

## AUMENTO DE FOTOASSIMILADOS NA TAXA DE CRESCIMENTO E PESO FINAL DOS GRÃOS DE MILHO<sup>1</sup>

PAULO CÉSAR MAGALHÃES<sup>2</sup> e ROBERT JONES<sup>3</sup>

**RESUMO** - O rendimento na produção de milho (*Zea mays* L.) é limitado pela disponibilidade de fotoassimilados durante o período de enchimento dos grãos. Os efeitos do aumento de fotoassimilados no período de enchimento dos grãos, na taxa de crescimento da planta e peso final dos grãos de milho, foram estudados, num experimento de campo em Saint Paul, MN, USA, com dois genótipos de milho: o híbrido M14 x W64A e a cultivar Pioneer 3780. Os tratamentos consistiram da remoção parcial dos grãos (metade superior da espiga) e desbaste para 50% da população inicial de plantas, realizados 6 e 24 dias após a floração. Os resultados mostraram que o M14 x W64A respondeu ao desbaste precoce, apresentando um maior período de enchimento de grãos. Desbaste e remoção parcial da espiga, em ambas as datas, aumentaram o peso seco do colmo e o peso final dos grãos. O genótipo Pioneer 3780 não foi afetado pelos tratamentos. Embora os tratamentos tenham mostrado ser efetivos em alguns casos, nem sempre foi conseguido aumento significativo no peso seco dos grãos. Isto sugere que o suprimento de fotoassimilados não é a principal limitação para o rendimento na produção de grãos. Esta limitação parece ser controlada por fatores intrínsecos da semente. A eficiência da enzima invertase pode também ser um fator limitante.

Termos para indexação: enchimento dos grãos, genótipos, híbrido, cultivar, fonte, dreno.

### ASSIMILATE ENHANCEMENT ON PLANT GROWTH RATE AND FINAL WEIGHT OF MAIZE KERNELS

**ABSTRACT** - There are several studies showing that maize (*Zea mays* L.) final yield is limited by the availability of assimilates during the grain filling period. With the objective of studying assimilate enhancement on the duration of grain filling period, plant growth rate and maize final kernel weight, a field experiment was conducted in Saint Paul, MN, USA, with two genotypes: hybrid M14 x W64A and the cultivar Pioneer 3780. The treatments consisted of partial kernel removal (tip half of the ear) and thinning by 50% plant population reduction, imposed at 6 and 24 days after silking. The results showed that M14 x W64A responded to early thinning, as indicated by an extended grain filling period. Thinning and partial kernel removal on both dates increased internode dry weight and final kernel weight. Pioneer 3780 was not affected by treatments. Although the treatments were effective in some cases, they did not always lead to a significant increasing in the kernels dry weight. This may suggest that the assimilate supply is not the principal limitation for the grain yield. This limitation may be controlled by intrinsic factors of the seed itself. The efficiency of the invertase activity may also be considered.

Index terms: grain filling, genotypes, hybrid, cultivar, source, sink.

### INTRODUÇÃO

O rendimento de grãos de milho depende direta ou indiretamente da fonte de fotoassimilados disponíveis, sobretudo durante o enchimento de grãos, e da capacidade da espiga (dreno) em utilizar fotoassimilados. As relações entre fonte e dreno são diretamente res-

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 27 de abril de 1990.

Extraído da tese apresentada à University of Minnesota St. Paul, MN, USA, para obtenção do título de M.Sc. em Agronomia/Fisiologia Vegetal.

<sup>2</sup> Eng. - Agr., Ph.D., EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS), Caixa Postal 151, CEP 35700 Sete Lagoas, MG.

<sup>3</sup> Eng. - Agr., Ph.D., University of Minnesota. Agronomy Department. St. Paul, MN, 55.108 USA.

ponsáveis pelo estabelecimento da taxa e duração do crescimento dos grãos. Existe uma controvérsia relacionada com fonte e dreno como fatores limitantes da produtividade de milho. Alguns autores (Tollenaar & Daynard 1978b) afirmam que o suprimento de fotoassimilados para os grãos é o fator limitante para o rendimento dos mesmos. Por outro lado Duncan (1975), Goldsworthy & Collegrove (1974), Goldsworthy et al. (1974) e Hunter et al. (1977) sugerem o tamanho do dreno como o fator limitante. O tamanho do dreno é definido aqui como sendo o número de grãos por planta versus a capacidade destes grãos em acomodar fotoassimilados.

O aumento de fotoassimilados disponíveis em milho pode ser alcançado pela redução na população original de plantas (Frey 1981), assim como pela redução no tamanho da espiga (Jones & Simmons 1983).

No trabalho de Frey (1981) ele aumentou o suprimento de fotoassimilados por planta e desbastando a cultura para 50% da densidade populacional na floração. Ele relatou um aumento na taxa de acúmulo da matéria seca. Entretanto, os resultados relacionados com o crescimento dos grãos não foram conclusivos. Alguns pesquisadores têm mostrado que o peso de grãos/espiga pode ser aumentado pelos tratamentos de desbaste aos 30 e 50 dias após plantio, assim como aos 10 e 20 dias após a floração (Baenziger & Glover 1980). Poneleit & Egli (1979) demonstraram que a densidade de plantas de milho não tem efeito na taxa de crescimento do grão, porém, a duração do período de enchimento foi um pouco influenciada. Wilson & Allison (1978), trabalhando de uma maneira semelhante, encontraram que o maior aumento de peso seco da planta e do grão foi verificado para a população mais baixa de milho, seguida da média e alta população, respectivamente. O considerável decréscimo no peso seco das partes vegetativas encontradas na alta população, implica que a matéria seca, a qual normalmente vai para a parte vegetativa, seja desviada para o grão. As plantas foram colhidas pouco antes do tempo

normal de maturação, cerca de 131 dias após o plantio.

Jones & Simmons (1983) encontraram que em milho o aumento no suprimento de fotoassimilados através da remoção de 30% da espiga, aos 12 e 24 dias após a floração, não afetou significativamente a taxa de crescimento do grão, o peso final do grão e a duração efetiva do período de enchimento. Tollenaar & Daynard (1978a) relataram que quando foi removida parte dos grãos da espiga na época da floração, os grãos restantes não apresentaram aumentos no acúmulo de matéria seca. Em contraste com estes resultados, Jenner (1980) e Simmons et al. (1982) mostraram que grãos de trigo foram capazes de proporcionar maior taxa de crescimento e maior peso final, quando o suprimento de fotoassimilados foi aumentado pela remoção parcial de grãos nas espiguetas, na época da floração. Estes estudos sugerem que talvez o maior potencial para aumento no peso de grão via aumento no suprimento de fotoassimilados possa existir para o trigo e não para o milho. Allison & Watson (1966) demonstraram que quando o dreno (grão) foi removido pela prevenção de polinização no milho a matéria seca que passaria para os grãos acumulou nas partes vegetativas.

Existe pouca informação acerca dos efeitos do aumento de fotoassimilados no crescimento do grão de milho, principalmente quando o estímulo é dado após o início da curva de acumulação da matéria seca do grão. Alguma pesquisa tem sido conduzida, na qual, a redução no suprimento de fotoassimilados foi obtida pela remoção parcial da folha (Egharevba et al. 1976), Hanway 1969, Jones & Simmons (1983) e sombreamento (Early et al. 1967). Resultados obtidos indicaram que poucos efeitos são obtidos na taxa de crescimento do grão quando os tratamentos são realizados após o número final de grãos por espiga ter sido estabelecido, havendo porém, decréscimo no peso do grão na maturação, devido ao encurtamento na duração do período de enchimento. Estudos sobre os efeitos do aumento da disponibilidade de fotoassimilados para grãos em desenvolvimento não são conclusivos. Es-

tudos adicionais são necessários para identificar o potencial para aumento da taxa de crescimento do grão e peso final.

O objetivo deste trabalho foi identificar os efeitos do aumento de fotoassimilados na duração do período de enchimento dos grãos, taxa de crescimento e peso final dos grãos. Desde que o peso potencial do grão é definido como peso do grão, obtido quando o suprimento de fotoassimilados é ilimitado, procurou-se também determinar diferenças genotípicas na expressão deste componente no rendimento do grão.

## MATERIAL E MÉTODOS

Dois genótipos de milho, M14 x W64A e Pioneer 3780, de ciclo semelhantes, foram cultivados em campo, em Saint Paul, MN, USA, em 1983. As parcelas foram plantadas com uma densidade maior e desbastadas mais tarde para uma densidade uniforme de 50.000 plantas/ha. Os tratamentos foram arranjados em parcelas subdivididas, em blocos ao acaso e com quatro repetições, com os híbridos ocupando as parcelas, e os tratamentos, que visavam aumentar os fotoassimilados, as subparcelas. Cada parcela foi composta de quatro fileiras de 9,0 m de comprimento por 0,76 m entre linhas. O solo utilizado foi um franco siltoso com horizonte A chernozêmico, o qual foi fertilizado de acordo com as recomendações de análise de solo para um rendimento esperado de 10.000 kg/ha. A data da floração foi anotada e as plantas que estavam neste estágio foram etiquetadas. Os tratamentos restritos às duas fileiras centrais de cada parcela foram os seguintes:

Testemunha; Remoção precoce de parte dos grãos (RPG), ou seja, a metade superior da espiga removida seis dias após a floração; Remoção tardia de parte dos grãos (RTG), metade superior da espiga removida 24 dias após a floração; Desbaste precoce (DP), 50% de redução no "stand" inicial, seis dias após a floração; Desbaste tardio (DT), 50% de redução no "stand" inicial, 24 dias após a floração. O termo "floração" é definido pelo aparecimento da inflorescência masculina (pendão) e da feminina (cabelo ou estilo) em mais de 50% das plantas presentes na parcela experimental.

A remoção parcial dos grãos foi efetuada puxando a palha da espiga para trás até expor a metade superior dos grãos, os quais foram removidos com o

uso de um bisturi. Foi aplicada vaselina na metade da espiga remanescente para evitar o crescimento de fungos. A palha da espiga foi então posicionada de volta ao seu lugar de origem.

As análises do grão foram iniciadas com seis dias após a floração, e a partir daí, com intervalos de quatro dias até a maturação. Vinte e cinco grãos foram removidos do meio da espiga de duas plantas por parcela, sendo a amostragem feita ao acaso. Estes grãos foram usados para determinação de peso seco, utilizando estufa à temperatura de 85°C por 48 horas.

Juntamente com a amostragem dos grãos, a parte do colmo, (incluindo caule e bainha da folha) localizada logo abaixo da espiga, também foi amostrada, para determinação de peso seco.

As estimativas das taxas de crescimento do grão foram obtidas através de coeficientes de regressão linear calculados através do período de 27 até 54 dias após a floração. A duração do período efetivo de enchimento dos grãos foi calculada pela divisão do peso final do grão na maturação pela taxa de crescimento. Outro dado coletado na época da colheita foi o número de grãos por fileira de espiga. Os dados do experimento foram sujeitos a análise de variância e as médias dos tratamentos em relação à testemunha foram comparadas através do teste F.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O peso seco da parte inferior do colmo, incluindo caule e bainha da folha, para M14 x W64A e Pioneer 3780, estão, respectivamente, nas Fig. 1 e 2. Observa-se que os dois híbridos mostraram um padrão semelhante entre a testemunha e as plantas tratadas. Houve um aumento inicial no peso seco do colmo, o qual, decresceu ligeiramente na maturação. A magnitude da resposta dependeu da época em que o tratamento foi efetuado. O desbaste e a remoção parcial dos grãos antes do início do crescimento linear aumentaram consistentemente o peso seco do colmo para o M14 x W64A, 27 dias após a floração (Fig. 1), enquanto a resposta do Pioneer 3780 foi de menor magnitude e mais variável (Fig. 2). Estes dados sugerem que o M14 x W64A foi mais influenciado pelo aumento de fotoassimilados que o Pioneer 3780. O aumento em peso seco

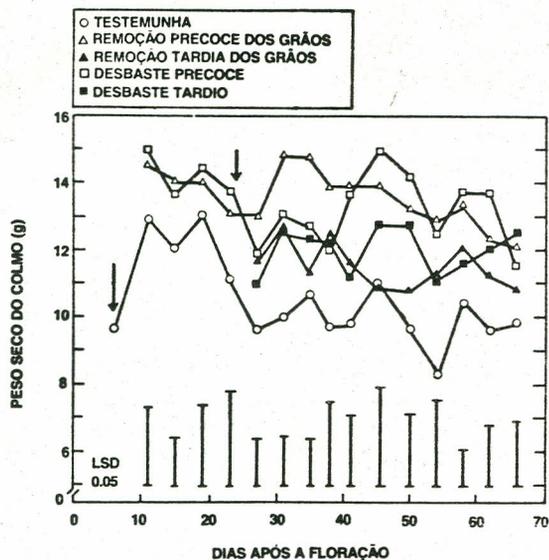


FIG. 1. Efeitos da remoção parcial dos grãos e desbaste no peso seco do colmo para M14 x W64A. As setas indicam as épocas de aplicação dos tratamentos.

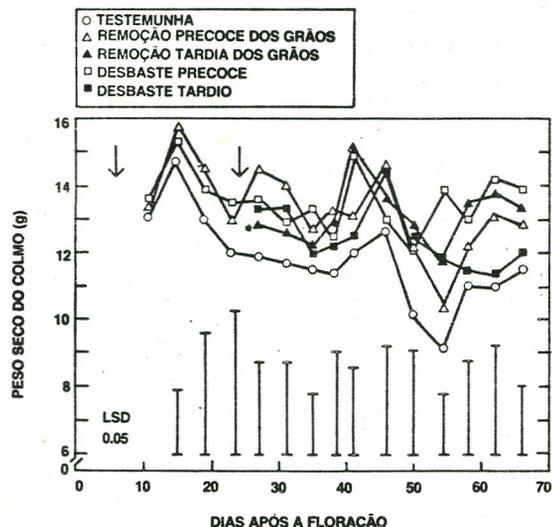


FIG. 2. Efeitos da remoção parcial dos grãos e desbaste no peso seco do colmo para Pioneer 3780. As setas indicam as épocas de aplicação dos tratamentos.

do colmo, proveniente das plantas nas quais metade da espiga foi removida, pode ser devido ao aumento de fotoassimilados nos colmos, os quais não foram translocados para os grãos. Em outras palavras, quando o dreno (grãos) foi parcialmente removido, a matéria seca que iria mover-se para estes grãos acumulou-se no colmo (Allison & Watson 1966, Barnett & Pearce 1983).

Nos tratamentos envolvendo desbaste, o aumento do peso seco do colmo, notadamente para o híbrido M14 x W64A, pode também ser explicado pela acumulação de fotoassimilados que não foram translocados para o grão. No entanto, no presente caso, o aumento de fotoassimilados pode ser atribuído ao fato de que as plantas desbastadas melhoraram a eficiência fotossintética em decorrência de uma maior interceptação de luz por unidade de área foliar. Na maturação do grão, a disponibilidade de sacarose para a planta decresce (Crookston et al. 1982). Isto pode ser devido à diminuição da capacidade fotossintética, uma vez que a planta está senescendo nesta época. Portanto, a remobilização de fotoassimilados ocorre do colmo para o grão, compensando assim a redução na fotossíntese.

As curvas de desenvolvimento do grão para M14 x W64A e Pioneer 3780, encontram-se nas Fig. 3 e 4, respectivamente. Observa-se que apesar do aumento no suprimento de fotoassimilados, o desenvolvimento do grão relativo à testemunha não foi afetado pelos tratamentos durante a maior parte do período de enchimento do grão. Em algumas amostragens, no entanto, a remoção precoce de parte dos grãos, aplicada ao M14 x W64A, obteve o maior peso seco por grão. O acréscimo inicial ocorreu cerca de nove dias após os tratamentos precoces terem sido realizados. Isto implica uma rápida resposta ao suprimento de fotoassimilados (Fig. 3). Esta resposta provavelmente contribuiu para o maior peso final do grão mostrado pela RPG na época da maturação. No entanto, Jones & Simmons (1983) usando o mesmo genótipo, aplicando, contudo, o tratamento RPG seis dias mais tarde, reportaram que o peso seco do grão não foi alte-

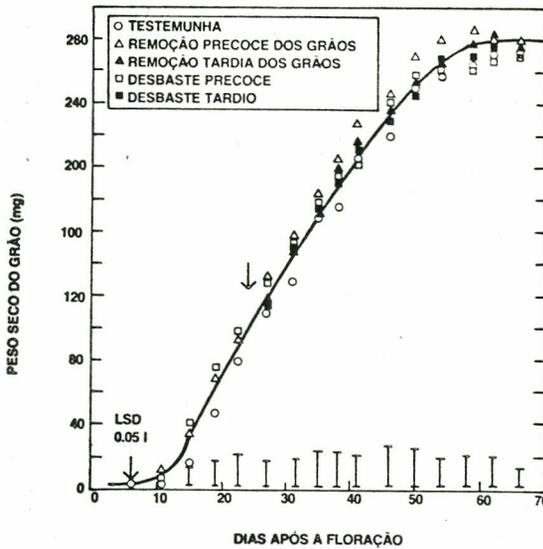


FIG. 3. Efeitos da remoção parcial dos grãos e desbaste na acumulação de matéria seca no grão, híbrido M14 x W64A. As setas indicam as épocas de aplicação dos tratamentos.

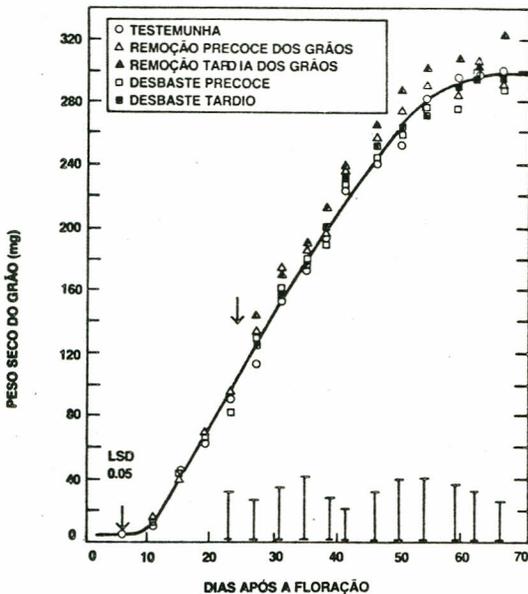


FIG. 4. Efeitos da aplicação dos grãos e desbaste na acumulação de matéria seca no grão, híbrido Pioneer 3780. As setas indicam as épocas de aplicação dos tratamentos.

rado durante o período de enchimento dos grãos. Eles concluíram que o aumento na disponibilidade de carboidrato não ocorreu cedo bastante para influir no desenvolvimento do grão.

A curva de desenvolvimento do grão para Pioneer 3780 (Fig. 4) não mostrou diferenças entre tratamentos. Este resultado é consistente com o estudo desenvolvido por Jones & Simmons (1983), onde o aumento de fotoassimilados não causou diferenças no peso do grão e taxa de crescimento, relativas à testemunha. A remoção dos grãos e o desbaste em ambas as datas, 6 e 24 dias após a floração, não afetaram significativamente a taxa de crescimento do grão para ambos os genótipos (Tabela 1), o que vem concordar novamente com o trabalho de Jones & Simmons (1983).

O desbaste aos seis dias após a floração prolongou significativamente a duração efetiva do período de enchimento para o M14 x W64A, enquanto os outros tratamentos não afetaram este parâmetro (Tabela 2). Este resultado está de acordo com o trabalho realizado por Poneleit & Egli (1979). Para o híbrido Pioneer 3780 não houve diferenças estatísticas ao nível de 5% de probabilidade, entre os tratamentos, para a duração do período de enchimento dos grãos (Tabela 2).

O número de grãos por espiga, para os dois híbridos, não foi afetado pelos tratamentos (Tabela 3). Schoper et al. (1982), realizando

TABELA 1. Efeitos do aumento de fotoassimilados na taxa de crescimento do grão para dois híbridos de milho. St. Paul, MN, 1983.

Tratamentos	Taxa de crescimento do grão <sup>1</sup>	
	M14 x W64A mg/grão/dia	Pioneer 3780 mg/grão/dia
Testemunha	5.65	5.97
Remoção precoce do grão	5.66	5.85
Remoção tardia do grão	5.43	6.14
Desbaste precoce	5.09	5.55
Desbaste tardio	5.33	5.50

<sup>1</sup> Não apresentou diferenças significativas entre médias.

estudo de aumento no suprimento de fotoassimilados através do desbaste, não encontraram diferenças no número de grãos por fileira da espiga. No entanto, eles relataram um aumento no número de grãos por espiga.

O peso final do grão para o genótipo M14 x W64A foi substancialmente aumentado pela remoção precoce e tardia dos grãos (Tabela 3), enquanto para Pioneer 3780, não se verificou nenhum efeito. O aumento no peso do grão

**TABELA 2. Efeitos do aumento de fotoassimilados no período de enchimento de grãos para dois híbridos de milho. St. Paul, MN, 1983.**

Tratamentos	Período de enchimento dos grãos	
	M14 x W64A	Pioneer 3780
	----- Dias -----	
Testemunha	46.64	50.54
Remoção precoce do grão	50.21	49.88
Remoção tardia do grão	51.37	50.41
Desbaste precoce	53.18*	53.45
Desbaste tardio	51.18	56.25

\* Significativamente diferente da testemunha ao nível de 5% de probabilidade.

**TABELA 3. Efeitos do aumento de fotoassimilados no número de grãos por fileira de espiga (G/F) e peso final por grão (PFG) para dois híbridos de milho. St. Paul, MN, 1983.**

Tratamentos	M14 x W64A		Pioneer 3780	
	G/F <sup>1</sup>	PFG <sup>2</sup> (mg)	G/F <sup>1</sup>	PFG <sup>2</sup> (mg)
Testemunha	42.25	263.10	43.75	299.25
Remoção precoce do grão	-	283.22*	-	295.80
Remoção tardia do grão	-	279.04*	-	313.76
Desbaste precoce	45.50	268.69	44.50	288.61
Desbaste tardio	41.00	271.68	44.75	296.56

<sup>1</sup> Valores são médias de quatro repetições.

<sup>2</sup> Valores são médias de três amostragens tomadas após a maturação fisiológica.

\* Significativamente diferente da testemunha ao nível de 5% de probabilidade.

para M14 x W64A reforça a hipótese inicial de que, diminuindo-se o número de grãos por espiga decrescer-se-ia a competição por fotoassimilados. Simmons et al. (1982) e Jenner (1980), encontraram semelhantes resultados em trigo quando aumentaram a disponibilidade de fotoassimilados, através do decréscimo do número de grãos por espiguetas na época da floração. Ao contrário, Jones & Simmons (1983) não observaram efeito significativo no peso final do grão em dois anos de estudo, trabalhando com o mesmo genótipo M14 x W64A. Este resultado levou aqueles autores a supor que o peso final do grão havia atingido os limites máximos de seu potencial genético. As diferenças entre os resultados obtidos para o M14 x W64A no presente estudo e aqueles reportados por Jones & Simmons (1983) sugerem que a expressão do potencial genético para peso final do grão pode ser influenciada pelo meio ambiente.

O aumento na disponibilidade de fotoassimilados pela redução de 50% da população inicial de plantas não resultou em significativo aumento no peso final do grão para ambos os genótipos (Tabela 3). Willey & Holliday (1971) mostraram que desbastar o trigo na época da floração não aumentou o rendimento de grãos por espiguetas, por já ter sido determinada, naquela oportunidade, a capacidade da espiguetas. Em milho, o aumento no rendimento pelo desbaste, tem sido obtido pelo aumento do número de grãos por espiga, ao invés do peso final dos grãos (Frey 1981, Schoper et al. 1982).

Os tratamentos referentes à remoção parcial dos grãos e ao desbaste, foram impostos neste estudo, na premissa de que eles aumentariam a disponibilidade de fotoassimilados a ser utilizada no crescimento dos grãos de milho. No entanto, os dados mostraram que o excesso de fotoassimilados oriundos dos tratamentos, nem sempre resultaram em maior período de enchimento do grão, taxa de crescimento do grão, e por conseguinte, em maior peso seco do grão. Isto provavelmente ocorreu pelo fato de os grãos já terem alcançado o seu potencial máximo de acumular peso seco. Os resultados

sugerem que a disponibilidade de fotoassimilados talvez não seja a principal limitação para o rendimento do grão de milho. Portanto, a limitação para o aumento da massa do grão parece ser controlada por fatores intrínsecos da semente. Estes fatores, que são o número e o volume de células no endosperma, é que estariam limitando o tamanho dos grãos, impedindo portanto, a utilização de quantidades extras de fotoassimilados. Existem também muitos processos fisiológicos que podem limitar a acumulação de matéria seca no grão. Por exemplo, a limitação da atividade da enzima invertase é um ponto crítico o qual poderia não resultar em aumento do peso do grão ou teor de amido, mesmo com o aumento de fotoassimilados (Shannon 1978).

### CONCLUSÕES

1. O excesso de fotoassimilados originados dos tratamentos não resultou sempre num maior período de enchimento dos grãos, taxa de crescimento e peso final dos grãos. Isto ocorreu, provavelmente, devido ao fato de os grãos já terem alcançado seu potencial máximo de acumulação de peso seco. O potencial genético para tamanho do grão e o potencial em acomodar fotoassimilados são provavelmente determinados pelo número e tamanho de células do endosperma, e podem ser controlados pelas condições prevalentes no meio ambiente. Se temperatura e umidade são favoráveis e o suprimento de fotoassimilados é igual ou maior que a demanda do dreno estabelecida durante a divisão celular no endosperma, então o rendimento é limitado pelo potencial genético.

2. Outro fator que pode limitar o uso de fotoassimilados é a utilização da sacarose no pedicelo, onde a eficiência da atividade da invertase é fundamental para a conversão de fotoassimilados em matéria seca e amido. Deve-se considerar também que fatores que não seja o suprimento de fotoassimilados podem estar limitando uma maior taxa de crescimento e peso final dos grãos. Respostas a estas e ou-

tras perguntas relacionadas esperam por investigações futuras.

### REFERÊNCIAS

- ALLISON, J.C.S. & WATSON, D.J. The production and distribution of dry matter maize after flowering. *Ann. Bot.*, 30:365-81, 1966.
- BAENZIGER, P.S. & GLOVER, D.V. Effect of reducing plant population on yield and kernel characteristics of sugary<sup>2</sup> and normal maize. *Crop Sci.*, 20:444-47, 1980.
- BARNETT, K.H. & PEARCE, R.B. Source-sink ratio alteration and its effect on physiological parameters in maize. *Crop Sci.*, 23:294-99, 1983.
- CROKSTON, R.K.; AFAUKWA, J.J.; JONES, R.J. Visual maturity indicators for corn-kernel milk line more useful than black layer. In: ANNUAL CORN AND SORGHUM INDUSTRY RESEARCH CONFERENCE, 37, Chicago, 1982. *Proceedings...* Washington, American Seed Trade Association, 1982. p.176-89.
- DUNCAN, W.G. Maize. In: EVANS, L.T., ed. *Crop physiology: some case histories*. Cambridge, University Press, 1975. p.23-50.
- EARLY, E.G.; McILRATH, W.O.; SEIF, R.D.; HAGEMEN, R.H. Effects of shade applied at different stages in corn production. *Crop Sci.*, 7:151-56, 1967.
- EGHAREVBA, P.N.; HARROCKS, R.D.; ZUBER, M.S. Dry matter accumulation in maize response to defoliation. *Agron. J.*, 68:40-3, 1976.
- FREY, N.M. Dry matter accumulation in kernels of maize. *Crop Sci.*, 21:118-22, 1981.
- GOLDSWORTHY, P.R. & COLLEGROVE, M. Growth and yield of highland maize in Mexico. *J. Agric. Sci. Camb.*, 83:213-21, 1974.
- GOLDSWORTHY, P.R.; PALMER, A.F.E.; SPERLING, D.W. Growth and yield of lowland tropical maize in Mexico. *J. Agric. Sci. Camb.*, 83:223-30, 1974.
- HANWAY, J.J. Defoliations effects on different corn hybrids as influenced by plant populations and stage of development. *Agron. J.*, 61:534-38, 1969.

- HUNTER, R.B.; TOLLENAAR, M.; BREVER, C.M. Effects of photoperiod and temperature on vegetative and reproductive growth of maize hybrid. *Can. J. Plant Sci.*, 57:1127-33, 1977.
- JENNER, C.F. Effects of shading or removing spikelets in wheat; testing assumptions. *Aust. J. Plant Physiol.*, 7:113-21, 1980.
- JONES, R.J. & SIMMONS, S.R. Effect of altered source sink relation on growth of maize kernels. *Crop Sci.*, 23:129-34, 1983.
- PONELEIT, C.G. & EGLI, D.B. Kernel growth rate and duration in maize as affected by plant density and genotype. *Crop Sci.*, 19:385-88, 1979.
- SCHOPER, J.B.; JOHNSON, R.R.; LAMBERT, R.J. Maize yield response to increased assimilate supply. *Crop Sci.*, 22:1184-89, 1982.
- SHANNON, J.C. Physiological factors affecting starch accumulation in corn kernels. In: ANNUAL CORN AND SORGHUM INDUSTRY RESEARCH CONFERENCE, 33, Chicago, 1978. *Proceedings...* Washington, American Seed Trade Association, 1978. p.78-94.
- SIMMONS, S.R.; CROOKSTON, R.K.; KURLE, J.E. Growth of spring wheat kernels as influenced by alteration of source: sink ratio. *Crop Sci.*, 22:938-88, 1982.
- TOLLENAAR, M. & DAYNARD, T.B. Dry weight, soluble sugar content, and starch content of maize kernels during the early post-silking period. *Can. J. Plant Sci.*, 58:199-206, 1978a.
- TOLLENAAR, M. & DAYNARD, T.B. Relationship between assimilate source and reproductive sink in maize grown in a short season environment. *Agron. J.*, 70:219-23, 1978b.
- WILLEY, R.W. & HOLLIDAY, R. Plant population, shading and thinning studies in wheat. *J. Agric. Sci.*, 77:453-61, 1971.
- WILSON, J.H. & ALLISON, J.S.C. Production and distribution of dry matter in maize following changes in plant population after flowering. *Ann. Appl. Biol.*, 90:121-26, 1978.