

Conteúdo de nutrientes e pigmentos fotossintéticos em plantas de mogno crescidas com amônio e nitrato

Matheus da Silva Ferreira⁽¹⁾; José Zilton Lopes Santos⁽²⁾; Arnon Afonso de Souza Cardoso⁽¹⁾; Jaisson Miyosi Oka⁽³⁾ & Carlos Alberto Franco Tucci⁽²⁾

⁽¹⁾ Estudantes de Agronomia (Iniciação Científica), Universidade Federal do Amazonas - UFAM, Manaus – AM, matheus3ferreira@gmail.com. ⁽²⁾ Professores do Departamento de Engenharia Agrícola e Solos - UFAM, Manaus – AM. ⁽³⁾ Doutorando em Agronomia Tropical – UFAM, Manaus-AM.

RESUMO: O nitrogênio (N) é o nutriente que mais afeta o metabolismo das plantas, influenciando a absorção dos demais nutrientes e a produção de pigmentos fotossintéticos, podendo ser absorvido em diferentes formas e quantidades. Objetivou-se avaliar o efeito de doses e formas de nitrogênio no acúmulo de nutrientes e pigmentos fotossintéticos em plantas de mogno, em casa de vegetação. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial (2x6+1), com duas fontes de N (sulfato de amônio e nitrato de cálcio.) e seis doses (0; 50; 100; 150; 200; 400 mg dm⁻³ de N), além de um tratamento adicional, que recebeu 100 mg dm⁻³ de N, metade na forma de amônio e o restante na forma de nitrato. Aos 150 dias após o transplante, as plantas foram coletadas para a determinação dos acúmulos de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe e Mn, clorofilas *a* e *b* e carotenoides nas folhas do mogno. A melhor fonte foi o sulfato de amônio. A dose que promoveu a melhor resposta dos parâmetros avaliados foi 232 mg dm⁻³ de N.

Termos de indexação: nitrogênio; espécie clímax; nutrição mineral.

INTRODUÇÃO

O nitrogênio (N) é um dos elementos requeridos em maior quantidade pelas plantas, sendo o nutriente mineral mais limitante no crescimento e desenvolvimento das espécies vegetais. No solo, este é encontrado predominantemente na forma de complexos orgânicos e em menor proporção em frações inorgânicas, geralmente compostas por NH₄⁺ e NO₃⁻ (Cantarella, 2007).

As espécies vegetais possuem diferentes preferências quanto à exigência das formas de N inorgânico. Segundo Li et al. (2013), as plantas cultivadas podem ser classificadas em quatro grupos: plantas com preferência por N-NH₄⁺; plantas com preferência para N-NO₃⁻; efeito igual de N-NH₄⁺ e N-NO₃⁻ e uso combinado das duas formas, sendo este superior ao N-NH₄⁺ ou NO₃⁻ isolados. O uso de NH₄⁺ isolado e em doses altas pode causar toxicidade e limitar o crescimento de algumas espécies vegetais. Em relação às espécies florestais estudos tem demonstrado a predileção de algumas espécies pela forma amoniacal (Marques et. al., 2006) enquanto outras espécies não apresentam esse tipo

de preferência (Feitosa, 2011). Em relação ao mogno estudos preliminares demonstraram que adubação nitrogenada, utilizando a ureia como fonte única, favorece as características biométricas e promove maiores acúmulos de nutrientes (Tucci et al., 2009). No entanto, ainda existe a escassez de conhecimento sobre as preferências de absorção das formas de N pela espécie.

Além disso, considerando que a disponibilidade de nutrientes pode alterar a taxa de crescimento através de mudanças no particionamento da matéria seca, na área foliar específica ou na taxa de assimilação por unidade de área foliar. E também a necessidade de trabalhos que determinem a dosagem de N para a produção florestais. É provável que a escolha correta tanto da forma quanto da dose de N exigida para determinada espécie aperfeiçoará a resposta desta quanto a absorção tanto do N como dos demais nutrientes, pois, o aumento no crescimento das plantas é alcançado quando há um ótimo equilíbrio de nutrientes como N: P, N: K, N: S, P: K e Ca: Mg, (Herbert, 1996). Evidência da melhoria da absorção de um nutriente em função do aumento da disponibilidade de um outro tem sido observado na literatura, como em *Eucalyptus grandis* em função da fertilização com P (Graciano et al., 2006).

Por outro lado, a taxa de absorção de íons pode ser influenciada pelos contra íons presentes na solução do solo. De modo que pode haver uma redução na absorção de cátions, e aumento na absorção de ânions quando as plantas receberem maior proporção de N-NH₄⁺ ao invés de N-NO₃⁻. Dessa forma, a redução na absorção de cátions pode proporcionar uma limitação no crescimento das plantas quando o amônio é a principal fonte de N, porém, tal comportamento é dependente da espécie vegetal utilizada e das condições de crescimento (Lasa et al., 2000).

Outras variáveis relacionadas ao metabolismo do N, tal como concentração de clorofila, são importantes pra compreender o padrão de resposta de uma determinada espécie quando cultivadas com diferentes formas inorgânicas de N. Garbin & Dillenburg (2008) avaliando o efeito de diferentes fontes de N sobre a concentração de clorofila, em *Araucaria angustifolia*, verificaram que os maiores valores de clorofila *a*, *b* e total foram proporcionadas pelo N-NH₄⁺. Estudos envolvendo outras espécies

(Argenta et al., 2001) também tem mostrado efeito tanto de níveis quanto de formas de N sobre parâmetros fisiológicos ligados diretamente ou indiretamente à fotossíntese de diferentes espécies vegetais. Diante do exposto, objetivou-se com o presente estudo avaliar o efeito de níveis e formas de N sobre o acúmulo de nutrientes e produção de pigmentos fotossintéticos em plantas jovens de mogno.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Engenharia Agrícola e Solos da UFAM, utilizando-se como substrato uma amostra de Latossolo Amarelo distrófico típico, textura argilosa, coletado na camada subsuperficial (20 - 40 cm), sob vegetação de mata secundária.

Após a coleta, o solo foi seco ao ar, destorroado e passado em peneira de 4,0 mm de abertura. Subamostras foram caracterizadas química e granulometricamente, apresentando: pH (H₂O) = 4,3; matéria orgânica (MO) = 1,2 dag kg⁻¹; P = 1,5 mg; K = 8,0 mg; Ca = 0,1 cmol_c; Mg = 0,1 cmol_c; Al = 1,4 cmol_c; H + Al = 7,9 cmol_c; Zn = 0,1 mg; Fe = 220,3 mg; Mn = 0,2 mg; Cu = 0,2 mg; B = 0,2 mg dm⁻³; areia = 25,80%; silte = 25,80%; e argila = 55,80%.

O solo recebeu uma dose equivalente a 4,6 t ha⁻¹ de carbonato de cálcio e carbonato de magnésio p.a., na relação Ca: Mg 4:1, objetivando elevar a saturação por bases a 60%. Em seguida, o solo foi incubado por 30 dias.

O delineamento adotado foi em blocos inteiramente casualizados, obedecendo ao esquema fatorial (2 x 6 + 1), com cinco repetições e uma planta por parcela. Os tratamentos foram constituídos por duas fontes de N (sulfato de amônio e nitrato de cálcio) e seis doses (0; 50; 100; 150; 200; 400 mg dm⁻³ de N), além de um tratamento adicional, o qual recebeu a aplicação de 100 mg dm⁻³ de N, metade na forma de amônio e o restante na forma de nitrato. A aplicação de N foi dividida em quatro parcelas iguais, uma aplicada 30 dias antes do momento do transplantio, e as demais a cada de 30 dias de intervalo entre si.

Em todas as parcelas, efetuou-se uma adubação básica com macro e micronutrientes constituída de: 100; 455; 0,81; 1,33; 0,15; 3,66; 4,0 mg dm⁻³ de K, P, B, Cu, Mo, Mn e Zn respectivamente. Utilizando sais p.a. e balanceados de forma que apenas o N variasse, sendo o substrato novamente incubado por 30 dias.

Após o período de incubação, procedeu-se o transplantio das plântulas para vasos de 4,0 dm³ cotendo os tratamentos. As plantas encontravam-se

no estágio de 4-5 folhas definitivas, sendo estas obtidas via seminal com germinação feita em areia lavada.

Durante o cultivo das plantas, foi realizada uma adubação complementar com 200 mg dm⁻³ de K, parcelada em duas doses iguais, aplicadas aos 30 e 60 dias após o transplantio.

Durante os períodos de incubação e condução do experimento a umidade foi mantida em torno de 60% do volume total de poros, através de pesagens dos vasos e uso de água deionizada.

Aos 150 dias após o transplantio, as plantas foram colhidas para obtenção da massa seca da parte aérea (folhas + ramos + caule), após secagem em estufa de circulação forçada de ar, com temperatura variando de 65 a 70 °C. Em seguida o material vegetal foi moído em moinho tipo Willey e analisado quimicamente. Com base nos teores de nutrientes e na produção de matéria seca da parte aérea, foi calculado o acúmulo de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe e Mn. As determinações dos teores de clorofila *a*, clorofila *b* e carotenoides foram feitas de acordo com Lichtenthaler & Wellburn (1983).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. Os acúmulos de nutrientes e pigmentos fotossintéticos foram ajustados em modelos de regressão, como variáveis dependentes das doses de N. A dose para máxima eficiência física (MEF) foi obtida derivando-se as equações ajustadas para o acúmulo de N e de pigmentos fotossintéticos, e a dose para máxima eficiência econômica (MEE) foi estimada considerando-se 90% da produção da MEF.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Acúmulo de nutrientes

Não houve interação significativa dos fatores formas e doses de N sobre o acúmulo de nutrientes na parte aérea do mogno, exceto para N, P e Mg (**Figura 1**).

Em relação ao comportamento das formas de N, o amônio proporcionou os maiores conteúdos de N, P, Mg, Cu e Zn, não havendo diferenças significativas para K, Ca, Mn e Fe (**Tabelas 1 e 2**). Provavelmente este comportamento está relacionado com fato de esta espécie ocorrer em regiões onde os índices pluviométricos superam 2000 mm anuais, fazendo com que o N no solo fique a maior parte do ano na forma reduzida N-NH₄⁺. Assim como a ocorrência natural da espécie em solos mais ácidos, fato que pode ter contribuído para que houvesse uma maior adaptação do mogno a forma amoniacal longo do tempo.

O predomínio de absorção da forma amoniacal sobre a nítrica, também foi relatado por Gonçalves et al. (2001), em várias espécies florestais. Marques

et al., (2006) observaram melhores repostas em Jacarandá - da - Bahia usando a forma amoniacal em comparação a duas formas nítricas, assim como Novais et al. (1990), que concluíram que o *Eucalyptus* spp tende a possuir maior eficiência na absorção de $N-NH_4^+$. Outro aspecto que pode estar relacionado com essa preferência é a forma de absorção de $N-NH_4^+$ uma vez que esta é mediada por um transportador e facilitada por um fluxo elétrico, caracterizando menor gasto energético, diferente da forma nítrica onde a absorção ocorre contra um gradiente eletroquímico (Williams & Miller, 2001), exigindo grande gasto de energia.

Quanto ao efeito de doses crescentes de N no acúmulo de nutrientes, verifica-se que, exceto a resposta do acúmulo de N na forma amoniacal que apresentou um comportamento linear, os demais comportamentos foram quadráticos (**Figura 1**).

No caso dos nutrientes em que houve interação entre os fatores formas e doses de N (**Figura 1A, B e C**), verificou-se que os maiores acúmulos foram obtidos na forma amoniacal, e as doses que proporcionaram os maiores acúmulos foram 400 mg dm^{-3} de nitrogênio amoniacal para N, 150 mg dm^{-3} para P e Mg. No caso dos demais nutrientes, a melhor dose situou-se em torno de 150 mg dm^{-3} . A dose de N que proporcionou a MEE para o acúmulo deste nutriente nas plantas foi 277 mg dm^{-3} . Resultado superior ao encontrado por Tucci et al. (2009), que obteve 115 mg dm^{-3} para obtenção da MEE na produção de parâmetros morfológicos. O nível crítico de deficiência de N foi 13,79 g kg^{-1} .

Pigmentos fotossintéticos

Não houve interação significativa entre os fatores formas e doses no acúmulo de pigmentos fotossintéticos, havendo apenas efeito isolado de cada fator. Em relação ao efeito de doses sobre os pigmentos fotossintéticos, todos foram influenciados positivamente pela adição de doses crescentes de de N, ajustando a um modelo quadrático (**Figura 1D, E e F**).

A forma amoniacal promoveu maiores valores na produção de Chl *a* e Chl total (**Tabela 3**). E mesmo para as variáveis que não apresentaram diferença significativa (Chl *b* e carotenóides), ocorreu uma tendência onde da forma amoniacal proporcionar maiores valores. Este comportamento provavelmente esta ligado com a maior capacidade de absorção de fótons da forma NH_4^+ , refletindo diretamente sobre o ganho em carbono, quando comparados com os demais tratamentos (Souza et al., 2012). Outro aspecto que pode estar relacionado com essa predileção é o menor gasto energético exigido na absorção e no transporte de NH_4^+ , quando comparado à forma nítrica, o que pode permitir que a energia metabólica

economizada durante esses processos possa ser utilizada para a produção de pigmentos.

A produção de pigmentos apresentou os seguintes níveis críticos 18,93; 13,78; 8,00 g kg^{-1} para Clh *a*, Clh *b* e Car, respectivamente. Observando os índices críticos é possível inferir que a produção de clorofila *a* exige um suprimento maior de N quando comparado aos demais pigmentos, fato que pode estar relacionado com o ambiente de ocorrência da espécie, predominantemente em áreas tropicais, uma vez que plantas que possuem menor relação Clh *a/b* ocorrem geralmente em ambientes onde a exposição ao sol é menor (Cancellier et al., 2011).

CONCLUSÕES

O acúmulo de nutrientes e a produção de pigmentos fotossintéticos pelas plantas de mogno são influenciados positivamente pela adubação nitrogenada. O sulfato de amônio proporciona maior acúmulo de nutrientes e maior produção de clorofila *a* e total. A MEE para o acúmulo de N é 277 mg dm^{-3} e o nível crítico de deficiência de N é 14 g kg^{-1} de matéria seca.

REFERÊNCIAS

- ARGENTA, G. Monitoramento do nível de nitrogênio na planta como indicador da adubação nitrogenada em milho. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001. 112p.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L., eds. Fertilidade do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.375-470.
- CANCELLIER, E.L.; NASCIMENTO, I.R. do. Efeito do nitrogênio em genótipos de arroz cultivados em várzea úmida do Estado do Tocantins. Revista Ceres, v.58, n.1, p.84-89, 2011.
- FEITOSA, D. G.; MALTONI, K. L.; CASSIOLATO, A. M. R.; PAIANO, M. O. Crescimento de mudas de Gonçalo alves (*Astronium fraxinifolium*) sob diferentes fontes e doses de nitrogênio. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.35, n.3, p.401-411, 2011.
- GRACIANO, C.; GOYA, J.F; FRANGI, J.L.; GUIAMET, J.J. Fertilization with phosphorus increases soil nitrogen absorption in young plants of *Eucalyptus grandis*. **Forest Ecology and Management**, 236: 202–210, 2006.
- GARBIN, L.M.; DILLENBURG, L.R. Efeito de diferentes fontes de nitrogênio sobre o crescimento, concentração de clorofila, atividade de redutase do nitrato e distribuição de carbono e nitrogênio em *Araucaria angustifólia*. **Braz. J. Plant Physiol.**, 20:295-303, 2008.

GONÇALVES, J.L.M.; MENDES, K.C.F.S.; SASAKI, C.M. Mineralização de nitrogênio em ecossistemas florestais naturais implantados do Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.25, p.601-616, 2001.

HERBERT, M.A. **Fertilizer and eucalypt plantations in South Africa.** In: Attiwill, P.M., ADAMS, M. (Eds.), *Nutrition of Eucalypts*. CSIRO Publishing, p. 303–325, 1996.

LASA, B. ; FRECHILLA, S.; ALEU, M. et al. Effects of low and high levels of magnesium on the response of sunflower plants grown with ammonium and nitrate. **Plant and Soil**, 225: 167–174, 2000.

LI, S.X.; WANG, Z.H.; STEWART, B.A. Responses of Crop Plants to Ammonium and Nitrate N. **Advances in Agronomy**, 118:205-397, 2013.

MARQUES, L. S. et al. Crescimento de mudas de Jacaré (*Piptadenia gonoacantha* J.F. Macbr.) em diferentes tipos de solos e fontes e doses de nitrogênio. *Revista Árvore*, v.33, n.1, p.81-92, 2009.

NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F. & NEVES, J.C.L. Nutrição Mineral o eucalipto. In: BARROS, N.F. & NOVAIS, R.F. (eds.). *Relação solo-eucalipto*. Viçosa: Editora Folha de Viçosa, 1990. 330 p.

SOUZA, C. S. C. R. ; SILVA, C. E. M. ; JUSTINO, G. C. ; VERA, S. A. A. ; GONCALVES, J. F. C. . Características fotossintéticas de plantas jovens de *Inga edulis* submetidas a diferentes fontes de nitrogênio. *Ambiente : Gestão e Desenvolvimento (UERR)*, v. 4, p. 14-27, 2012.

TUCCI, C. A. F.; LIMA, H. N.; LESSA, J. F. Adubação nitrogenada na produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). *Acta Amazonica*, v. 39 n. 2, p. 289 294, 2009.

WILLIAMS, L. E.; MILLER, A. J. Transporters responsible for the uptake and partitioning of nitrogenous solutes. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, v. 52, p. 659-688, 2001.

Tabela 1 – Conteúdo de N, P, K, Ca e Mg na parte aérea do mogno em função de diferentes formas de N.

Formas de N	N	P	K	Ca	Mg
	g planta ⁻¹				
Nítrica	0,57b	0,08b	0,49a	0,61a	0,09b
Amoniacoal	0,62a	0,11a	0,51a	0,63a	0,11a
Adicional	0,53	0,93	0,51	0,58	0,98
Controle	0,20	0,60	0,34	0,33	0,06

Médias seguidas de mesmas letras nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5%. ** = média do tratamento adicional difere (< ou >) em relação à média do fatorial (teste de F, P < 0,01).

Tabela 2 – Conteúdos de Cu, Zn, Mn e Fe na parte aérea do mogno em função de de diferentes formas de N.

Formas de N	Cu	Zn	Mn	Fe
	mg planta ⁻¹			
Nítrica	0,057b	2,50b	1,56a	6,27a
Amoniacoal	0,073a	2,90a	1,60a	7,14a
Adicional	0,047	3,07	1,43	7,47 ^{ns}
Controle	0,048	1,22	0,87	5,08

Médias seguidas de mesmas letras nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5%. ** = média do tratamento adicional difere (< ou >) em relação à média do fatorial (teste de F, P < 0,01).

Tabela 3 – Conteúdos de clorofila a (Chl a), b (Chl b), total (Chl total) e carotenoides (Car) na folha do mogno em função de diferentes formas de N.

Formas de N	Chl a	Chl b	Chl total	Car
	µmol planta ⁻¹			
Nítrica	178,30b	80,89a	259,19b	5,03a
Amoniacoal	202,18a	90,19a	292,38a	5,74a
Adicional	143,61	66,51	210,13	1,68
Controle	59,54	23,63	83,18	4,66

Médias seguidas de mesmas letras nas colunas não diferem entre si, pelo Tukey a 5%. ** = média do tratamento adicional difere (<) em relação à média do fatorial (teste de F, P < 0,01).

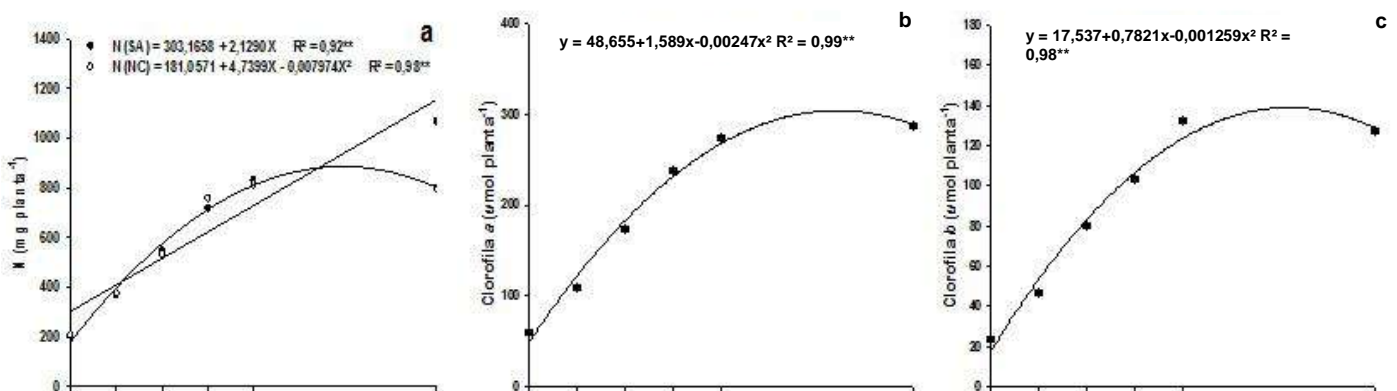


Figura 1 – Conteúdos de N (a), clorofila a (b) e clorofila b (c) em folhas de mogno em função da adição de diferentes formas e doses de N, cultivado por 150 dias em casa de vegetação.