

Efeito da omissão nutricional no crescimento, índice de clorofila total e desempenho fotossintético de clones de *Eucalyptus* ⁽¹⁾.

Rafaella Silva Pereira⁽²⁾; Inaê Mariê de Araújo Silva⁽³⁾; Janaína Fernandes Golçalves⁽⁴⁾; Enilson de Barros Silva⁽⁵⁾; Israel Marinho Pereira⁽⁶⁾; Marcelo Luiz de Laia⁽⁷⁾;

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da FAPEMIG, CNPq e Aperam Bioenergia LTDA.

⁽²⁾ Estudante de graduação; Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri; Diamantina, Minas Gerais; rafaellaengflorestal@gmail.com; ⁽³⁾ Estudante de mestrado; Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri;

⁽⁴⁾ Estagiária de Pós-doutorado PNPd; Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal; Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. ⁽⁵⁾ Professor; Departamento de Agronomia; Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. ⁽⁶⁾ Professor; Departamento de Engenharia Florestal; Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. ⁽⁷⁾ Professor Orientador; Departamento de Engenharia Florestal; Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

RESUMO: Uma vez que a nutrição mineral é de suma importância para o desenvolvimento adequado de florestas plantadas no Brasil, analisar o comportamento de diferentes genótipos comerciais sob a omissão de alguns nutrientes pode permitir uma melhor otimização da aplicação de adubos nessa cultura e diminuir os custos de produção. Com esse objetivo, mudas do clone 224 de *Eucalyptus*, com 90 dias de idade, após a completa retirada do substrato presente nas raízes, foram cultivadas em vasos plásticos sem furos, contendo areia grossa lavada. Os vasos com as mudas foram dispostos em um delineamento inteiramente casualizado (DIC) e contou com os seguintes tratamentos: completo (adubado com N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn) e omissão individual dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu e Zn. Os nutrientes foram aplicados na forma de reagentes P.A. e misturados totalmente ao volume de substrato correspondente a cada tratamento. Constatou-se que Zn e Mg foram os nutrientes que mais limitaram o crescimento das mudas. Já a omissão de N afetou a quantidade média de clorofila total, ao contrário da falta de Ca, P e Cu, que proporcionou as maiores médias de clorofila total. De modo geral, a omissão nutricional pouco limitou a eficiência quântica potencial do PSII, exceto para o tratamento sem S.

Termos de indexação: nutrição mineral, fotossistema II, clorofila a.

INTRODUÇÃO

A cultura do eucalipto tem se concentrado em solos de baixa fertilidade, como os Neossolos Quartzarênicos e Latossolos de textura média, onde a adubação com macro e micronutrientes é necessária para que produtividades econômicas sejam alcançadas (Sgarbi et al., 1999). Apesar do eucalipto, em geral, ser apontado como uma planta pouco exigente a muitos elementos minerais, existem evidências de deficiências nutricionais documentadas em algumas plantações (Silveira et

al., 1995). Dessa forma, as informações básicas sobre nutrição mineral assumem grande importância, principalmente quando se visa utilizar, mais adequadamente, os fertilizantes em função das exigências nutricionais de cada clone cultivado (Sgarbi et al., 1999).

Uma maneira rápida e econômica de se gerar informações sobre nutrição mineral é detectar o elemento limitante, através da diagnose foliar. A deficiência mineral promove alteração no metabolismo do vegetal que, frequentemente, pode modificar os aspectos morfológicos (Silveira et al., 1995) e fisiológicos da planta.

Uma variável que tem recebido pouca atenção em estudos nutricionais, mas de grande importância para avaliar os efeitos deletérios da ausência de cada nutriente a nível de cloroplastos, é a razão Fv/Fm, que indica a eficiência quântica potencial do fotossistema II (PSII). Esta razão pode variar numa faixa de 0,75 a 0,85 em plantas em condições ambientais ótimas. Reduções nesta razão pode ser um indicativo de efeito fotoinibitório (Bolhar-Nordenkamp et al., 1989).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o efeito da omissão de macronutrientes, Zn e Cu sobre o crescimento, índice de clorofila total e eficiência fotoquímica de um clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de novembro de 2012 a janeiro de 2013 em casa de vegetação localizada no Centro Integrado de Propagação de Espécies Florestais, localizado no Campus JK da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, em Diamantina – MG. Foram utilizadas mudas de eucalipto oriundas de propagação vegetativa do clone 224 (*Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*) fornecidas pela Empresa Aperam Bioenergia LTDA, localizada no município de Itamarandiba – MG. As mudas foram produzidas, segundo os critérios comercialmente adotados pela empresa, em tubetes de polipropileno

contendo vermiculita (40%), casca de arroz carbonizada (30%) e fibra de coco (30%). Ao atingirem 90 dias de idade, as raízes das mudas foram lavadas, removendo-se todo o substrato com água destilada. Em seguida, as mudas com as raízes nuas foram transferidas para vasos plásticos sem furos, com capacidade de um litro, contendo areia grossa lavada e homogeneizada com cada um dos tratamentos: completo (adubado com N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn) e omissão individual dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu e Zn. A adubação completa consistiu em: 300 mg de N, 200 mg de P, 150 mg de K, 75 mg de Ca, 15,5 mg de Mg, 50 mg de S, 0,5 mg de B, 1,5 mg de Cu, 0,1 mg de Mo, 5 mg de Zn e 4 mg de Mn. As análises químicas da areia lavada mostrou que a quantidade do nutriente Fe presente no substrato era suficiente para o desenvolvimento da planta. A análise físico-química foi realizada pelo laboratório de análises de solos da Universidade Federal de Viçosa. Os nutrientes foram aplicados na forma de reagentes P.A. ou de soluções nutritivas ao volume de substrato correspondente a cada tratamento, imediatamente antes dos transplantes. A incorporação foi realizada com o uso de uma betoneira, de modo a garantir uma completa homogeneização. As plantas foram irrigadas diariamente, com água destilada, às oito horas, durante todo o período experimental, com volume suficiente para manter o substrato com umidade de 12%. A quantidade de água necessária foi obtida pelo método gravimétrico, onde a massa do conjunto vaso-solo-planta foi quantificada antes do horário de irrigação, estimando-se o volume necessário diariamente. No final do experimento (60 dias) efetuou-se as avaliações. Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado (DIC).

A altura total das plantas (do substrato até a inserção da última folha) foi medida com uma régua graduada em centímetros. O índice de clorofila total foi quantificado diretamente com clorofilômetro marca ClorofilOG (CFL 1030), conforme as instruções do fabricante, e expresso em uma unidade adimensional, chamada Índice de Clorofila Falker (ICF) (Falker, 2008). As medições foram efetuadas na primeira folha totalmente expandida e em bom estado fitossanitário. Foram feitas três leituras, sendo utilizado para análise o valor médio. As variáveis da fluorescência da clorofila *a* foram determinadas na primeira folha totalmente expandida utilizando um fluorímetro JUNIOR-PAM portátil. A partir dos valores de F_0 (fluorescência mínima) e de F_m (fluorescência máxima), calculou-se a fluorescência variável (F_v), determinando-se, então, a eficiência quântica potencial do PSII (F_v/F_m).

A influência dos tratamentos qualitativos nas características avaliadas foi estudada mediante análise de variância (ANOVA) e, quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Todas as

análises estatísticas foram realizadas no programa R (R Core Team, 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os tratamentos apresentaram comportamentos diferenciados quanto ao crescimento em altura, diâmetro, índice de clorofila total e F_v/F_m (Tabela 1).

Tabela 1: Resultados médios para as variáveis altura, índice de clorofila total e eficiência quântica potencial do PS II de mudas de eucalipto, após 60 dias da aplicação dos tratamentos, em função da omissão individual de cada nutriente ⁽¹⁾

Tratamentos	Altura(cm)	Clorofila total	F_v/F_m
Omissão de P	33,1250 a	46,3250 a	0,8275 a
Omissão de N	29,8750 ab	30,5100 b	0,7425 a
Omissão de Cu	29,5000 ab	44,9850 a	0,5850 ab
Omissão de K	29,3750 ab	40,2340 ab	0,6875 ab
Omissão de B	29,3750 ab	39,9825 ab	0,7625 a
Completo	28,6875 ab	42,2250 ab	0,8325 a
Omissão de Ca	28,2500 ab	47,2350 a	0,8350 a
Omissão de S	27,8750 ab	40,2100 ab	0,2475 b
Omissão de Zn	26,7500 b	41,2250 ab	0,6125 ab
Omissão de Mg	25,1250 b	40,2575 ab	0,7475 a

⁽¹⁾ Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Embora não estatisticamente diferente da maioria dos tratamentos (Figura 1), a omissão dos nutrientes Mg e Zn foram os que mais limitaram o crescimento em altura do clone em questão. A ausência destes nutrientes reduziram em 19,25% e 24,15%, respectivamente, a altura quando comparados ao tratamento sem P, tratamento este que menos limitou o crescimento em altura. O efeito depressivo da omissão de Zn sobre o crescimento de plantas é amplamente relatado na literatura e a sua função está relacionada à síntese do hormônio de crescimento auxina (Furlani et al., 2005).

O efeito sobre o crescimento em altura na ausência de P foi semelhante ao obtido por Sgarbi et al. (1999), também com clones híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*.

Para o tratamento completo, em função da ótima disponibilidade de nutrientes, esperava-se o maior crescimento em altura, fato não observado.

Em relação à clorofila total, apesar de alguns tratamentos não apresentarem diferenças estatísticas entre si, a omissão de alguns nutrientes ocasionou teores baixos para essa variável. O tratamento com omissão de N resultou em uma redução considerável do índice de clorofila total (Figura 2). Isto pode ser explicado pelo fato do N ser um importante constituinte da molécula de clorofila (Malavolta et al., 1997). Além disso, a

omissão de N reduz a metabolização de assimilados pela planta, além de fazer com que maiores quantidades de carbono sejam desviadas para a formação de amido (Ruft Jr. et al., 1998). Quando o acúmulo de amido no cloroplasto é excessivo, a fotossíntese pode ser seriamente afetada por dificultar a chegada de CO₂ aos sítios de carboxilação da rubisco, afetando, assim, a clorofila total (Guidi et al., 1998). Resultados semelhantes foram verificados em outros trabalhos (Lima et al. 2001; Lobo et al. 2012).

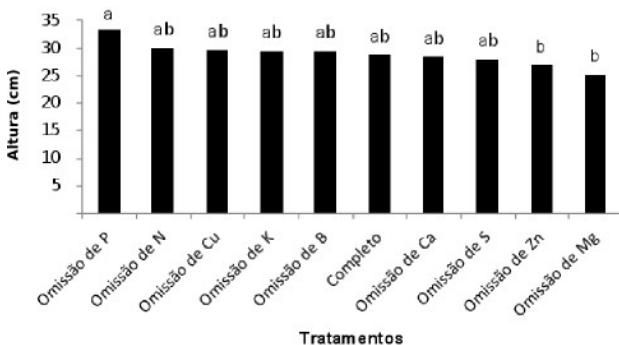


Figura 1: Altura total média do clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, em função dos tratamentos. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Os tratamentos com omissão de P, Cu e Ca apresentaram os maiores teores de clorofila total. Alguns trabalhos, como o desenvolvido por Naiff (2007), têm verificado uma coloração verde mais intensa, quase que azulada, em folhas com deficiência de P, associada, segundo Malavolta (1980), ao aumento da concentração relativa no teor de clorofila. Coloração semelhante foi observada neste estudo quando da omissão de P. Já para o Cu e Ca, a obtenção de teores altos de clorofila pode ser explicado por uma provável eficiência da planta no consumo desses nutrientes, ou por falta de relação funcional direta desses com a molécula de clorofila. Ao contrário desses dois, uma vez que de 6 a 25% do total de Mg da planta faz parte da molécula de clorofila (Vitti et al., 2006), esperava-se que a ausência de Mg apresentasse menor teor de clorofila total do que o encontrado.

Do mesmo modo, a fluorescência da clorofila a em função da omissão nutricional aplicada, em geral, mostrou pouca diferença entre as médias dos tratamentos adotados (**Figura 3**). O sinal básico da fluorescência possui níveis característicos, que refletem o "status" da planta naquele momento, em relação ao seu próprio metabolismo e deste com o ambiente em que se encontra (Ribeiro et al., 2004; Baker, 2008).

A eficiência quântica potencial do PSII, estimada pela razão Fv/Fm, indica a dissipação fotoquímica de energia e expressa a eficiência de captura desta energia de excitação pelos centros de reação

abertos do PSII (Baker et al., 1991). Esta razão pode variar numa faixa de 0,75 a 0,85 em plantas em condições ambientais ótimas. Reduções nestes valores podem ser um indicativo de efeito fotoinibitório (Bolhàr-Nordenkampf et al., 1989).

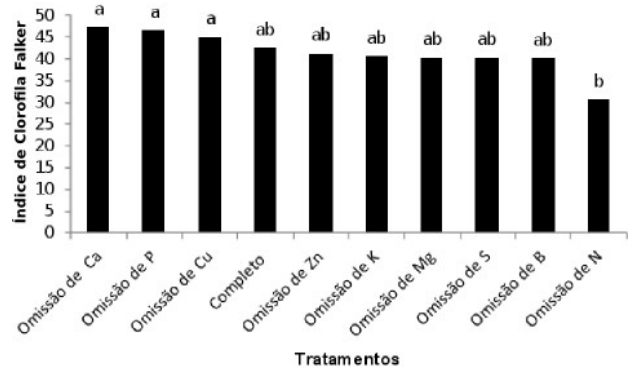


Figura 2: Clorofila total média do clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, em função dos tratamentos (Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade).

A omissão dos nutrientes K, Mg, Cu e Zn provocou redução nos valores da razão Fv/Fm para valores abaixo de 0,75, o que pode ser um indicativo tanto de uma regulação fotoprotetora reversível, quanto uma inativação irreversível do PSII (**Figura 3**).

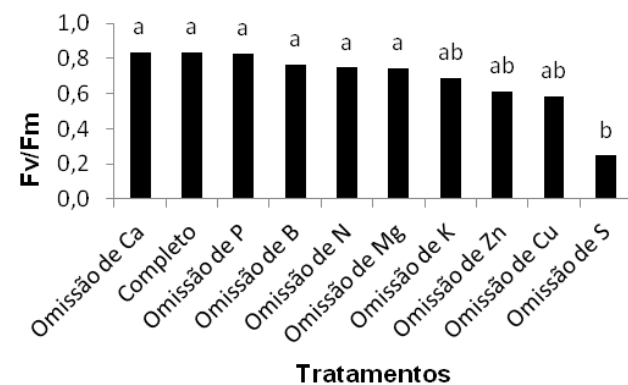


Figura 3: Eficiência quântica potencial do PSII do clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, em função dos tratamentos (Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade).

O tratamento que mais limitou a eficiência fotoquímica do PSII foi aquele em que se omitiu S. Os valores observados, consideravelmente baixos para a relação Fv/Fm, pode ser indicativo da ocorrência de um dano muito severo ao aparelho fotossintético. A influência de S na fase fotoquímica da fotossíntese não é relatada na literatura, mas a sua assimilação depende de ferredoxina reduzida, o

que poderia resultar em alterações no sinal da fluorescência. (Darlene et al., 2010).

Para os demais tratamentos não foram verificadas reduções na razão Fv/Fm, inclusive para o tratamento completo. Visto que a maioria dos nutrientes aqui estudados exercem uma influência direta ou indireta no funcionamento do aparelho fotossintético da planta, esperava-se valores abaixo de 0,75 para a maioria, senão para todos os tratamentos testados, excetuando-se o tratamento completo.

CONCLUSÕES

A omissão de nutrientes pode interferir na altura total, na quantidade de clorofila total e na eficiência fotoquímica do fotossistema II, para o clone em questão.

O crescimento em altura foi significativamente influenciado pela ausência de Zn e o Mg.

A omissão de N tem grande influência na quantidade de clorofila a.

O S foi o que mais interferiu no fotossistema II.

REFERÊNCIAS

- BAKER, N.R. A possible role for photosystem II in environmental perturbations of photosynthesis. *Physiologia Plantarum*, v.81, n.4, p.563-70, 1991.
- BOLHÀR-NORDENKAMPF, H.R et al. Chlorophyll fluorescence as probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrument. *Functional Ecology*, v.3, p.497-514, 1989.
- DARLENE A.P. V.; TOMÁS, A.P.; ELIANE S.S.; JOÃO B.T.; Fluorescência e teores de clorofila em abacaxizeiros cv. Pérola submetido a diferentes concentrações de sulfato de amônio. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 32, n. 2, p. 360-368, Junho 2010.
- FALKER AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA. Manual do medidor eletrônico de teor clorofila (ClorofiLOG/CFL 1030). Porto Alegre, 2008. P.33. Disponível em: <http://www.falker.com.br/produto_download.php?id=4>. Acesso em: 05 abril 2013 .
- FURLANI, A.M.C. et al. Eficiência de cultivares de milho na absorção e utilização de Zinco. *Sci. Agri.*, v.62, n.3, p.264-273, 2002.
- GUID, L. et al. Growth and a photosynthesis of *Lycopersicum esculentum* (L.) plants as affected by nitrogen deficiency. *Biologia Plantarum*, Prague, v.40, p.235-244, 1998.
- LIMA, E. do V. et al. Adubação NK no desenvolvimento e na concentração de macronutrientes no florescimento do feijoeiro. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 58, n. 1, p. 125-129, 2001.
- LOBO, D.M. et al. Características de Deficiência nutricional fazer amendoinzeiro submetido à omissão de N, P, K. *BioScience Journal*, Uberlândia, v.28, n.1, p.69-76, 2012.
- MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Ceres, 1980, 251p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: Potafós, p. 201, 1989.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: Potafós, p.1997. 319
- NAIFF, A.P.M. Crescimento, Composição Mineral e Sintomas Visuais de Deficiências de Macronutrientes em Plantas de *Alpinia Purpurata* Cv. Jungle King. 2007. 77p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém. 2007.
- RIBEIRO, R.V. et al. Environmental effects on photosynthetic capacity of bean genotypes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.39, n.7, p.615-623, 2004.
- R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. <http://www.R-project.org>. 2013
- RUFTY JR., T.W.; HUBER, S.C.; VOLK, R.J. Alterations in leaf carbohydrate metabolism in response to nitrog stress. *Plant Physiology*, Bethesda, v.88, p.725-730, 1998.
- SILVEIRA, R.L.V.A. et al. Levantamento nutricional de florestas de *Eucalyptus grandis* da região de Itatinga, SP: 1- macronutrientes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, Viçosa, 1995. Anais... Viçosa: SBCS, 1995. p.896-898.
- SGARBI, F. et al. Crescimento e produção de biomassa de clone de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* em condições de deficiência de macronutrientes, B e Zn. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 56, p. 69-82, 1999.
- VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, Magnésio e enxofre. In: In: FERNANDES, M. S. Nutrição mineral de plantas. Viçosa, SBCS, 2006. p.299-32.