

**MARCELO FRANCISCO POMPELLI**

**RESPOSTAS ANATÔMICAS E FISIOLÓGICAS DE PLANTAS DE  
CAFÉ CULTIVADAS EM DIFERENTES NÍVEIS DE NITROGÊNIO E  
IRRADIÂNCIA**

Tese apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa,  
como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em  
Fisiologia Vegetal, para obtenção  
do título de *Doctor Scientiae*

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2008

## RESUMO

POMPELLI, Marcelo Francisco, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2008. **Respostas anatômicas e fisiológicas de plantas de café cultivadas em diferentes níveis de nitrogênio e irradiância.** Orientador: Fábio Murilo DaMatta. Co-Orientadores: Marcelo Ehlers Loureiro e Marília Contin Ventrella.

Dois experimentos foram conduzidos separadamente e analisados como tal, a fim de investigarem-se os efeitos da irradiância e da nutrição diferencial de nitrogênio sobre (i) as respostas alométricas e morfológicas e (ii) os mecanismos de fotoproteção em plantas de café, sob condições de inverno. Procurou-se, ainda, avaliar os atuais modelos alométricos usados para a estimativa da área foliar do cafeeiro e propor um novo modelo usando medições não-destrutivas do limbo foliar nas duas espécies de cafeeiros mais cultivados no mundo (*Coffea arabica* e *C. canephora*). No primeiro experimento, plantas de *C. arabica* cv Catuaí Vermelho IAC 44 foram cultivadas em vasos de 12 L, a pleno sol ou sob redução de 50% da irradiância; para cada tratamento de luz, três níveis de nitrogênio (0, 16 e 23 mM, respectivamente níveis deficiente, adequado e em excesso) foram aplicados. A deficiência de N causou uma redução marcante no acúmulo de biomassa, independentemente do ambiente lumínico. Em todo o caso, as mudas cultivadas a pleno sol acumularam mais biomassa que as plantas sombreadas, um forte indício de que as taxas fotossintéticas líquidas foram maiores nas primeiras. A disponibilidade de luz, mas não de nitrogênio, promoveu alterações na morfologia da epiderme: um aumento da expansão foliar, nas plantas sombreadas, resultou em diminuição da densidade estomática de forma mais expressiva que a redução observada no índice estomático. Essas alterações foram independentes de qualquer alteração nas dimensões do estômato, porém dependentes de alterações na área média das células ordinárias da epiderme. No segundo experimento, as plantas foram cultivadas de modo semelhante ao primeiro experimento, porém em apenas dois níveis de nitrogênio (0 e 23 mM). As baixas temperaturas noturnas, combinadas às altas irradiâncias, especialmente nas plantas cultivadas a pleno sol, afetaram significativamente a assimilação líquida de carbono, devido, principalmente, às

limitações difusivas. As plantas sombreadas exibiram taxas fotossintéticas significativamente maiores em relação às das plantas cultivadas a pleno sol. Em contraste, a capacidade fotossintética potencial foi maior nas últimas, bem como nas plantas +N. Isso sugere que os efeitos positivos da nutrição nitrogenada sobre a fotossíntese, *in situ*, pode ter sido aparentemente atenuados pelas resistências difusivas impostas, presumivelmente, pelas baixas temperaturas noturnas. As plantas -N apresentaram menor concentração de clorofilas, especialmente nas plantas cultivadas a pleno sol. Nessas plantas, uma menor concentração de carotenóides, em base de massa, e a menor atividade da peroxidase do ascorbato foram circunstancialmente associadas ao acúmulo de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, que pode ter acarretado danos às membranas cloroplastídicas. Por outro lado, as plantas +N apresentaram maiores concentrações de clorofilas e carotenóides, fato que possivelmente contribuiu para a elevação da fração da energia luminosa usada na fotoquímica e uma diminuição da fração dissipada termicamente, particularmente nas plantas cultivadas à sombra. Nas plantas cultivadas a pleno sol, a atividade da catalase e da sintetase da glutamina (em decorrência da fotoinibição), são evidências circunstanciais de maior atividade fotorrespiratória das plantas cultivadas a pleno sol. Em todo o caso, a aclimatação da maquinaria fotossintética a condições de pleno sol foi fortemente dependente da disponibilidade de nitrogênio. No terceiro experimento, mostrou-se que as atuais metodologias de estimação da área foliar do cafeeiro, em geral, levam a uma subestimação da área foliar real. Desenvolveu-se um modelo potencial ( $Y = \beta_0 X^{\beta_1}$ ), baseado nas duas dimensões do limbo [Área foliar =  $0,6626 \times (\text{Comprimento} \times \text{Largura})^{1,0116}$ ];  $R^2 = 0,996$ ) com alta precisão e acurácia, dispersão normal dos resíduos e ausência de viés, independentemente da cultivar, do tamanho e da forma da folha. O comprimento apenas (e não a largura) pode ser utilizado, com boa acurácia, para a predição da área foliar, porém às expensas de uma ligeira perda de precisão, principalmente nas folhas com razão comprimento/largura menor que 2,0 ou maior que 3,0 (8% das folhas amostradas).

## ABSTRACT

POMPELLI, Marcelo Francisco, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February 2008. **Anatomical and physiological responses of coffee plants grown under different levels of nitrogen and irradiance.** Adviser: Fábio Murilo DaMatta. Co-Advisers: Marcelo Ehlers Loureiro and Marília Contin Ventrella.

Two experiments were carried out and analysed separately in order to investigate the effects of irradiance and nitrogen supply on (i) the allometric and morphological responses and (ii) photoprotection mechanisms in coffee plants under winter conditions. In addition, the currently used allometric models for estimating the area of a coffee leaf was examined, and a new, reliable and accurate model using non-destructive measurements of leaf dimensions for the two coffee (*Coffea arabica* and *C. canephora*) species economically important worldwide was developed. In the first experiment, plants of *C. arabica* cv Catuaí Vermelho IAC 44 were grown in 12L-pots either at full exposure or under 50% full sunlight; for each light treatment, three nitrogen levels (0, 16, and 23 mM, which were considered as deficient, adequate, and excessive levels, respectively) were applied. Nitrogen deficiency caused a remarkable reduction in biomass accumulation, independently of irradiance treatments. In any case, the seedlings grown at full exposure accumulated more biomass than the shaded individuals, indicating that photosynthetic rates were higher in the former. Availability of light, but not of nitrogen, led to changes in epidermis morphology: an increase of leaf expansion in shaded plants resulted in decreased stomatal density, which was stronger than the reduction found in stomatal index. Such changes were apparently independent on variations in stomatal dimensions, but dependent on alterations in the mean area of epidermal cells. In the second experiment, plants were grown as in the first experiment, with the exception that only two nitrogen levels (0 and 23 mM) were applied. The low night temperatures combined with high irradiances, especially in plants grown at full exposure, significantly impaired the rate of net carbon assimilation due mainly to diffusive limitations. Shaded plants showed greater *in situ* photosynthetic rates than sun-grown plants. In contrast, the potential photosynthetic capacity was larger in the

latter, as well as in +N plants than in -N plants. This suggests that the positive effects of nitrogen nutrition upon *in situ* photosynthesis should have been masked by the remarkable diffusive resistances presumably imposed by the low night temperatures. The -N plants had the lowest concentrations of chlorophylls, especially in sun-grown plants. In these plants, the smaller concentration of carotenoids on a fresh weight basis and the lower activity of ascorbate peroxidase were circumstantially linked to increased H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> levels, which may have caused damage to chloroplast membranes. On the other hand, the +N plants showed higher concentrations of chlorophylls and carotenoids, which possibly brought about an increase of the light fraction used in photochemistry and a decrease of the light fraction dissipated thermally, particularly under shade conditions. In sun-grown plants, activities of catalase and glutamine synthase increased (despite the occurrence of photoinhibition), which circumstantially evidence higher photorespiration rates in plants grown in the open. In any case, the acclimation of the photosynthetic machinery under full sunlight was strongly dependent on the nitrogen availability. In the third experiment, it was shown that the current main non-destructive methodologies for estimating the area of coffee leaves underestimate the true leaf area. A power model ( $Y = \beta_0 X^{\beta_1}$ ) based on two leaf dimensions [Leaf area = 0.6626(Length x Width)<sup>1.0116</sup>; R<sup>2</sup> = 0.996] with high precision and accuracy, random dispersion pattern of residuals and also unbiased, irrespective of cultivar and leaf size and shape, was developed. Even when the length (but not width) alone was used as the single leaf dimension, the power model developed still predicted with good accuracy the leaf area, but at the expense of some loss of precision, as particularly found for 8% of the leaves sampled with length-to-width ratios below 2.0 or above 3.0.