 4). Isto pode ser explicado pelo fato de que o aumento da área foliar na densidade alta gerou um aumento do sombreamento das folhas inferiores; portanto, estas folhas não con-

tribuíram significativamente para a quantidade total de fotossintatos produzidos, mas as áreas destas folhas foram levadas em consideração para o cálculo da \overline{TLA} . Isto significa que o aumento em fotossíntese não foi proporcional ao aumento em área foliar.

As diferenças na \overline{TAF} , entre os dois híbridos estudados no Experimento 1, foram significativas em todos os períodos de amostragem (Tabela 6). O híbrido baixo produziu mais área foliar por unidade de matéria seca de que o híbrido alto. Mas os valores da \overline{TLA} foram, geralmente, menores para o híbrido baixo (Tabela 4). A explicação para isto é que a diferença de altura entre os híbridos é devida aos entrenós menores no híbrido baixo (Bueno 1979); isto faz com que as folhas deste híbrido fiquem mais aproximadas do que as das plantas altas. Este adensamento das folhas pode contribuir para um maior sombreamento das folhas inferiores do híbrido baixo, com conseqüente perda de eficiência no uso da energia luminosa e menor fotossíntese.

As variações da \overline{TAF} , entre os híbridos contrastantes do Experimento 2 (Tabela 7), foram similares àquelas da \overline{TCR} , entre os mesmos híbridos (Tabela 3). Os valores da \overline{TAF} diminuíram do Período 1 ao Período 3, para todos os híbridos. Diferenças significativas na \overline{TAF} , entre os híbridos, foram observadas em todos os períodos de amostragem (Tabela 7). Ao que parece, as variações da \overline{TCR} , neste grupo híbrido, foram dependentes tanto da variabilidade da \overline{TAF} como da variabilidade da \overline{TLA} .

TABELA 6. Efeitos e níveis de significância dos espaçamentos, densidades e altura da planta (híbridos) na \overline{TAF} (dm^2/g) do Experimento 1, 1977.

Tratamentos	Períodos de amostragem						
	1	2	3	4	5	6	7
Espaçamentos							
0,51 m	1,635	1,271	0,849	0,534	0,397	0,348	0,304
0,76 m	1,597	1,311	0,872	0,524	0,389	0,357	0,303
1,02 m	1,724	1,354	0,907	0,543	0,397	0,357	0,304
Significância ^a	NS	*	*	NS	NS	NS	NS
Densidades							
baixa	1,578	1,257	0,820	0,485	0,370	0,339	0,287
alta	1,726	1,367	0,932	0,583	0,419	0,369	0,321
Significância	**	**	**	**	**	**	**
Híbridos							
baixo	1,688	1,349	0,899	0,558	0,416	0,372	0,312
alto	1,616	1,275	0,853	0,509	0,372	0,336	0,296
Significância	*	**	**	**	**	**	**

^a *, ** Significativo aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; NS = Não-significativo.

A contribuição do peso do colmo, em relação ao peso total (TPC) no Experimento 1, aumentou do Período 1 ao Período 5 e diminuiu posteriormente (Tabela 9). No Período 7, os valores da TPC foram cerca de 50% dos valores encontrados no Período 5. Esta diminuição parece-nos muito acentuada para ser atribuída, apenas, a perdas por respiração. Deve-se notar, também, que a diminuição da TPC ocorria ao mesmo tempo em que o crescimento do grão

aumentava rapidamente (Bueno 1979). Conclui-se, então, que fotossintatos sintetizados antes do período de enchimento do grão e armazenados no colmo, foram retranslocados para a panícula durante a fase de enchimento do grão. É provável que a fotossíntese, durante este período de crescimento rápido do grão, não seja, por si só, capaz de produzir fotossintatos suficientes para o completo enchimento de todos os grãos diferenciados. Estas conclusões são reforçadas pelos resultados obtidos por Goldsworthy & Colegrove (1974) e Goldsworthy et al. (1974), Adelana & Milbourn (1972), Fisher & Wilson (1975), Warsi & Wrigth (1973) e Jacques et al. (1975); mas, Krishnamurthy et al. (1973) e Roy & Wright (1973) discordaram destas assertivas, pois nos seus trabalhos eles não verificaram retranslocação para a panícula de fotossintatos previamente sintetizados. As diferenças na TPC, entre os espaçamentos estudados, não foram significativas em nenhum dos períodos de amostragem (Tabela 9). Mas, diferenças significativas na TPC, entre as densidades, foram detectadas nos Períodos 3 e 4, os maiores valores aparecendo, normalmente, na densidade baixa. Aparentemente, mais fotossintatos foram deslocados na densidade baixa do que na alta, para o crescimento do colmo. As diferenças na TPC, entre os híbridos, foram altamente significativas, o híbrido alto apresentando os maiores valores em todos os períodos de amostragem (Tabela 9). O au-

TABELA 7. Taxa média de área foliar (dm^2/g) em três períodos de amostragem para os dez híbridos do Experimento 2, 1978.

Híbridos	Períodos de amostragem		
	1	2	3
NB 505	0,792	0,487	0,270
RS 506	0,942	0,475	0,232
RS 610	1,015	0,548	0,327
RS 628	1,122	0,703	0,402
RS 633	1,138	0,632	0,373
TX 680	1,015	0,585	0,338
RS 690	1,115	0,668	0,392
KS 692	1,107	0,613	0,322
W 832	1,143	0,698	0,400
W 866	1,032	0,598	0,333
LSD	0,01	0,095	0,055

TABELA 8. Efeitos e níveis de significância dos espaçamentos, densidades e altura da planta (híbridos) no índice de área foliar (IAF), em cada período de amostragem do Experimento 1, 1977.

Tratamentos	Dia após o plantio							
	30	40	50	60	70	80	90	100
Espaçamentos								
0,51 m	0,68	2,38	3,67	3,63	3,68	3,55	3,64	3,32
0,76 m	0,72	2,62	4,15	4,31	4,16	4,09	3,91	3,83
1,02 m	0,57	2,11	3,40	3,33	3,51	3,40	3,41	3,24
Significância ^a	NS	**	**	*	**	**	*	*
Densidades								
baixa	0,49	1,86	2,95	3,01	2,95	2,85	2,80	2,69
alta	0,83	2,88	4,53	4,51	4,63	4,51	4,52	4,21
Significância	**	**	**	**	**	**	**	**
Híbridos								
baixo	0,63	2,27	3,54	3,56	3,60	3,47	3,50	3,26
alto	0,68	2,47	3,94	3,96	3,97	3,89	3,81	3,64
Significância	NS	**	**	**	**	**	**	**

* * * Significativo aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; NS = Não-significativo.

TABELA 9. Efeitos e níveis de significância dos espaçamentos, densidades e altura da planta (híbridos) na TPC do Experimento 1, 1977.

Tratamentos	Períodos de amostragem						
	1	2	3	4	5	6	7
Espaçamentos							
0,51 m	0,396	0,439	0,487	0,534	0,586	0,494	0,322
0,76 m	0,414	0,448	0,498	0,567	0,607	0,495	0,328
1,02 m	0,396	0,439	0,487	0,555	0,595	0,485	0,325
Significância ^a	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Densidades							
baixa	0,403	0,448	0,497	0,563	0,600	0,487	0,321
alta	0,400	0,436	0,485	0,542	0,592	0,496	0,329
Significância	NS	NS	*	*	NS	NS	NS
Híbridos							
baixo	0,383	0,423	0,466	0,519	0,561	0,441	0,282
alto	0,421	0,461	0,516	0,585	0,631	0,542	0,369
Significância	**	**	**	**	**	**	**

^a *, ** Significativo aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; NS = Não-significativo.

mento no tamanho do entrenó do híbrido alto promoveu um maior acúmulo de matéria seca no colmo, provavelmente por causa de aumento do volume do entrenó, uma vez que o número de entrenós foi similar em ambos os híbridos (Bueno 1979).

REFERÊNCIAS

- ADELANA, B.O. & MILBOURN, G.M. The growth of maize. II. Dry matter partition in three maize hybrids. *J. Agric. Sci., Camb.* 78:73-8, 1972.
- BLACKMAN, V.H. The compound interest law and plant growth. *Ann. Bot.*, 33:353-60, 1919.
- BRIGGS, G.E.; KIDD, F. & WEST, C. A quantitative analysis of plant growth. Part II. *Ann. Appl. Biol.*, 7:202-20, 1920.
- BRINKMAN, M.A. & FREY, K.J. Growth analysis isolate - recurrent parent grain yield differences in oats. *Crop Sci.*, 17:426-30, 1977.
- BUENO, A. Leaf area estimation, growth analysis and yield evaluation in grain sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). Iowa State University Library, 1979. 241p. Tese.
- BUENO, A. & ATKINS, R.E. Growth analysis of grain sorghum hybrids. 1980. Prelo.
- FISHER, K.S. & WILSON, G.L. Studies of grain production in *Sorghum bicolor* (L. Moench). III. The relative importance of assimilate supply, grain growth capacity and transport system. *Aust. J. Agric. Res.*, 26:11-23, 1975.
- GOLDSWORTHY, P.F. & COLEGROVE, M. Growth and yield of highland maize in Mexico. *J. Agric. Sci., Camb.* 83:213-21, 1974.
- GOLDSWORTHY, P.Q.; PALMER, A.F.E. & STERLING, D.W. Growth and yield of lowland tropical maize in Mexico. *J. Agric. Sci., Camb.* 83:223-30, 1974.
- JACQUES, G.L.; VANDERLIP, R.L. & WHITNEY, D.A. Growth and nutrient accumulation and distribution in grain sorghum. I. Dry matter production and Ca and Mg uptake and distribution. *Agron. J.*, 67:607-11, 1975.
- KRISHNAMURTHY, K.; RAJASHEKARA, B.G. JAGAMATH, M.K.; GOWDA, A.B.; RAGHUNATHA, G. & VENUGOPAL, N. Photosynthetic efficiency of sorghum genotypes after head emergence. *Agron. J.*, 65:858-60, 1973.
- QUINBY, J.R. & KARPER, R.E. Inheritance of height in sorghum. *Agron. J.*, 46:211-6, 1954.
- RADFORD, P.J. Growth analysis formulae. Their use and abuse. *Crop Sci.*, 7:171-5, 1967.
- ROY, R.N. & WRIGHT, W.C. Sorghum growth and nutrient uptake in relation to soil fertility. I. Dry matter accumulation patterns, yield, and N content of grain. *Agron. J.*, 65:709-11, 1973.
- WALLACE, D.H. & MUNGER, H.M. Studies of the physiological basis for yield differences. I: Growth analysis of six dry bean varieties. *Crop Sci.*, 5:343-8, 1965.
- WALLACE, D.H. & MUNGER, H.M. Studies of the physiological basis for yield differences.

- II. Variations in dry matter distribution among aerial organs of several bean varieties. *Crop Sci.*, 6:503-7, 1966.
- WARSI, A.S. & WRIGHT, B.C. Sorghum growth and composition in relation to rates and method of nitrogen application. I. Pattern of dry matter accumulation. *Indian J. Agron.*, 18:273-6, 1973.
- WATSON, D.J. The physiological basis of variation in yield. *Adv. Agron.*, 4:101-45, 1952.