

INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA SOBRE A TRANSLOCAÇÃO AXIAL DE FOTOASSIMILADOS E NA FORMAÇÃO DE LESÕES NO CAULE DE CAFEIROS (*Coffea arabica* L.)*

J. E. Silva
R. Sant'Anna
L. G. R. Ferreira**

1. INTRODUÇÃO

O efeito da temperatura sobre a translocação de fotoassimilados tem sido alvo do interesse de numerosos investigadores em estudos realizados com abóbora (14, 15, 16, 17), algodão (8, 18), beterraba (3, 12) e cana-de-açúcar (4, 5). Quanto ao cafeeiro, a maioria dos estudos tem-se concentrado na verificação dos efeitos externos (alterações morfológicas) originados da ação da temperatura (1, 2). As poucas observações acerca da influência deste fator sobre a fisiologia do cafeeiro estão reunidas na revisão feita por RAMAIAH e GOPAL (11); mais recentemente, MAGALHÃES (7) sugeriu que «o efeito da temperatura elevada nas raízes na restrição do transporte de substâncias mediante os sistemas de condução da planta, pode ser considerado como um dos fatores determinantes da inibição do crescimento de cafeeiros jovens».

No presente trabalho, procurou-se estudar o efeito de tratamentos térmicos localizados no caule sobre a translocação axial de fotoassimilados, marcados com ^{14}C , e observar a influência de temperaturas extremas no aparecimento de lesões no caule.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Utilizaram-se, no experimento, mudas de café (*Coffea arabica* L. cv. 'Mundo Novo'), com idade de seis a oito meses, estágio em que, mais comumente, se realiza o transplante definitivo para o campo. Estabeleceram-se treze tratamentos térmicos, cada um com cinco repetições; cada repetição consistiu de uma planta por vaso. Anteriormente ao tratamento térmico, as plantas foram adaptadas, durante 48 horas, às condições do experimento, quais sejam intensidade luminosa de 4.000 lux (inclusive a luz natural difusa) e temperatura ambiente (25 a 28°C).

* Parte da Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, pelo primeiro autor, como uma das exigências para obtenção do grau de «Magister Scientiae».

Recebido para publicação em 25-05-1976.

** Respectivamente, Pesquisador (CPAC-EMBRAPA), Professor Adjunto da Universidade Federal de Viçosa e Professor Adjunto da Universidade Federal do Ceará.

Tratamento térmico

O tratamento térmico localizou-se na região do caule, próxima ao solo, numa extensão de cinco centímetros. Para isso, empregou-se uma câmara de acrílico, segundo modificações do dispositivo utilizado por FRANCO (1, 2), acoplada a um circulador de líquidos LAUDA K-2R, com controle termostático. As Figuras 1, 2 e 3 ilustram, com detalhes, a câmara de acrílico utilizada e sua adaptação ao caule da planta.

Realizaram-se, com este dispositivo, doze tratamentos térmicos, cada um durando uma hora, desde -5 até 50°C, com um gradiente de temperatura de 5°C. O décimo terceiro tratamento consistiu na exposição da região do caule, próxima ao solo, à radiação emitida por uma lâmpada infravermelha, colocada de tal modo que se pudesse obter uma temperatura de 50°C naquele local, protegendo-se as demais partes da planta com uma placa de isopor. As plantas desse tratamento, bem como aquelas oriundas da repetição dos tratamentos térmicos abaixo de 10°C e acima de 35°C, foram levadas para a casa-de-vegetação com a finalidade de observarem-se, posteriormente, possíveis alterações morfológicas no caule.

Preparação e aplicação do ^{14}C

O dióxido de carbono marcado foi preparado com base na reação do ^{14}C -bicarbonato de sódio (0,4 mCi/ml) com o ácido láctico. O dispositivo utilizado no preparo e armazenamento do gás está esquematizado na Figura 4. Para a retirada das aliquotas, utilizou-se seringa hipodérmica de 5 ml, cuidando sempre para que, em cada operação, os níveis do mercúrio nos tubos 1 e 3 estivessem iguais.

Findo o período de tratamento térmico, a folha do quarto ou quinto par de cada planta, a contar do ápice, foi envolvida por um saco plástico, cuidando-se de vedar bem os pontos passíveis de escape do gás. Todas as folhas não tratadas, à exceção dos dois primeiros pares apicais, foram destacadas. Seguiram-se a injeção, por meio de seringa hipodérmica, de 5 ml do $^{14}\text{CO}_2$ (atividade específica de 1 $\mu\text{Ci/ml}$), no interior do envoltório plástico da folha, e a manutenção da planta sob as condições, previamente descritas, de luz e temperatura, durante quatro horas, a fim de permitir a assimilação e translocação dos fotoassimilados. Logo após, procedeu-se à remoção do envoltório plástico da folha e ao seccionamento de cada planta em cinco partes distintas, como se vê na Figura 5, a saber: PARTE A — região acima do nó da folha exposta ao $^{14}\text{CO}_2$; PARTE B — folha assimiladora do $^{14}\text{CO}_2$; PARTE C — segmento do caule compreendido entre o nó da folha exposta ao $^{14}\text{CO}_2$ a região de tratamento térmico; PARTE D — segmento do caule, termicamente tratado; PARTE E — raízes. Determinaram-se o peso fresco de cada parte e a área da folha exposta ao $^{14}\text{CO}_2$. Seguiram-se a secagem em estufa (85°C), durante 48 horas, e a determinação do peso seco; o material seco foi, então, triturado uniformemente em almofariz.

Avaliação da radioatividade

O ^{14}C -orgânico, incorporado às diferentes partes da planta, foi transformado em $^{14}\text{CO}_2$, através da combustão, por via úmida, das amostras do material vegetal seco, segundo uma modificação do método de VAN SLIKE (13); o gás coletado em uma solução de monoetanolamina e metilcelulossolve (1:2, v/v), teve sua radioatividade avaliada por \rightarrow cintilação \rightarrow líquida, segundo uma adaptação da técnica preconizada por JEFFAY e ALVAREZ (6). O dispositivo utilizado para combustão da amostra e coleta do $^{14}\text{CO}_2$ está esquematizado na Figura 6.

Os reagentes utilizados no processo da combustão e coleta do CO_2 da amostra vegetal foram os seguintes:

- mistura ácida: H_2SO_4 a 96% p.a. e H_3PO_4 a 85% p.a. (2:1 v/v).
- mistura oxidante: KIO_4 USP e $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ comercial (2:1 p/p).
- solução captora do $^{14}\text{CO}_2$: monoetanolamina e metilcelulossolve (1:2 v/v).

A amostra vegetal (100 mg) e mistura oxidante (5,1 g) foram introduzidas no frasco de combustão (frasco 4). No frasco 3 foram colocados 25 ml da mistura ácida. Os conteúdos dos frascos 1 (cal sodada), e 2 (solução saturada de hidróxido de bário) serviram para eliminar o CO_2 do ar de circulação do sistema. Sucendendo ao frasco de combustão, foram dispostos, em sequência, três outros recipientes: o primeiro, frasco 5, contendo solução de HCl a 5%, para retenção dos gases solúveis em ácidos; o segundo, frasco 6, contendo no seu interior um tubo de ensaio com 18 ml da solu-

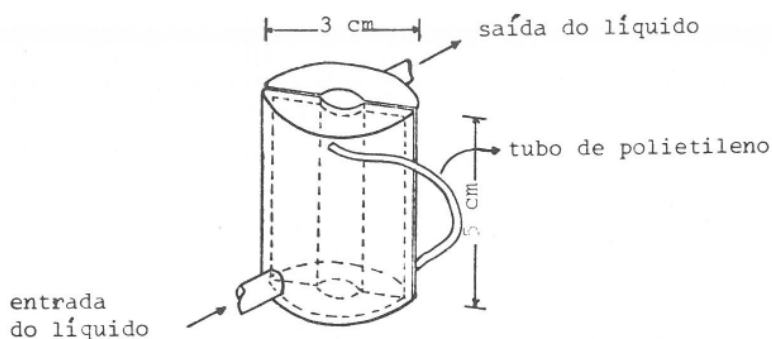


FIGURA 1 - Vista externa da câmara de acrílico

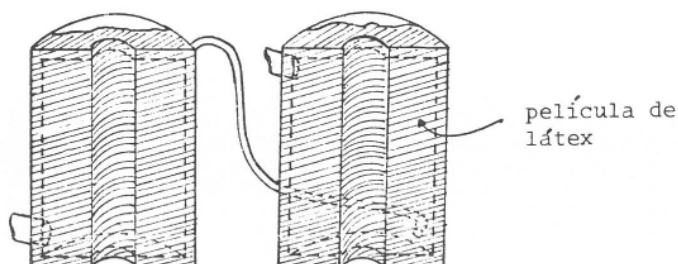


FIGURA 2 - Vista da câmara de acrílico com os dois semicilindros abertos.

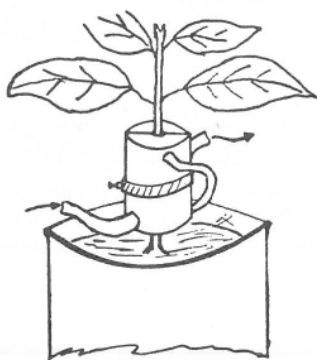


FIGURA 3 - Vista da câmara de acrílico adaptada ao caule da planta.

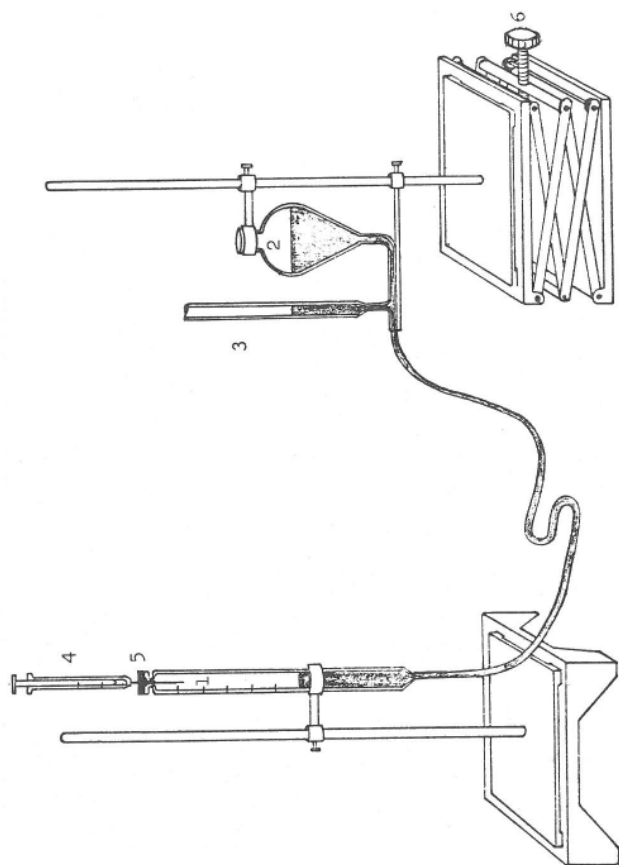


FIGURA 4 - Esquema do dispositivo utilizado para obtenção e armazenamento do $^{14}\text{CO}_2$.

LEGENDA 1 - Câmara de preparo e armazenamento; 2 - reservatório de mercúrio; 3 - tubo auxiliar para comparação dos níveis de mercúrio; 4 - seringa hipodérmica; 5 - rolha de borracha (serum stopper); 6 - macaco de laboratório.

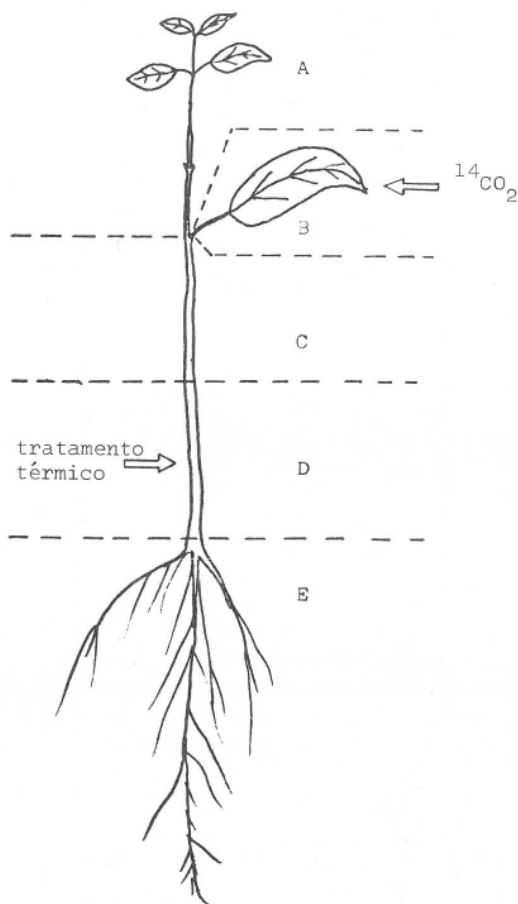


FIGURA 5 - Esquema de seccionamento da planta após o tratamento com o $^{14}\text{CO}_2$, para a análise da radioatividade.

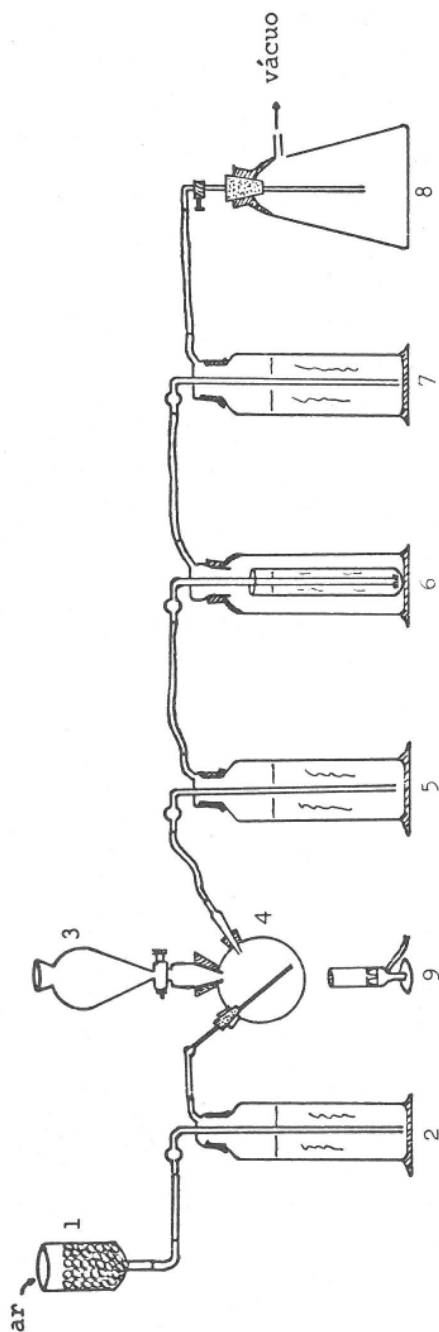


FIGURA 6 - Esquema do dispositivo utilizado para a combustão da amostra e coleta do $^{14}\text{C}0_2$.

LEGENDA 1 - Alonga contendo cal sodada; 2 - frasco de lavagem de gás com solução saturada de hidróxido de bário; 3 - funil de separação com rolha esmerilhada adaptada ao frasco de três bocas; 4 - frasco de combustão; 5 - frasco de lavagem com HCl a 5%; 6 - frasco de lavagem contendo no seu interior um tubo de ensaio com a solução captora do $^{14}\text{C}0_2$ (o tubo imerso na solução captora possui na sua extremidade uma placa de vidro poroso para reduzir o tamanho das bolhas do gás); 7 - frasco de lavagem com solução saturada de hidróxido de bário; 8 - Kitasato ligado a uma trompa de água; 9 - bico-de-gás.

ção captora, e o terceiro, frasco 7, contendo solução saturada de hidróxido de bário, para verificação da completabilidade da absorção. A parte terminal do sistema compunha-se de um frasco de Kitazato, ligado a uma trompa d'água, para permitir a circulação unidirecional do ar purificado e dos gases liberados na combustão.

Após lenta adição da mistura ácida ao frasco de combustão, aqueceu-se o conteúdo desse frasco, com o auxílio de um bico-de-gás, durante 10 minutos, ou até que desaparecessem os resíduos sólidos, evitando-se forte ebulição. Finda esta etapa, aumentou-se a circulação de ar no sistema, a fim de permitir a absorção, pela solução captora, de todo o CO_2 liberado na combustão.

Após a combustão e coleta de gás, 3 ml da solução captora com o $^{14}\text{CO}_2$ incorporado foram pipetados num frasco de contagem contendo 10 ml de tolueno, 7 ml de metilcelusolve (dietileno glicol monometil eter), 72 mg de PPO (2,5 difenil oxazol) e 2,7 mg de dimetil POPOP (dimetil 1,4-bis-2-(5-fenil oxazolil)-benzeno). Em todas as medições utilizou-se um volume total de 18 ml do líquido de cintilação.

A contagem da radioatividade do ^{14}C das amostras realizou-se simultaneamente, em três canais com janelas totalmente abertas, no contador de cintilações BECKMAN, modelo LS-233, com ganho de 340. Após a necessária correção para a radiação de fundo, obteve-se a média de três leituras para cada amostra. Não houve necessidade de correção para o grau de extinção, uma vez que esse fator se manteve razoavelmente constante de amostra para amostra.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Atividade total do ^{14}C assimilado e exportado pela folha exposta ao $^{14}\text{CO}_2$.

A figura 7 mostra os valores das médias das atividades totais do ^{14}C em cinco repetições, para cada temperatura de tratamento, bem como os respectivos desvios padrões (linhas verticais). A radioatividade total foi determinada somando-se as atividades contidas em cada parte da planta. Observa-se que a absorção do $^{14}\text{CO}_2$ variou apreciavelmente entre repetições (C.V. = 15,5%) e entre tratamentos (C.V. = 6,4%). A curva obtida sugere uma dependência entre a absorção do CO_2 e a temperatura de tratamento do caule. No entanto, esta dependência conflita com as observações de WEBB (14) e WEBB e GORHAM (17), os quais, em trabalhos semelhantes realizados com abóbora, mostraram a inexistência de correlação entre aqueles fatores. Presumivelmente, as variações observadas podem ser atribuídas a vários fatores que não puderam ser rigorosamente controlados, a saber, estado metabólico prévio das plantas, variabilidade fisiológica entre os indivíduos tratados, área da folha exposta ao $^{14}\text{CO}_2$ e volume do envoltório plástico utilizado para a aplicação do gás. Admite-se, mesmo, que os dois últimos fatores tenham sido os maiores responsáveis pelas variações encontradas. Quando a atividade total da planta foi, estatisticamente, correlacionada com a temperatura de tratamento, obteve-se um coeficiente de determinação de 49,3%, ao passo que, utilizando-se os valores da atividade total por unidade de área da folha exposta ao $^{14}\text{CO}_2$, aquele coeficiente caiu para 28,1%. Por outro lado, o estudo da correlação da atividade total com a área foliar forneceu um coeficiente de determinação de 58,5%. Como as correções para as diferenças de área foliar não modificaram, sensivelmente, a situação (Figura 8), atribuiu-se às variações da concentração do gás na câmara de aplicação, de paredes não rígidas, a maior parcela da variabilidade observada.

A Figura 9 revela o comportamento da atividade do ^{14}C exportado pela folha exposta ao $^{14}\text{CO}_2$ (soma das atividades das demais partes da planta) nas diferentes temperaturas de tratamento do caule. O estudo de correlação entre a atividade translocada e a temperatura de tratamento ($R^2 = 12,5\%$) demonstra, para fins práticos, a independência entre os dois parâmetros. As variações encontradas estão possivelmente muito mais ligadas a heterogeneidade fisiológica do que a qualquer outro fator (14).

A análise dos resultados apresentados nas Figuras 7 e 9 parece indicar a inexistência de uma interdependência direta entre as quantidades do ^{14}C assimilado e a de ^{14}C -fotoassimilados translocados ($R^2 = 3,6\%$). Tal resultado encontra suporte na observação de NELSON *et alii* (10).

Distribuição da atividade do ^{14}C nas várias partes da planta

O comportamento da atividade translocada, nas duas bases de expressão utilizadas, a saber, absoluta (Figura 10) e porcentual (Figura 11), revela uma identidade

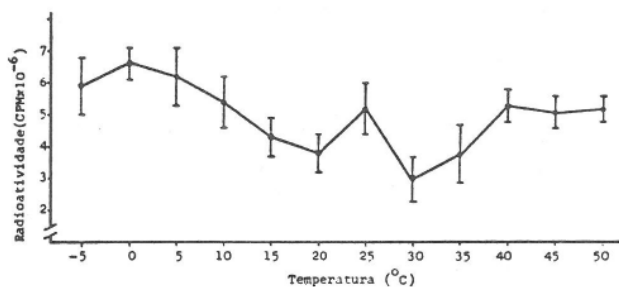


FIGURA 7 - Atividade total do ^{14}C assimilado pelas plantas nas diversas temperaturas de tratamento do caule.

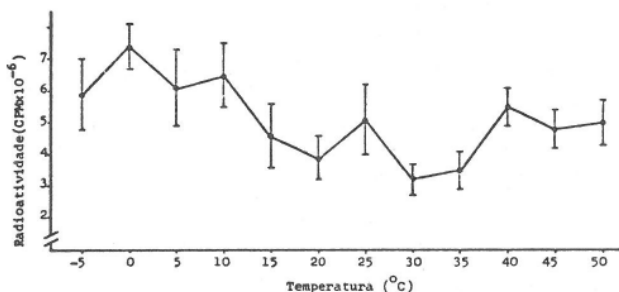


FIGURA 8 - Atividade total do ^{14}C assimilado pelas plantas nas diversas temperaturas de tratamento do caule, corrigida para as variações da área foliar.

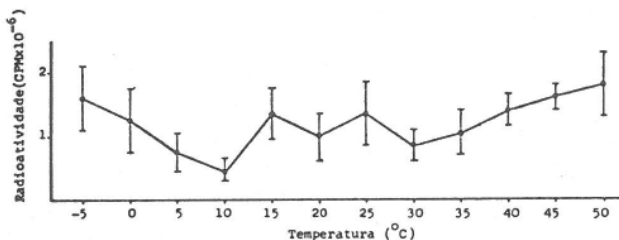


FIGURA 9 - Atividade total do ^{14}C exportado pela folha exposta ao $^{14}\text{CO}_2$, nas diversas temperaturas de tratamento do caule.

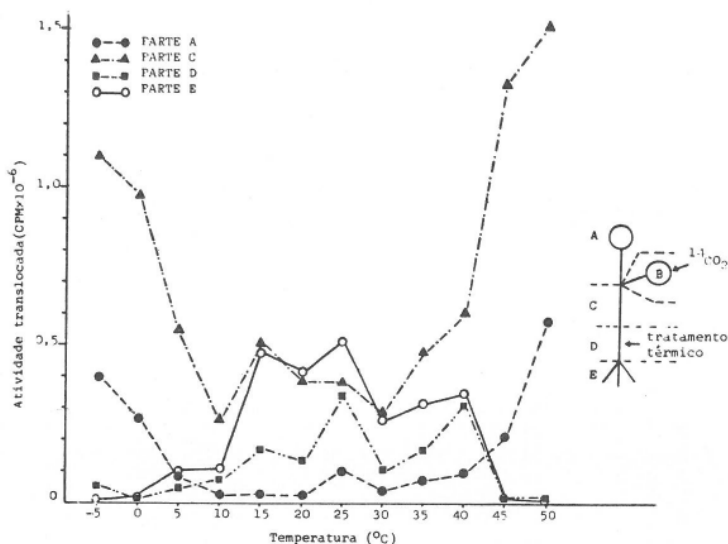


FIGURA 10 - Influência do tratamento térmico no caule sobre a distribuição da atividade do ^{14}C translocado para as diferentes partes da planta.

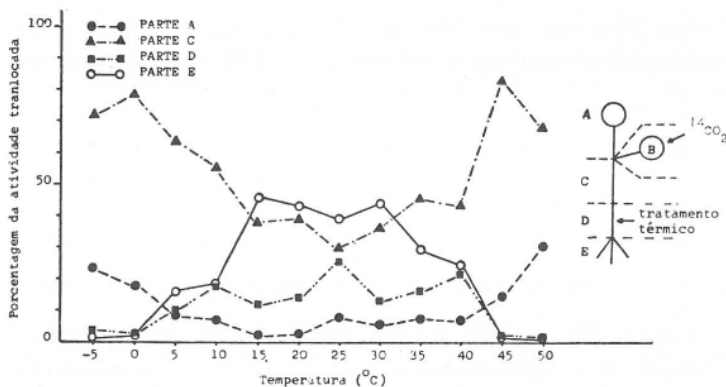


FIGURA 11 - Influência do tratamento térmico no caule sobre a distribuição percentual da atividade do ^{14}C translocado para as diferentes partes da planta.

de tendências, o que possibilita sua discussão conjunta.

Verifica-se, inicialmente, que, na faixa de temperatura de 10 a 40°C, a translocação longitudinal dos fotoassimilados é, predominantemente, de caráter basípeto, sendo que, entre 15 e 30°C, os fluxos da atividade do ^{14}C para as raízes atingiram seus valores mais elevados. Este comportamento, explicado por WEBB e GORHAM (17), é característico para a translocação, quando a temperatura é insuficiente para produzir bloqueio do fluxo de fotoassimilados na região do tratamento térmico.

Em temperaturas extremas (abaixo de 15 e acima de 35°C), observaram-se um acúmulo da radioatividade nas PARTES A e C, e baixos níveis da atividade nas PARTES D e E, quando comparados com os valores obtidos na faixa de 15 a 30°C. Esses resultados indicam ter ocorrido um bloqueio do fluxo de fotoassimilados em consequência do efeito da temperatura. Esse bloqueio produziu um acúmulo dos fotoassimilados na PARTE C, os quais, posteriormente, movimentaram-se, predominantemente, para a PARTE A.

A redução da translocação por altas temperaturas pode ser atribuída à obstrução dos poros dos tubos crivados pela deposição de calose, cujo aparecimento é estimulado pelo calor (8, 18). Por outro lado, o colapso do material citoplasmático que recobre as paredes internas dos tubos crivados, produzindo a obstrução dos poros desses tubos, pode ter sido uma das causas da redução da translocação por efeito de baixas temperaturas (3).

A pequena atividade detetada nas raízes indica que não houve inibição completa do movimento de fotoassimilados através da região tratada, mesmo nos tratamentos a temperaturas extremas. Já que a sacarose, principal forma de movimentação dos fotoassimilados pelo floema (5, 10, 16), não se movimenta em células mortas ou fisiologicamente danificadas (9), pode-se explicar o comportamento observado como consequência do transporte passivo (difusão) dos fotoassimilados através dos tecidos fisiologicamente danificados (14). Não se pode desprezar, todavia, a possibilidade de a reduzida translocação dos fotoassimilados ter ocorrido na forma de hexoses (glucose e frutose), as quais, segundo observações de NELSON e GORHAM (9), são capazes de se movimentarem mesmo através do tecido morto.

A Figura 12 mostra os perfis de distribuição da atividade do ^{14}C nas diversas partes da planta, a cada temperatura de tratamento. Observa-se maior concentração da radioatividade na folha exposta ao $^{14}\text{CO}_2$; por outro lado, a fração exportada dessa folha apresentou variações quanto a sua distribuição para as demais partes da planta. A baixa atividade detetada na PARTE E e o acúmulo mais intenso na PARTE A caracterizaram alterações fisiológicas nos tecidos dos caules tratados a temperaturas extremas.

Alterações morfológicas do caule

Os tratamentos a -5°C e 50°C, além do tratamento com radiação infravermelha, foram os mais eficientes quanto a produção de lesões no caule e morte das plantas, o que ocorreu após um período de observação de trinta dias. A 0°C e 45°C, quase todas as plantas apresentaram-se com o caule danificado; algumas se recuperaram, e outras, depois de 40 dias, morreram. Nos demais tratamentos, as plantas permaneceram aparentemente normais, dentro do período de observação de dois meses.

Esses resultados foram semelhantes aos obtidos por FRANCO (1, 2) e MAGALHÃES (7), revelando a importância da temperatura das raízes e da interface solo-atmosfera no crescimento e desenvolvimento das plantas, haja vista que, temperaturas além dos limites utilizados neste experimento foram constatadas em condições de campo.

A associação dos resultados obtidos sugere que, sob temperaturas extremas, dois efeitos são observados. Um, imediato, que é a redução da translocação, o qual pode ou não ser reversível, dependendo da duração do tratamento térmico e o outro, de injúria, que se manifesta posteriormente, caracterizado pelas lesões no caule. Essas observações justificam a prática de cobertura vegetal das mudas de cafeeiros no campo, reduzindo, desse modo, a ação nociva das temperaturas adversas.

4. RESUMO

Realizou-se um estudo objetivando determinar o efeito da temperatura sobre a translocação axial de fotoassimilados, marcados com ^{14}C , bem como a influência

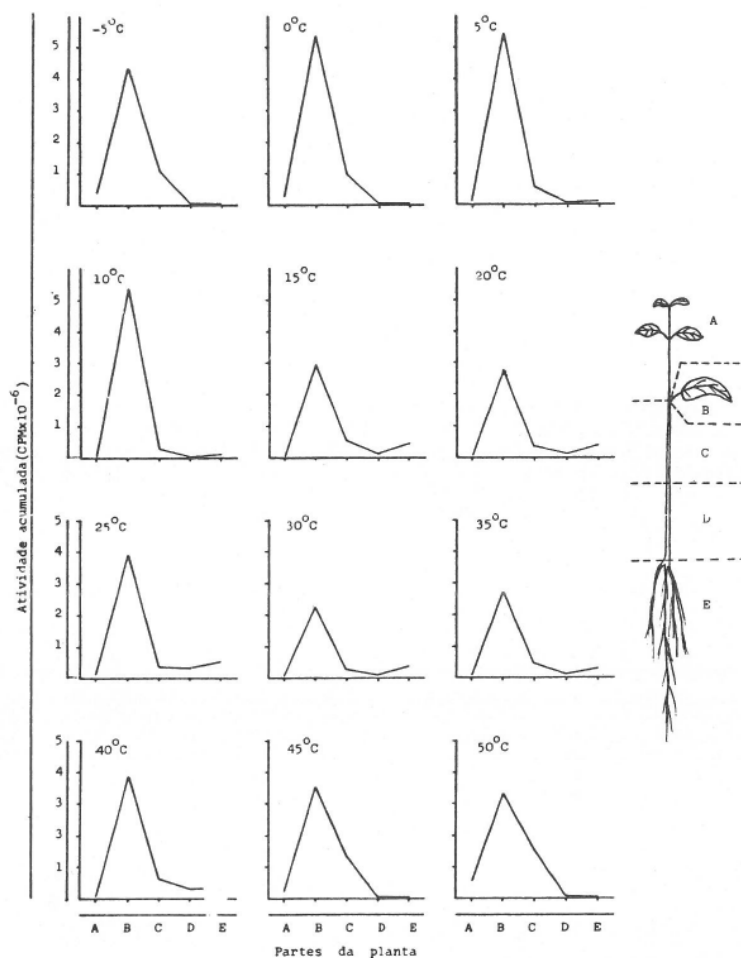


FIGURA 12 - Perfis de distribuição da atividade do ^{14}C na planta nas diversas temperaturas de tratamento do caule.

de temperaturas extremas no aparecimento de lesões no caule de cafeeiros (*Coffea arabica* L. cv. 'Mundo Novo'), de seis a oito meses de idade.

Os tratamentos térmicos, cada um durando uma hora, variaram de -5 a 50°C (gradiente de 5°C), localizando-se na região do caule, próxima ao nível do solo; seguiram-se o suprimento de $^{14}\text{CO}_2$ a uma das folhas de cada planta e um período de assimilação e translocação de quatro horas sob iluminação de 4.000 lux e temperatura ambiente. Avaliou-se a radioatividade incorporada em cinco partes da planta, pela técnica da cintilação líquida, a partir do $^{14}\text{CO}_2$ liberado na combustão, por via úmida, de uma amostra do material vegetal seco. Adicionalmente, repetiram-se os tratamentos térmicos a temperaturas extremas para fins de observação de possíveis alterações morfológicas no caule.

Os resultados obtidos mostraram grande variação na assimilação do $^{14}\text{CO}_2$ nos diferentes tratamentos térmicos, sugerindo uma possível dependência entre estes dois fatores. Como algumas variáveis do processo de assimilação não puderam ser perfeitamente controladas, atribuiu-se essa variação ao erro experimental.

A exportação dos fotoassimilados, pela folha exposta ao $^{14}\text{CO}_2$, mostrou-se independente da temperatura de tratamento do caule, não se correlacionando, também, com a quantidade de radioatividade assimilada. A distribuição da radioatividade nas diferentes partes da planta foi grandemente afetada pela temperatura do caule. As raízes acumularam mais intensamente a atividade do ^{14}C na faixa de 15 a 30°C, indicando uma predominância do movimento descendente de fotoassimilados. Abaixo de 15°C e acima de 35°C, as raízes e as partes localizadas acima da região de tratamento apresentaram, respectivamente, baixos e altos níveis de radioatividade, caracterizando uma inibição da translocação através do segmento do caule termicamente tratado. Além desses efeitos sobre a translocação, observaram-se lesões no caule de plantas submetidas a temperaturas extremas (-5, 0, 45 e 50°C), sugerindo uma destruição dos tecidos condutores do floema; esse fenômeno, quando muito intenso, não permitiu a recuperação da planta, produzindo o seu definhamento progressivo e morte. Essas observações justificam a prática da cobertura vegetal das mudas de cafeeiro no campo, reduzindo, desse modo, a ação nociva de temperaturas adversas.

5. SUMMARY

The effect of temperature on the axial translocation of photoassimilates and on the induction of stem lesions was studied in young coffee plants (*Coffea arabica* L.). The one-hour temperature treatments were localized in the stem region near the soil surface, varying from -5 to 50°C. After the treatments, $^{14}\text{CO}_2$ was supplied to one mature leaf of each plant under conditions of 4,000 lux of light intensity and room temperature. The radioactivity of the plant parts was measured by liquid scintillation counting. Treatments using temperature extremes were also done to detect morphological alterations in the stem. Although the results may suggest a relationship between the amount of ^{14}C assimilated and temperature, it is thought that the observed variations were mainly due to differences in leaf areas and gas chamber volumes. The amount of radioactivity exported by the treated leaves was independent of the stem temperature and of the rate of $^{14}\text{CO}_2$ assimilation. The temperature of treatment greatly affected the distribution of the radioactivity among the different plant parts. A ^{14}C accumulation was quite pronounced in the roots between 15 and 30°C, indicating a predominance of the descending flow of photoassimilates. Below 15°C and above 35°C, the ^{14}C levels were rather small in the roots, while much higher amounts were found in the parts above the treated region. This shows that translocation through the treated segment of the stem was inhibited. Under temperature extremes, stem lesions appeared in the treated region. When the damage of the tissues was high, the plants did not recover and died.

6. LITERATURA CITADA

1. FRANCO, C. M. Estrangulamento do caule do cafeeiro causado pelo frio. *Bragantia*, 19(32):515-521. 1960.
2. FRANCO, C. M. Lesão do colo do cafeeiro causada pelo calor. *Bragantia*, 20(24): 645-652. 1961.

3. GIAQUINTA, R. T. & GEIGER, D. R. Mechanism of inhibition of translocation by localized chilling. *Plant Physiol.* 51:372-377. 1973.
4. HARTT, C. E. The effect of temperature upon translocation of ^{14}C in sugar cane. *Plant Physiol.* 40:74-81. 1965.
5. HARTT, C. E., KORTSCHAK, H. P., FORBES, A. J. & BURR, G. O. Translocation of ^{14}C in sugar cane plant. *Plant Physiol.* 38:305-318. 1963.
6. JEFFAY, H. & ALVAREZ, J. Liquid scintillation counting of carbon 14 (use of ethanolamine ethylene glycol monomethyl ether toluene). *An. Chem.* 33:612-615. 1961.
7. MAGALHÃES, A. C. N. Efeito da temperatura elevada do sistema radicular sobre os processos de translocação em cafeeiros. *Ciência e Cultura*, 27(11):1224-1227. 1975.
8. MONAIRN, R. B. Phloem translocation and heated induced callose formation in field-grown *Gossypium hirsutum* L. *Plant Physiol.* 50:366-370. 1972.
9. NELSON, C. D. & GORHAM, P. R. Translocation of radioactive sugars in the stems of soybean seedlings. *Can. J. Bot.* 35:703-713. 1957.
10. NELSON, C. D., CLAUSS, H., MORTIMER, D. C. & GORHAM, P. R. Selective translocation of products of photosynthesis in soybean. *Plant Physiol.* 36:581-588. 1961.
11. RAMAIAH, P. K. & GOPAL, N. H. Effects of temperature and light on Arabica Coffee. *Indian Coffee*, 38(8):254-259. 1969.
12. SWANSON, C. A. & GEIGER, D. R. Time course of low temperature inhibition of sucrose translocation in sugar-beets. *Plant Physiol.* 42:751-756. 1967.
13. VAN SLIKE, D. Wet carbon combustion and some of its applications. *An. Chem.* 26:1706-1712. 1954.
14. WEBB, J. A. Translocation of sugars in *Cucurbita melopepo*. IV. Effects of temperature change. *Plant Physiol.* 42:881-885. 1967.
15. WEBB, J. A. Translocation os sugars in *Cucurbita melopepo*, VI. The reversible low temperature inhibition of ^{14}C movement and cold acclimation of phloem tissue. *Can. J. Bot.* 49:717-733. 1971.
16. WEBB, J. A. & GORHAM, P. R. Translocation of photosynthetically assimilated ^{14}C in straight-necked squash. *Plant Physiol* 39:663-672. 1964.
17. WEBB, J. A. & GORHAM, P. R. The effect of node temperature on assimilation and translocation of ^{14}C in the squash. *Can. J. Bot.* 43:1009-1020. 1965.
18. WEBSTER, D. H. & CURRIER, H. B. Heat-induced callose and lateral movement of assimilates from phloem. *Can. J. Bot.* 46:1215-1220. 1968.