

Efeito do nitrogênio no crescimento inicial e produção de óleo essencial de *Piper aduncum* L.

Arnon Afonso de Souza Cardoso⁽¹⁾; José Zilton Lopes Santos⁽²⁾; Francisco Célio Maia Chaves⁽³⁾; Carlos Alberto Franco Tucci⁽²⁾; Jaisson Miyosi Oka⁽⁴⁾; Matheus da Silva Ferreira⁽¹⁾

⁽¹⁾ Estudantes de Agronomia, Iniciação Científica; Faculdade de Ciências Agrárias; Universidade Federal do Amazonas – UFAM; Manaus-AM; arnon.asc@gmail.com; ⁽²⁾ Professores; Departamento de Engenharia Agrícola e Solos – DEAS; UFAM; Manaus-AM; ⁽³⁾ Pesquisador; Embrapa Amazônia Ocidental; ⁽⁴⁾ Estudante do Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical; UFAM; Manaus-AM.

RESUMO: O nitrogênio (N) é o nutriente que mais afeta o crescimento e desenvolvimento das plantas, podendo ser exigido em diferentes formas e quantidades. O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento inicial e o rendimento em óleo essencial de pimenta de macaco (*Piper aduncum* L.) em resposta a doses e formas de N, num Latossolo Amarelo distrófico típico. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial (6 x 2 + 1), com três repetições e uma planta por parcela. Os tratamentos consistiram na aplicação de cinco doses de N (0; 100; 200; 300; 400 e 500 mg dm⁻³ de N) utilizando-se duas fontes (nitrato de potássio e sulfato de amônio), além de um tratamento adicional, o qual recebeu a aplicação de 300 mg dm⁻³ de N, tendo como fonte o nitrato de amônio. Após 150 dias, foram avaliadas a altura, diâmetro do coleto, matéria seca das folhas (MSF), do caule (MSC), e a produção de óleo essencial nas folhas das plantas. O fornecimento de doses crescentes de N afeta positivamente o crescimento e a produção de óleo essencial da pimenta de macaco, sendo os maiores incrementos obtidos na aplicação do amônio.

Termos de indexação: pimenta de macaco, nitrato, amônio.

INTRODUÇÃO

A pimenta de macaco (*Piper aduncum* L.) é uma planta pertencente à família Piperaceae, com ampla distribuição natural na América tropical, que apresenta interesse econômico devido principalmente à atividade fungicida, larvicida e inseticida do dilapiol, constituinte majoritário do seu óleo essencial (Celis et al., 2008). Essas propriedades biológicas do dilapiol geram interesse no uso do óleo essencial da pimenta de macaco no controle de pragas agrícolas, podendo ser utilizado pela indústria como sinérgico em formulações agroquímicas. Dessa forma, informações sobre o manejo da pimenta de macaco tornam-se necessárias, pois trata-se de uma espécie ainda não domesticada.

Entre as informações necessárias para o cultivo

da pimenta de macaco, estão àquelas relacionadas às exigências nutricionais da espécie, pois o estado nutricional de uma planta altera a sua taxa de desenvolvimento, a intensidade de crescimento e mesmo características morfológicas específicas. Essa espécie possui grande adaptabilidade a diferentes condições edafoclimáticas, indicando ser tolerante a solos com baixa fertilidade natural, como os Latossolos Amarelos e Vermelho-Amarelos distróficos e também Argissolos Vermelho-Amarelos distróficos.

Entretanto, alguns trabalhos tem demonstrado que, apesar de algumas espécies do gênero *Piper* ocorrer naturalmente em solos com tais características, o fornecimento de nutrientes proporciona incremento no crescimento e desenvolvimento das plantas. Sousa et al. (2001) verificaram efeito positivo da aplicação de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) e da correção da acidez do solo no crescimento da pimenta longa (*Piper hispidinervum* C. DC.) em condições de campo, espécie pertencente ao mesmo gênero e grupo ecológico de *P. aduncum*.

Esses resultados indicam que, apesar da ocorrência natural da pimenta de macaco em regiões onde predominam solos com baixa disponibilidade de nutrientes e elevada acidez, a melhoria das condições químicas do solo, como adição de nutrientes e correção da acidez, pode favorecer o desenvolvimento da espécie. Entre os nutrientes a serem estudados, destaca-se o N, devido a sua alta influência no crescimento e na atividade metabólica das plantas, interferindo também na produção e composição do óleo essencial de algumas espécies (Sousa et al., 2001; Deschamps et al., 2012), sendo que a deficiência de N causa clorose gradual das folhas mais velhas e redução do crescimento das plantas.

No entanto, altas dosagens de N podem proporcionar efeito depressivo no desenvolvimento das plantas. Todavia, além da concentração deste nutriente no solo, a forma iônica do N também pode influenciar a absorção deste pelas plantas. Podendo estas absorvê-lo na forma de nitrato (NO₃⁻) e na forma de amônio (NH₄⁺), havendo a possibilidade de algumas espécies preferirem uma forma em relação

à outra (Epstein & Bloom, 2006).

Dessa forma, objetivou-se com este trabalho avaliar o crescimento e a produção de óleo essencial em plantas de *P. aduncum* em resposta a doses e fontes de nitrogênio.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação do Departamento Engenharia Agrícola e Solos da UFAM, utilizando-se como substrato uma amostra subsuperficial (20 a 40 cm) de um Latossolo Amarelo argiloso distrófico com 30 dag kg⁻¹ de areia; 30 dag kg⁻¹ de silte; 40 dag kg⁻¹ de argila; pH em água: 4,0; P-rem: 29,8 mg L⁻¹; matéria orgânica: 1,2 dag kg⁻¹; P (Mehlich 1): 1 mg; K: 8 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; e S: 59,4 mg por dm³.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial (2 x 6 + 1), com três repetições e uma planta por parcela. Os tratamentos foram constituídos por duas fontes de N (nitrato de potássio – NP e sulfato de amônio – SA) e seis doses (0; 100; 200; 300, 400 e 500 mg dm⁻³ de N), além de um tratamento adicional o qual recebeu a aplicação de 300 mg dm⁻³ de N, metade na forma nítrica e o restante na forma amoniacal, tendo como fonte o nitrato de amônio. A aplicação dos tratamentos foi dividida em três parcelas iguais, sendo a primeira aplicação feita no momento do transplante, e as demais após intervalos de 30 dias cada.

Antes da implantação do experimento, o solo recebeu a aplicação de 4,64 t ha⁻¹ de calcário dolomítico, na relação Ca:Mg de 4:1 e PRNT de 100%, sendo posteriormente incubado por um período de 30 dias. Após esse período, realizou-se uma adubação básica constituída de: 300 mg de K; 250 mg de P; 40 mg de S; 1 mg de B; 1,5 mg de Cu; 5 mg de Fe; 5 mg de Mn; 5 mg de Zn e 0,15 mg de Mo por dm³ de solo, na forma de solução. Após a aplicação, o solo foi novamente incubado por 20 dias.

As mudas de pimenta de macaco foram obtidas via seminal, germinadas em areia lavada e esterilizada. Aos 30 dias após a semeadura foi realizado o transplante para vasos de polietileno com capacidade de 5 dm³ contendo os tratamentos. Durante os períodos de incubação e condução do experimento, a umidade foi mantida em 60% do volume total de poros, por meio de pesagens diárias dos vasos e adição de água deionizada.

Aos 150 dias após o transplante, foram avaliadas a altura e o diâmetro do caule das plantas. As plantas foram colhidas e secas a 40 °C em estufa de circulação forçada de ar, até peso constante,

para a determinação da matéria seca das folhas (MSF) e do caule (MSC). A MSF foi triturada manualmente e submetida à hidrodestilação em aparelho de Clevenger, durante 120 minutos, para a determinação do teor de óleo essencial. Com base no teor de óleo essencial e na produção de MSF, foi calculada a produção de óleo essencial por planta.

A dose para máxima eficiência física (MEF) foi obtida derivando-se a equação ajustada para MSF e produção de óleo essencial em função das doses de N, e a dose para máxima eficiência econômica (MEE) foi estimada considerando-se 90% da produção da MEF. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e teste de médias (Scott Knott, 5%).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação dos fatores formas e doses de N sobre as variáveis de crescimento da pimenta de macaco. Em relação ao efeito das formas de N no crescimento das plantas, apesar de apenas a MSC ser afetada significativamente, com a maior produção proporcionada pelo amônio. Nota-se que houve ligeira tendência do amônio proporcionar também maiores incrementos na altura, diâmetro e MSF (**Tabela 1**).

Essa ligeira superioridade do amônio no crescimento das plantas pode ter ocorrido em função da menor presença dos carregadores específicos para a absorção de nitrato na membrana plasmática das células do córtex e epiderme das raízes. Outro fator que pode ter limitado o crescimento das plantas é a baixa eficiência da redutase do nitrato (Lea, 1997), ambas características comuns em plantas que ocorrem em solos ácidos, nos quais o amônio é a principal forma de N mineral.

Quanto ao efeito das doses, o fornecimento de níveis crescentes de N afetou positivamente e de forma quadrática as variáveis de crescimento altura, MSF e MSC (**Figura 1A e B**). O efeito positivo da adição de N no crescimento das plantas possivelmente está associado à baixa disponibilidade deste nutriente no substrato, tendo em vista o baixo teor de matéria orgânica (1,2 dag kg⁻¹), vinculado a um elevado potencial de resposta da planta ao nutriente, o qual pode ser verificado na influência das doses de N na MSF, onde a aplicação de 400 mg dm⁻³ de N proporcionou um ganho de matéria seca de aproximadamente sete vezes maior que o tratamento controle.

Quando as plantas foram supridas adequadamente com N, provavelmente houve uma maior produção de aminoácidos, ácidos nucléicos e clorofila, moléculas das quais o N é constituinte, e que estão ligadas ao crescimento e

desenvolvimento das espécies vegetais. Tal premissa é comprovada pelo fato de que na ausência do fornecimento de N as plantas apresentaram uma clorose generalizada, tanto nas folhas velhas quanto nas novas, e crescimento reduzido. Além disso, o N pode ter favorecido o desenvolvimento do sistema radicular, contribuindo para uma maior absorção de água e nutrientes nas plantas que receberam a aplicação do nutriente, favorecendo seu crescimento.

No caso da clorose nas folhas velhas, este sintoma visual é típico da deficiência de N. Na deficiência de N, os órgãos mais maduros da planta são os primeiros a serem afetados devido a sua mobilidade pelo floema, a qual permite sua translocação para suprir as necessidades das folhas mais novas (Fontes, 2006). De acordo com Epstein & Bloom (2006), a deficiência de N é a que apresenta os sintomas mais severos dentre todos os nutrientes, havendo clorose generalizada e hábito estiolado, sendo o crescimento retardado e lento.

Esses resultados contrastam com aqueles obtidos por Waldt & Pacheco (2006), que trabalhando com *P. hispidinervum*, espécie pertencente ao mesmo gênero da pimenta de macaco, cultivada num Argissolo Vermelho Escuro, textura argilosa, em condições de campo, não observaram diferenças na produção de biomassa em função do fornecimento de doses crescentes de amônio. Por outro lado, Sousa et al. (2001) observaram acréscimo na produção de matéria seca de *P. hispidinervum* em função do fornecimento de N, tendo como fonte a ureia, cultivado num Argissolo Vermelho-Escuro, textura argilosa, em condições de campo.

A matéria seca das folhas foi a variável com maior incremento mediante o fornecimento de N. O aumento da MSF é um efeito extremamente desejável, uma vez que a folha é a parte com maior rendimento em óleo essencial da pimenta de macaco. De acordo com os dados, a MEF e a MEE para MSF foram obtidas nas doses 438 e 279 mg de N por dm^3 , respectivamente. Tais resultados indicam elevada exigência da espécie por N, entretanto, foram observados sintomas de possível toxidez de nitrato e amônio imediatamente após a aplicação da segunda parcela da adubação nitrogenada, nas doses mais elevadas, sendo mais severos na maior dose de nitrato.

Os sintomas de toxidez de amônio foram o aparecimento de pequenas lesões necróticas no limbo foliar, próximas ao centro e nas margens, medindo de 0,5 a 1,5 cm de diâmetro, os quais são semelhantes àqueles relatados para diferentes culturas. De acordo com Britto & Kronzucker (2005), a toxidez de NH_4^+ deve-se à despolarização da membrana plasmática e do tonoplasto, à

acidificação das organelas celulares, na tentativa de manter o potencial elétrico das membranas e ao desacoplamento da fotofosforilação em função da entrada excessiva de NH_4^+ , ocasionando distúrbios fisiológicos que levam à morte das células e do tecido. Por outro lado, segundo Kronzucker et al. (2000) o mecanismo que estaria associado à toxidez por NH_4^+ decorre do fato da absorção excessiva deste ocorrer por transportadores de baixa afinidade e ocupar canais de outros cátions, indicando que esse possa ser o motivo de se criar um mecanismo de efluxo do NH_4^+ para fora da célula.

Quanto à toxidez por nitrato, os sintomas observados foram o aparecimento de manchas irregulares de coloração roxa, principalmente nas folhas novas, as quais evoluíram rapidamente para manchas escuras, abrangendo todo o limbo foliar, culminando com a murcha das folhas. Todavia, as plantas se recuperaram, não sendo observados esses sintomas na aplicação da terceira parcela de N. O comportamento da pimenta de macaco mediante a aplicação do nitrato contrasta com aqueles, normalmente, observados para as demais espécies vegetais, tendo em vista que o nitrato raramente apresenta sintomas de toxidez, podendo ser armazenado em altas concentrações sem trazer prejuízos às plantas (Epstein & Epstein, 2006).

Quanto à produção de óleo essencial, houve interação entre os fatores doses e fontes de N. As doses crescentes de amônio promoveram efeito quadrático na produção de óleo, enquanto o nitrato proporcionou efeito linear (**Figura 2**).

Com relação às doses de N, a aplicação de doses crescentes de nitrato proporcionou efeito linear na produção do óleo essencial, indicando que a planta não superou sua capacidade metabólica na maior dose desta forma de N. Por outro lado, a aplicação de doses crescentes de amônio proporcionou efeito quadrático na produção de óleo essencial, a qual apresentou decréscimo nas doses acima de 200 mg dm^{-3} de N.

Tal resposta provavelmente está relacionada com a diminuição do teor de óleo essencial mediante o aumento das doses de N (dados não apresentados), proporcionando maior produção de óleo essencial nas doses mais baixas de amônio, apesar da maior produção de MSF ser obtida nas maiores doses do nutriente. Efeito semelhante foi observado por Deschamps et al. (2012), que constataram diminuição no teor de óleo essencial de *Mentha piperita* L. mediante o fornecimento de doses crescentes de amônio. A MEF para a produção de óleo essencial com a aplicação do amônio foi obtida na dose 293 mg dm^{-3} , enquanto a MEE foi alcançada na aplicação de 178 mg dm^{-3} .

A forma amoniacal apresentou produção de óleo essencial ligeiramente superior ao nitrato (**Tabela 1**).

Tendo em vista que não houve diferença entre a produção de MSF em função das formas de amônio (Tabela 1), o melhor desempenho do amônio pode estar relacionado a uma maior atividade metabólica das plantas, tendo em vista que o dilapiol, principal constituinte do óleo essencial da pimenta de macaco, é um metabólito secundário. Essa menor produção de óleo na aplicação do nitrato, possivelmente está associada a uma baixa eficiência da redutase do nitrato, tendo em vista que este é o principal fator limitante na assimilação desta forma de N.

CONCLUSÕES

O fornecimento de doses crescentes de N afeta positivamente o crescimento e a produção de óleo essencial da pimenta de macaco, sendo os maiores incrementos obtidos na aplicação do amônio. A MEF e a MEE para a produção de óleo essencial foram obtidas com a aplicação de 293 e 178 mg dm⁻³ de N-NH₄⁺, respectivamente.

REFERÊNCIAS

BRITTO, D. T. & KRONZUCKER, H. J. NH₄⁺ toxicity in higher plants: a critical review. *Journal of Plant Physiology*, 159:567-584, 2002.

CELIS, A.; MENDOZA, C.; PACHÓN, M.; CARDONA, J.; DELGADO, W.; CUCA, L. E. Extractos vegetales utilizados como biocontroladores con énfasis en la familia Piperaceae: Una revisión. *Agronomía Colombia*, 26:97-106, 2008.

DESCHAMPS, C.; MONTEIRO, R.; MACHADO, M. P.; BIZZO, H.; BIASI, L. A. Produção de biomassa, teor e composição do óleo essencial de *Mentha x piperita* L. em resposta a fontes e doses de nitrogênio. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 14:12-17, 2012.

EPSTEIN, E. & BLOOM, A. *Nutrição mineral de plantas: Princípios e Perspectivas*. 2. ed. Londrina: Editora Planta, 2006. 403p.

FONTES, P. C. R. *Diagnóstico do estado nutricional das plantas*. Viçosa: UFV, 2006. 122p.

KRONZUCKER, H. J.; GLASS, A. D. M.; SIDDIQI, M. Y.; KIRK, G. J. D. Comparative kinetic analysis of ammonium and nitrate acquisition by tropical lowland rice: Implications for rice cultivation and yield potential. *New Phytologist*, 145:471-476, 2000.

LEA, P. J. Primary nitrogen metabolism. In: DAY, P. M. & HARBORN, J. B. eds. *Plant biochemistry*. New York: Academic Press, 1997. p. 273-313.

SOUSA, M. M. M.; LEDO, F. J. S.; PIMENTEL, F. A. Efeito da adubação e do calcário na produção de matéria seca e de óleo essencial de pimenta-longa. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36:405-409, 2001.

WADT, P. G. S. & PACHECO, E. P. Efeito da adubação nitrogenada, em diferentes densidades de plantio, na produção de biomassa de Pimenta Longa (*Piper hispidinervum* C.DC.). *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, 6:334-340, 2006.

Tabela 1 – Altura (ALT), diâmetro (DIA), matéria seca das folhas (MSF), matéria seca do caule (MSC) e produção de óleo essencial (OE) de *Piper aduncum* L. em função de N-NO₃⁻ e N-NH₄⁺.

Formas de N	ALT	DIA	MSF	MSC	OE
	- cm -	- mm -	----- g -----		
N-NO ₃ ⁻	79,5 ^a	11,9 ^a	22,9 ^a	29,2 ^b	0,68 ^b
N-NH ₄ ⁺	82,7 ^a	12,1 ^a	23,6 ^a	33,1 ^a	0,82 ^a
AD ⁷¹	83,5	12,9 ^{ns}	37,0	41,3	0,90

⁷¹ Tratamento adicional. Médias seguidas de mesmas letras nas colunas não diferem entre si. ** = média do AD difere em relação à média do fatorial. ^{ns} = média do AD não difere em relação à média do fatorial (teste de F, P < 0,01).

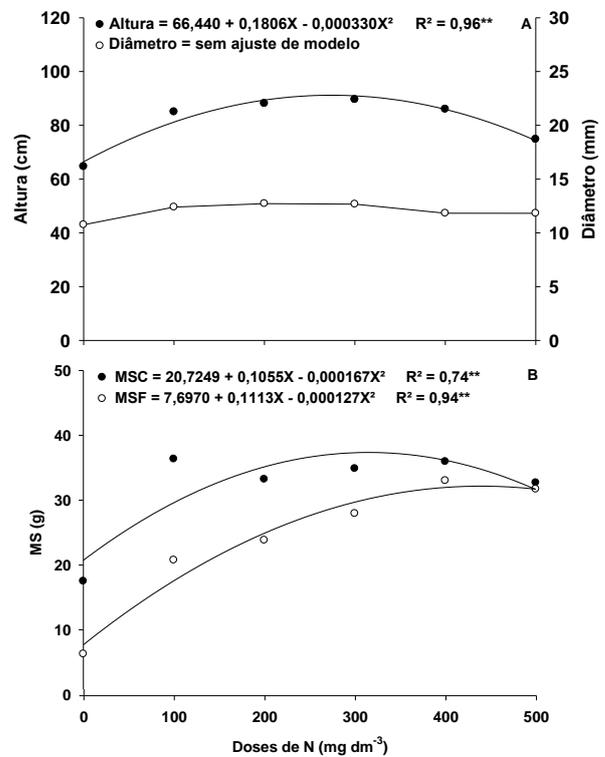


Figura 1 – Altura e diâmetro (A); matéria seca do caule (MSC) e matéria seca das folhas (MSF) (B), de *Piper aduncum* L. em função de doses N.

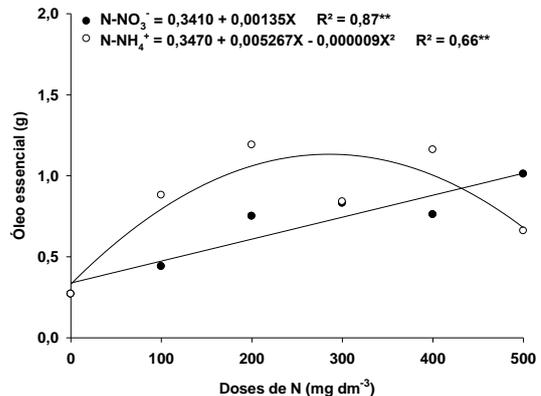


Figura 2 – Produção de óleo essencial de *Piper aduncum* L. em função de formas e doses N.