

PARTIÇÃO DE FOTOASSIMILADOS ENTRE FOLHAS E FRUTOS DE CAFEIEIRO CULTIVADO EM DUAS ALTITUDES

Bruno Galvêas LAVIOLA¹; Herminia Emilia Prieto MARTINEZ²; Luiz Carlos Chamhum SALOMÃO³; Cosme Damião CRUZ³; Sebastião Marcos MENDONÇA⁴; Ana Paula NETO⁵

¹MSc., Eng. Agr^o, Estudante de Doutorado – Fitotecnia – UFV. Bolsista CNPq, E-mail: laviolabg@yahoo.com.br; ²DSc., Eng. Agr^o, Prof. Departamento de Fitotecnia, UFV, Viçosa, MG, Brasil, 36570-000, E-mail: herminia@ufv.br; ³DSc., Eng. Agr^o, Prof. Departamento de Biologia Geral, UFV, E-mail: cdcruz@ufv.br; ⁴MSc., Eng. Agr^o, Pesq. do Centro de Pesquisas Cafeeiras Eloy Carlos Heringer (CEPEC), E-mail: sebastiao.mendonca@heringer.com.br; ⁵Estudante de Agronomia – UFV. E-mail: anap_net@yahoo.com.br

Resumo:

Estudou-se o acúmulo de fotoassimilados em frutos de cafeeiro arábico da antese à maturação em duas altitudes, bem como, a variação na concentração destes compostos em folhas dos ramos produtivos. O experimento foi constituído da variedade de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) Catuaí IAC 44 cultivada a 720 e 950 m de altitude, no município de Martins Soares-MG. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com 3 repetições, usando um esquema de parcela subdividida no tempo. O aumento da altitude influenciou no ciclo reprodutivo do cafeeiro, demandando maior tempo para formação dos frutos. A altitude de 720 m contribuiu para uma maior aceleração no acúmulo de amido, açúcares solúveis totais (AST), açúcares redutores (AR) e açúcares não redutores (ANR) em frutos de cafeeiro. O acúmulo de amido na altitude de 720 m antecedeu o acúmulo de amido na altitude de 950 m, apresentando maior porcentagem de ganho no estágio de expansão. No estágio de expansão rápida a concentração de carboidratos em folhas do 3^o e 4^o pares decresceu bruscamente sendo indicado como o período mais crítico da concentração de carboidratos em folhas. Palavras-Chave: Fisiologia vegetal; *Coffea arabica* L. carboidratos; temperatura.

ASSIMILATE PARTITIONING IN LEAVE AND FRUIT THE COFFEE PLANT CULTIVATED IN FOUR ALTITUDES

Abstract:

There was studied the accumulation of carbohydrates in fruits of arabic coffee plant during the period comprehended among the anthesis and maturation in two altitudes, as well as, the variation in the content in leaves of these productive branches. The experiment was constituted of the coffee plant variety (*Coffea arabica* L.) Catuaí IAC 44 cultivated to 720 and 950 m of highs above the sea level Martins Soares-MG. The experimental design was entirely randomized with 3 repetitions using split-plot in time scheme. The high above sea level of the crop location influenced the reproductive cycle of the coffee plant, providing larger time for formation of the fruits. The altitude of 720 m contributed to a larger acceleration in the accumulation of starch, TSS, RS and RNS in coffee plant fruits. The accumulation of starch in the altitude of 720 m preceded the accumulation of starch in the altitude of 950 m, presenting larger earnings percentage in the expansion stadium. In the stadium of fast expansion the carbohydrates concentration in leaves of the 3rd and 4^o equal decreased abruptly being indicated as the period more critic of the carbohydrates concentration in leaves.

Key words: Plant physiology; *Coffea arabica* L.; Mineral nutrition; Temperature.

Introdução

O cafeeiro nas condições de cultivo a pleno sol é caracterizado como uma planta que apresenta bienalidade de produção, com alternância de safras significativas ao longo dos anos. A bienalidade de produção parece estar associada à incapacidade da planta de cafeeiro de sintetizar, em anos de alta produção de frutos, fotoassimilados suficientes para suprir as demandas da frutificação e, paralelamente, as necessidades para o crescimento dos órgãos vegetativos (Carvalho et al, 1993; Rena & Maestri, 1985).

Sendo os frutos os drenos preferenciais por fotoassimilados durante o período reprodutivo, Rena et al. (1996), sugerem elevado grau de dependência do estado nutricional da planta e da relação funcional entre folha e fruto. A dependência do cafeeiro desta relação funcional deve-se à característica da espécie de não regular a carga de frutos, que em grande quantidade em relação à área foliar provoca distúrbios fisiológicos, como a seca de ponteiros (Rena & Carvalho, 2003).

A compreensão da partição de fotoassimilados em folhas e frutos de cafeeiro pode ser uma importante ferramenta para se identificar os períodos críticos, de maior demanda de fotoassimilados, durante o estágio reprodutivo. Com esta informação seria possível maximizar, através de práticas culturais, a produção de fotoassimilados nos períodos mais críticos de forma que a planta viesse a produzir carboidratos em quantidades suficientes para o desenvolvimento dos frutos e para manutenção do crescimento vegetativo, reduzindo a bienalidade de produção.

Em regiões de maior altitude observa-se que o cafeeiro leva maior tempo para completar o seu ciclo. Essa informação leva a crer que o pico de exigência em fotoassimilados pelo cafeeiro cultivado em regiões de maiores altitudes seja mais tardio que em regiões de menores altitudes.

De posse dessas informações, foi objetivo deste trabalho estudar partição de fotoassimilados para frutos de cafeeiro arábico da antese à maturação, bem como, avaliar a variação na concentração destes compostos em folhas dos ramos produtivos em duas altitudes de implantação da lavoura.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Centro de Pesquisas Cafeeiras Eloy Carlos Heringer (CEPEC), localizado no município de Martins Soares, MG. O experimento foi constituído da variedade de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) Catuaí IAC 44 em duas altitudes, conforme Tabela 1:

Tabela 1 – Caracterização das lavouras de cafeeiro Catuaí IAC 44 utilizadas no experimento

Tratamento	Idade	Espaçamento	Produtividade (sc/ha)**
720 m	4 anos*	2,0 x 1,0 m	21
950 m	11 anos	1,7 x 0,7 m	34

* Lavoura recepada em 2002

** Uma saca de café pesa 60 kg.

No mês de agosto foi realizada a análise química do solo de cada talhão da propriedade para efetuar a correção de acidez do solo e o fornecimento de nutrientes minerais. O fornecimento de macronutrientes foi via solo, em função da fertilidade do solo e a carga pendente de frutos (Guimarães et al., 1999). O enxofre foi fornecido como elemento acompanhante de fertilizantes nitrogenados. Os micronutrientes Zn, B e Cu foram supridos por meio de três aplicações foliares anuais aos 8, 72 e 103 dias após a antese, utilizando-se sulfato de zinco, ácido bórico, hidróxido de cobre e cloreto de potássio (como adjuvante), na concentração de 4 g/L de cada adubo.

O delineamento experimental empregado foi inteiramente ao acaso distribuído em um esquema de parcelas subdivididas no tempo, com 2 parcelas (altitudes), 12 subparcelas (datas de amostragens) e três repetições. Para cada altitude foram selecionadas 20 plantas dispostas em quatro fileiras, que constituíram as parcelas experimentais.

O período amostral iniciou-se após 11 de outubro de 2005 quando houve antese floral e a partir dessa data efetuaram-se coletas periódicas de folhas e frutos durante o desenvolvimento reprodutivo do cafeeiro: aos 34, 52, 65, 85, 100, 114, 134, 161, 190, 217, 239 e 266 dias após a antese (DAA). Para análise de carboidratos foram selecionadas as amostras referentes aos 34, 52, 100, 114, 161, 217, 266 DAA, sendo que para a análise de amido em folhas foram perdidas as amostras referentes aos 34 DAA. Os frutos foram colhidos aleatoriamente na parcela, em ramos pertencentes ao terço médio da planta coletando-se as folhas correspondentes aos 3º e 4º pares, contadas a partir do ápice, de ramos com frutos, também situados no terço médio da planta. Em todas as amostragens foram coletado 1 a 2 gramas de frutos/parcela. Para amostragem de folhas foi utilizado um furador de rolhas de 1,9 cm de diâmetro, coletando 7 discos (aproximadamente 500 mg) por parcela em todas as amostragens. Após as coletas os frutos e os discos foliares foram colocados em nitrogênio líquido e posteriormente armazenados em freezer a -60 °C.

Após a determinação da matéria seca (MS) das amostras foram realizadas as análises de amido, açúcares solúveis totais (AST), açúcares redutores (AR) e, por diferença, foi obtido a concentração de açúcares não redutores.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e regressão. Para explicar fisiologicamente o acúmulo de carboidratos em frutos utilizaram-se modelos de regressões não-lineares sigmoidais com 3 e 4 parâmetros, conforme descrito abaixo. A escolha dos modelos foi feita de acordo com o ajuste (R^2) e melhor representação do fenômeno.

O ganho de acúmulo (GA) foi obtido de acordo com as diferenças entre o mínimo e o máximo ganho de acúmulo em cada em cada estágio de formação do fruto, sendo os valores em porcentagem obtidos em relação ao acúmulo final alcançado.

Durante o período reprodutivo foram coletadas as temperaturas mínimas e máximas, a umidade relativa (UR) entre 9 e 10 horas da manhã em intervalos de tempo semanais (Tabela 2).

Tabela 2 – Médias das temperaturas médias das mínimas e máximas e umidade relativa ocorridas durante o período reprodutivo do cafeeiro em duas altitudes.

Temperaturas	Altitudes	
	720 m	950 m
Temp. Mínima Média (°C)	16,22	17,33
Temp. Máxima Média (°C)	30,22	26,94
Umidade Relativa (%)	73,33	81,50

Resultados e Discussão

A extensão do ciclo do cafeeiro, bem como, a duração dos estádios reprodutivos foi influenciada pela altitude de cultivo da lavoura (Fig. 1.A; Tab. 3). Na altitude de 720 m observou-se que o fruto necessitou de 211 dias para sua formação, enquanto que a 950 m a formação do fruto foi até 262 dias após a antese (DAA). A duração do ciclo nas duas altitudes foi maior comparada à observada por Laviola (2004) em Viçosa, o qual verificou um ciclo de 224 dias para formação dos frutos de cafeeiro. Porém, Viçosa está a 650 m de altitude, o que evidencia a redução da extensão do ciclo do cafeeiro em menores altitudes.

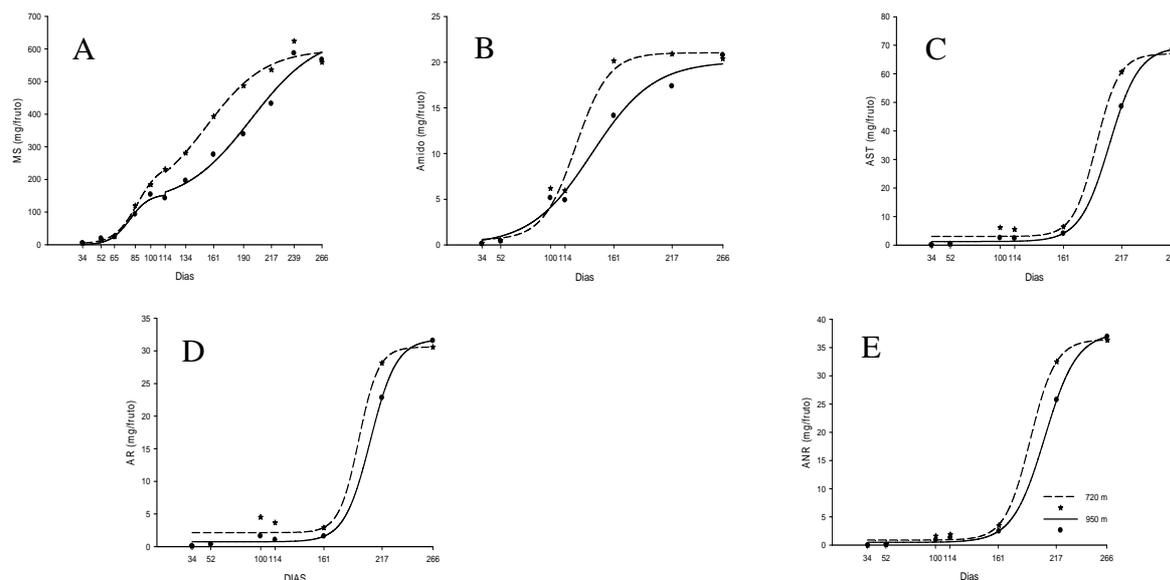


Figura 1 – Acúmulo de MS (A), Amido (B), AST (C), AR (D), ANR (E) em frutos de cafeeiro em função do tempo decorrido após a antese em duas altitudes.

Tabela 3 – Delimitação dos estádios de formação do fruto de cafeeiro (DAA) durante o período reprodutivo com base nas curvas de acúmulo de matéria seca em frutos. Os valores entre parênteses representam à duração (dias) dos estádios.

Altitude	Chumbinho	Exp. Rápida	Cresc. Susp.	Granação	Maturação
720 m	0-65 (65)	65-109 (44)	109-114 (5)	114-211 (97)	211-266 (55)
950 m	0-61 (61)	61-98 (37)	98-114 (17)	114-262 (148)	262-266 (4)

Durante o seu desenvolvimento, independentemente da altitude, os frutos passaram por cinco estádios distintos de formação, sendo estes, de acordo com Rena et al. (2001), chumbinho, expansão rápida, crescimento suspenso, granação e maturação (Tabela 4). De acordo com Camargo & Cortez (1998) os estádios de formação dos frutos são bem definidos, porém, estes podem adiantar-se ou atrasar-se em função do clima e da região, inclusive a altitude.

No estádio de chumbinho os frutos apresentaram acúmulo pouco expressivo de matéria seca, amido e açúcares solúveis totais (AST) (Figura 1; Tabela 3). De acordo com Cannel (1971) e Leon & Fournier (1962) os frutos de cafeeiro neste estádio apresentam elevada taxa de divisão e de respiração celular, o que impossibilitaria o acúmulo de compostos de reserva (amido), bem como, de açúcares redutores (AR) e não redutores (ANR). O processo de divisão celular apresenta alta demanda por energia metabólica (ATP) proveniente da degradação de carboidratos durante a respiração celular (Taiz & Zeiger, 2004; Marengo & Lopes, 2005).

O estádio de expansão rápida (Figura 1.A; Tabela 3) se caracteriza, principalmente, por um rápido alongamento das células dos frutos, atingindo no final do estádio cerca de 80 % do tamanho final do fruto (Rena et al., 2001; Cannel, 1971). No estádio de expansão rápida se observou acúmulo expressivo de matéria seca nos frutos, sendo que na altitude de 720 m ocorreu maior ganho de acúmulo comparado à altitude de 950 m (Tabela 4). O acúmulo de matéria seca no estádio de expansão rápida esta relacionado, principalmente, á deposição de material de parede (Coombe, 1976), essencial para o processo de alongamento celular (Marengo & Lopes, 2005).

No estádio de expansão rápida não se observou aumento significativo no acúmulo de AST, AR e ANR nos frutos de cafeeiro, assim como, efeitos da altitude (Tabela 2). É possível que a maior parte dos fotoassimilados drenados para os frutos nesta época tenha sido convertida em polímeros de parede (Taiz & Zeiger, 2004), impedido que estes fossem acumulados nos frutos.

No estádio de granação (Tabela 3), também chamado de enchimento do endosperma, a matéria seca é depositada, principalmente, nas sementes (Rena et al., 2001), sendo o amido um dos principais compostos de reserva (Giorgine & Campos, 1992). O acúmulo de amido nos frutos cessou antes do final do estádio de granação, ou seja, as reservas das sementes são acumuladas antes dos frutos completarem sua formação final (Figura 1).

Na altitude de 720 m o acúmulo de amido nos frutos cessou antes do acúmulo deste composto na altitude de 950 m (Tabela 4). Além disso, houve um maior ganho de acúmulo (GA) de amido no estádio expansão rápida a 720 m quando comparado ao que ocorreu a 950 m de altitude. Por outro lado, no estádio de granação, observou-se maior proporção no acúmulo de nutrientes a 950 m comparado a 720 m de altitude. Desta forma, observa-se que parece haver uma compensação no acúmulo de amido entre os dois estádios. Se no estádio de expansão o acúmulo é mais acelerado, no estádio de granação o acúmulo será em menor velocidade e vice-versa. Com estes resultados pode se inferir que o acúmulo de amido em frutos é mais precoce em menores altitudes. Desta forma, enchimento de grãos é mais crítico em condições de menor altitude, já que a planta necessita completar estes processos em menor espaço de tempo.

Tabela 4 – Ganho de acúmulo (GA, mg/fruto) de acordo com o estágio de formação do fruto de cafeeiro em duas altitudes.

Variável	Altitude	Chumbinho		Exp Rapida		Cresc. Susp		Granação		Maturação*	
		GA	%	GA	%	GA	%	GA	%	GA	%
MS	720 m	32,8	5,56	186,3	31,58	10,15	1,72	312,9	53,10	47,34	8,03
	950 m	18,6	3,15	118,1	20,00	15,52	2,63	431,8	73,12	6,49	1,10
Amido	720 m	1,032	4,91	5,201	24,72	1,372	6,52	13,35	63,45	0,08	0,41
	950 m	1,298	6,54	2,613	13,17	1,987	10,01	13,90	70,07	0,04	0,20
AST	720 m	3,078	4,59	0,034	0,05	0,020	0,03	53,71	80,13	10,184	15,20
	950 m	1,346	1,96	0,033	0,05	0,074	0,11	66,81	97,44	0,301	0,44
AR	720 m	2,161	7,06	0,003	0,01	0,002	0,01	24,146	78,90	4,292	14,03
	950 m	0,776	2,46	0,005	0,02	0,015	0,05	30,685	97,18	0,093	0,30
ANR	720 m	0,918	2,52	0,040	0,11	0,021	0,06	29,48	80,98	5,947	16,13
	950 m	0,564	1,52	0,034	0,09	0,067	0,18	36,11	97,63	0,211	0,57

* Considerou-se como maturação o período após o início da estabilização no acúmulo de MS no fruto, embora as mudanças na coloração da casca correspondentes a maturação tenham iniciado antes.

O acúmulo de açúcares solúveis em frutos de cafeeiro iniciou-se na metade final do estágio de granação e finalizou-se próximo à formação final dos frutos (Figuras 1.C, D e E). O aumento do conteúdo de açúcares solúveis em frutos no final do ciclo reprodutivo ocorre, principalmente, na polpa do fruto (Geromel et al., 2005) e esta associado às mudanças morfo-fisiológicas relacionadas ao amadurecimento (Rena et al., 2001; Puschmann, 1975).

Verificou-se que o acúmulo de AST, AR e ANR em frutos no estágio de granação na altitude de 720 m antecedeu o acúmulo destes compostos na altitude de 950 m, como pode ser verificado na Fig. 1, evidenciando o efeito da altitude no acúmulo de açúcares.

Os efeitos da altitude no ciclo reprodutivo, bem como no acúmulo de amido, AST, AR e ANR estão relacionados, principalmente, a variações de temperaturas máximas entre as altitudes (Tabela 2). A temperatura possui uma influência direta sobre processos regulatórios da planta, sendo que em menores temperaturas a velocidade das reações enzimáticas é reduzida e, conseqüentemente, as taxas fotossintéticas e respiratórias também são restringidas (Larcher, 2004). A exposição de um tecido-dreno a baixas temperaturas inibe as atividades que necessitam de energia metabólica e resulta na diminuição da velocidade do transporte em direção ao dreno. (Taiz & Zeiger, 2004).

A concentração de amido no 3º e 4º pares de folhas decresceu bruscamente no início do período reprodutivo, até 100 DAA, independentemente da altitude de cultivo (Figura 2.A). A queda na concentração de amido nas folhas nesta época, está relacionado, principalmente, às demandas por fotoassimilados nos frutos, bem como, as exigências para o crescimento vegetativo, o qual é intenso até meados de janeiro (Amaral et al., 2001).

Após os 100 DAA, verificou-se que a concentração de amido em folhas se elevou novamente na altitude de 720 m, enquanto que na altitude de 950 m a concentração deste composto manteve-se baixa, apresentando uma pequena tendência de aumento no final do ciclo reprodutivo. É possível que a maior concentração de amido em folhas na altitude de 720 m esteja relacionada à menor produção de frutos (Figura 1). Uma menor produção de frutos pode ter resultado em menor força de dreno (Taiz & Zeiger, 2004) e, com isto, ocorrendo balanço positivo de fotofotoassimilados nas folhas, que pode ser armazenado na forma de amido (Marenco & Lopes, 2005).

A concentração de AST e AR, conforme ocorreu com o conteúdo de amido, também decresceu bruscamente no início do período reprodutivo, até cerca dos 114 DAA (Figuras 2.B e C). É provável que a maior parte do açúcar sintetizado neste período tenha sido mobilizado para o crescimento vegetativo, assim como, para a frutificação. Com relação ao ANR (Figura 2.D), observou-se queda nas folhas no início do ciclo reprodutivo apenas na altitude de 950m, enquanto que a 720 m de altitude, a concentração de ANR nas folhas se elevou.

O estágio de expansão rápida do fruto (Figura 1.A e Tabela 3) parece ser o período mais crítico da concentração de carboidratos nas folhas de cafeeiro (Figura 2). De acordo com Wormer & Ebagole (1965) e Patel (1970) quanto mais intensa a frutificação, menor o teor de amido nos ramos, podendo até ocorrer o esgotamento total das reservas na fase de expansão rápida dos frutos. No entanto, verifica-se pela Tab. 4 que a fase de maior demanda de fotoassimilados pelos frutos é o estágio de granação, que ocorreu após os 114 DAA. O estágio de expansão rápida é também o período de maior crescimento vegetativo (Amaral et al., 2001) atingindo-se no estágio de granação uma área foliar fotossinteticamente ativa superior à do início do ciclo reprodutivo (Castro, 2002). Como a produção de fotoassimilados pela planta depende não só da taxa fotossintética, mas, também da área foliar, é possível que na época de granação haja um maior número de folhas (maior área foliar) para suprir um mesmo número de frutos. Desta forma, haveria um menor esgotamento das reservas orgânicas de cada folha, podendo em alguns casos haver aumento do conteúdo de compostos de reservas, como o observado na Figura 2.A.

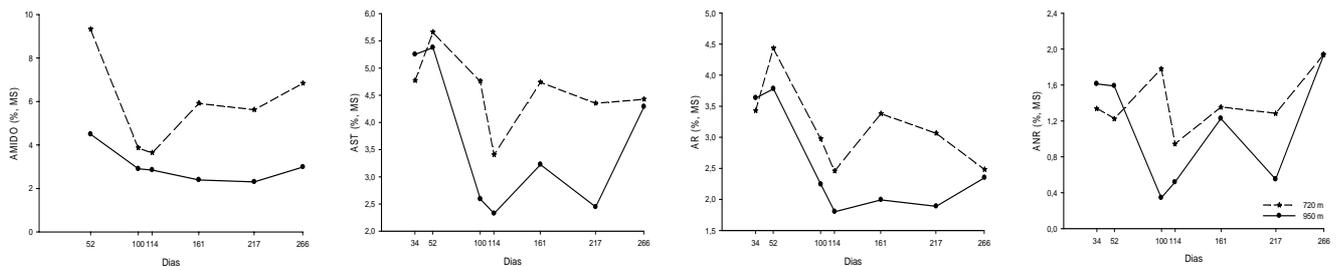


Figura 2 – Concentração de Amido, AST, AR, ANR em folhas de cafeeiro em função do tempo decorrido após a antese em duas altitudes.

As práticas culturais adequadas no início do período reprodutivo, principalmente relacionadas à nutrição mineral, são importantes para proporcionar um rápido aumento da área foliar das plantas e, posteriormente, garantir uma granação adequada dos frutos do cafeeiro. Por outro lado, sendo os frutos drenos prioritários, se não houver aumento significativo da área foliar até final do estágio de expansão pode haver esgotamento das plantas no período de maior demanda (granação) e desta forma, intensificação do fenômeno da bionalidade de produção do cafeeiro. É importante ressaltar que as reservas foliares de amido são apenas um indicativo do status metabólico da planta, pois por si só não possui capacidade de sustentar o crescimento vegetativo e o enchimento de grãos, sendo estes processos altamente dependentes da fotossíntese corrente (Carvalho et al., 1993).

Conclusões

1. A altitude de cultivo do cafeeiro influenciou na extensão do ciclo, bem como no acúmulo de carboidratos em frutos e folhas de cafeeiro.
2. A altitude de 720 m contribuiu para um maior aceleramento no acúmulo de amido, AST, AR e ANR em frutos de cafeeiro.
3. A granação dos frutos é mais crítica em condições de menor altitude, já que a planta necessita completar este processo em menor espaço de tempo.

Agradecimentos

A Universidade Federal de Viçosa, ao CNPq, ao Centro de Pesquisas Cafeeiras Eloy Carlos Heringer (CEPEC) e ao Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café pelo financiamento do projeto.

Referências

- AMARAL, J.T.; DaMATTA, F.M.; RENA, A.B. Effects of fruiting on the growth of arabica coffee trees as related to carbohydrate and nitrogen status and to nitrate reductase activity. **R. Bras. Fisiol. Veg.** v. 13. n. 1, p. 66-74, 2001.
- CAMARGO, A.P.de & CORTEZ, J.G. As oito fases fenológicas da frutificação do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 24. **Anais...** Rio de Janeiro : PROCAFÉ, 1998.
- CANNEL, M.G.R. Seasonal patterns of growth and development of arabica coffee in Kenya. PartIV. Effects of seasonal differences in rainfall on bean size. **Kenya Coffee**, 36: 175-180, 1971
- CARVALHO, C.H.S. de; RENA, A.B.; PEREIRA, A.A.; CORDEIRO, A.T. Relação entre produção, teores de N, P, Ca, Mg, amido e seca de ramos do Catimor (*Coffea arabica* L.). **Pesq. Agropec. Brasileira**. Brasília: v.28, n.6, p.665-673, 1993
- CASTRO, A.M. de. **Efeito de desfrutificações sequenciais sobre o crescimento e produção de cafeeiro arábico..** 2002, 97f. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) – Curso de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.
- COOMBE, B.G. The development of fleshy fruits. **Ann. Rev. Plant Physiol.** 27:507-28, 1976
- GEROMEL, C.; FERREIRA, L.F.P.; CAVALARI, A.A.; PEREIRA, L.F.P.; VIEIRA, L.G.E.; LEROY, T.; MAZZAFERA, P.; MARRACINNI, P. Metabolismo de açúcares durante o desenvolvimento de frutos de café. SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 4, 2005, Londrina, PR. **Anais...** Brasília: EMBRAPA, 2005. CD-ROOM
- GIORGINE, J.F.; CAMPOS, C.A.S.P. Changes in the content of soluble sugars and starch synthesis and degradation during germination and seedling growth of *coffea arabica* L. **R. Bras. Fisiol. Veg.** v.4, n.1, p. 11-15, 1992.
- GUIMARÃES, P.T.G.; GARCIA, A.W.R.; ALVAREZ V., V.H.; PREZOTTI, L.C.; VIANA, A.S.; MIGUEL, A.E.; MALAVOLTA, E.; CORRÊA, J.B., LOPES, A.S.; NOGUEIRA, F.D.; MONTEIRO, A.V.C. Cafeeiro. In: Ribeiro, A.C.; Guimarães, P.T.G.; Alvarez V., V.H. (Eds.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**, 5ª Aproximação. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG. Viçosa, 1999. p. 289-302.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa, 531p., 2004
- LAVIOLA, B.G. **Dinâmica de macronutrientes em folhas, flores e frutos de cafeeiro arábico em três níveis de adubação.** 2004, 100 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004
- LEON, J. & FOURNIER, L. Crecimiento y desarrollo del fruto de *Coffea arabica*. **Turrialba**, 12: 65-74, 1962
- MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa: UFV, 451p., 2005

- PATEL R.Z. A note on the seasonal variations in starch content of different parts of arabica coffee trees. **East. Afr. Agric. For. J.** n.36, p. 1-4, 1970.
- PUSCHMANN, R. **Características bioquímicas do fruto do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) durante a maturação.** 1975, 35f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Curso de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1975
- RENA, A. B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. Informe Agropecuário. Belo Horizonte: 11 (126), 1985, p.26-40
- RENA, A. B.; NACIF, A. P.; GONTIJO, P. de T.; PEREIRA, A. A. Fisiologia do cafeeiro em plantios adensados. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAFÉ ADENSADO, Londrina, 1994. **Anais...** Londrina: Instituto Agronômico do Paraná, 1996. p. 73-85.
- RENA, A.B. & CARVALHO, C.H.S. Causas abióticas da seca de ramos e morte de raízes em café. In: ZAMBOLIN, L. **Produção integrada de café.** Viçosa: DPF, UFV, 2003. P.197-222
- RENA, A.B.; BARROS, R.S.; MAESTRI, M. Desenvolvimento reprodutivo do cafeeiro. In: ZAMBOLIM L. **Tecnologias de produção de café com qualidade.** Viçosa: UFV, Departamento de Fitopatologia, 2001, p.101-128.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** 3ed. Porto Alegre: Artmed, 719p., 2004
- WORMER T.M., EBAGOLE H.E. Visual scoring of starch in *Coffea arabica* L. II. Starch in bearing and non-bearing branches. **Expl. Agric.** n. 1, p. 41-53, 1965.