

Crescimento, produtividade e nitrato em frutos de pepino submetidos a fontes de adubos nitrogenados

Geovani do Carmo Copati da Silva¹, Mário Puiatti¹, Paulo Roberto Cecon², Agnaldo Roberto de Jesus Freitas¹

¹ Universidade Federal de Viçosa, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Fitotecnia, Campus Universitário, Av. PH Rolfs, s/n, Centro, CEP 36570-000, Viçosa-MG, Brasil. E-mail: geovani.silva@ufv.br; mpuiatti@ufv.br; agnaldohu@gmail.com

² Universidade Federal de Viçosa, Centro de Ciências Exatas, Departamento de Estatística, Av. PH Rolfs, s/n, Centro, CEP 36570-000, Viçosa-MG, Brasil. E-mail: cecon@ufv.br

RESUMO

Há carência de informações sobre a utilização de fontes de fertilizantes nitrogenados na cultura do pepino. Embora fundamental para a obtenção de elevada produtividade, o N pode promover acúmulo de nitrato nas porções comestíveis que, reduzido a nitrito, se constitui em fator de risco à saúde humana. O trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de fontes de N sobre o crescimento da planta, concentração e fluorescência da clorofila, produção e acúmulo de nitrato em frutos de pepino. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em vasos de 10 L preenchidos com solo. As fontes de N foram: 1 - sulfato de amônio (100% amoniacal); 2 - nitrato de amônio (50% amoniacal e 50% nítrica); 3 - nitrato de sódio (100% nítrica) e 4 - ureia (100% amídica). Foi utilizada a dose de 160 mg de N kg⁻¹ de solo, para todas as fontes. Esse total foi parcelado em oito aplicações semanais, iniciando uma semana após o transplante das mudas. Não houve diferença significativa entre fontes de N para todas as características avaliadas. Todas as fontes apresentaram a mesma eficiência quanto a produção de frutos e baixo acúmulo de nitrato nos frutos (0,193 mg kg⁻¹ de matéria fresca). Conclui-se que, para a cultura do pepino, o produtor deve utilizar a fonte de adubo nitrogenado que apresentar menor custo por kg de N que, no caso, foi a uréia.

Palavras-chave: *Cucumis sativus*; nutrição nitrogenada; produção; teor de nitrato

Growth, yield and nitrate accumulation in fruits of cucumber fertilized with sources of nitrogen fertilizers

ABSTRACT

There is a lack of information about sources of nitrogen fertilizers in cucumber crop. Although essential to obtain high productivity N source, in certain species, can promote accumulation of nitrate in the edible portions, which, reduced to nitrite, is a risk factor for health. The study aimed to evaluate the effect of four sources of N on plant growth, concentration and fluorescence of chlorophyll and the production and accumulation of nitrate in cucumber fruits. The experiment was conducted in a greenhouse, in pots 10 L filled with soil. The N sources were: 1 - ammonium sulfate (100% ammonia); 2 - ammonium nitrate (50% and 50% ammonium : nitrate); 3 - sodium nitrate (100% nitric) and 4 - urea (100% amide). For all N sources, we used the dose of 160 mg N kg⁻¹ soil. This dose of N was applied installments weekly for eight weeks, beginning one week after transplanting. There was no significant difference between N sources to all traits. All sources had the same efficiency in the production of fruit and low nitrate accumulation in fruits (0.193 mg kg⁻¹ fresh weight). We conclude that, for cucumber culture, the producer must use the power of nitrogen fertilizer due to a lower cost per kg of N, in this case, urea.

Key words: *Cucumis sativus*; nitrogen nutrition; yield; nitrate content

Introdução

O pepino situa-se entre as dez hortaliças de maior valor comercial no Brasil sendo que, dentre as cucurbitáceas, é uma das mais cultivada em ambiente protegido, por permitir o cultivo intensivo e obtenção de altas produtividades (Amaro et al., 2014).

O N é absorvido em grandes quantidades pelas plantas, em especial as hortaliças. É o nutriente que mais limita a produção de culturas em áreas agrícolas no mundo e seu uso eficiente é importante não somente em termos econômicos mas por causar menor impacto ao ambiente e contribuir para a economia sustentável dos sistemas agrícolas. Por essa razão, a resposta das plantas ao N aplicado, e a eficiência de uso desse, são critérios importantes para avaliar o requerimento em N da cultura para máxima produtividade econômica (Fageria & Baligar, 2005).

As fontes de N amídica e amoniacal tem sido as mais utilizadas nos cultivos agrícolas no mundo (Fageria & Baligar, 2005), assim como no cultivo de hortaliças no Brasil (Carrizo et al., 2004). Contudo há demanda sobre a melhor fonte a se utilizar em função da espécie vegetal e da qualidade do produto a ser utilizado na alimentação. Plantas supridas com $N-NH_4^+$ gastam menos ATP para cada N assimilado; porém o fornecimento de $N-NH_4^+$ como única fonte de N pode causar toxidez, redução no acúmulo de matéria seca e na eficiência de absorção de outros cátions em algumas espécies de plantas (Holzschuh et al., 2011; Silva et al., 2013).

Por sua vez, o diagnóstico do estado N das culturas é importante e pode ser determinado por meio do medidor portátil SPAD-502. O SPAD permite avaliar o estado de N da planta em tempo real pois há correlação positiva entre a intensidade da cor verde com o teor de clorofila e com a concentração de N na folha. O SPAD tem sido utilizado com sucesso para diagnosticar o estado de N em batata (Silva et al., 2009; Coelho et al., 2010), tomate (Ferreira et al., 2006), abobrinha italiana (Pôrto et al., 2011) e em pepino japonês (Pôrto et al., 2014). Por sua vez, a eficiência do sistema de transporte de elétrons através do fotossistema II (FSII) pode ser avaliada pela fluorescência da clorofila, sendo que medições da fluorescência da clorofila tem sido utilizada para avaliar a integridade do FSII em plantas submetidas às variadas condições de estresse (Baker, 2008).

O N influencia processos envolvidos no crescimento e desenvolvimento das plantas, alterando a relação fonte-dreno e a distribuição de assimilados entre órgãos vegetativos e reprodutivos (Queiroga et al., 2007). Todavia, a adubação nitrogenada se constitui em assunto polêmico, pois dependendo da espécie, fonte de N, dose aplicada e condições edafoclimáticas, pode levar ao acúmulo de nitrato (Pôrto et al., 2008). O nitrato, uma vez reduzido a nitrito, pode causar graves consequências à saúde humana, como formação de nitrosaminas (carcinogênica), ou combinar com a hemoglobina transformando-a em metahemoglobina, forma essa inativa para o transporte de oxigênio.

As hortaliças são responsáveis por cerca 72 a 94 % da ingestão diária de nitrato pelo homem (Turazi et al., 2006). Folhosas como alface, espinafre, repolho, rúcula, dentre outras, apresentam tendência para acumular altos teores de nitrato nas

folhas (Beninni et al., 2002; Mantovani et al., 2005; Pôrto et al., 2008). Já hortaliças flores e frutos, a exemplo da couve-flor e tomate, geralmente mostram tendência de menor acúmulo de nitrato (Santamaria, 2006). Com relação à cultura do pepino, poucas são as informações disponíveis na literatura sobre o acúmulo de nitrato nos frutos, bem como a influência da fonte nitrogenada sobre o crescimento da planta e acúmulo de nitrato em frutos, principalmente em cultivo em ambiente protegido (Pôrto, 2011; Pôrto et al., 2014).

O trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de fontes de nitrogênio sobre o crescimento da planta, concentração e fluorescência da clorofila e a produção e acúmulo de nitrato em frutos de pepino.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no período de janeiro a abril de 2013. As mudas de pepino (*Cucumis sativus* L.), cv. Safira, tipo caipira, foram obtidas em bandejas de isopor de 128 células, preenchidas com substrato comercial (Bioplant Prata) a base de casca de pinus, fibra de coco, vermiculita, casca de arroz e nutrientes. A semeadura foi realizada em 05/01/2013, colocando-se duas sementes por célula; após 10 dias da semeadura, foi feito o desbaste deixando-se apenas uma planta por célula.

Aos 21 dias após a semeadura, com duas folhas definitivas, as mudas foram transplantadas para vasos plásticos de 10 L de capacidade, colocando-se duas plantas vaso⁻¹. Os vasos foram preenchidos com solo, Argissolo Vermelho-Amarelo, textura argilosa, corrigido com calcário dolomítico (PRNT 85%) 60 dias antes do transplante das mudas de modo a elevar a saturação por bases para 75% (Ribeiro et al., 1999). O solo, antes da correção, apresentava as seguintes características químicas: pH em água (1:2,5) = 5,7; P = 20,4 mg dm⁻³ e P-rem = 28,7 mg L⁻¹; K = 155 mg dm⁻³; Ca⁺² = 4,3 cmol_c dm⁻³; Mg⁺² = 1,1 cmol_c dm⁻³; Al⁺³ = 0,0 cmol_c dm⁻³; H + Al = 2,64 cmol_c dm⁻³; SB = 5,8; CTC (t) = 5,8; CTC (T) = 8,44; V = 69 %; m = 0,0 %; MO = 4,4 dag kg⁻¹; Zn = 3,3 mg dm⁻³; Fe = 14,5 mg dm⁻³; Mn = 43,5 mg dm⁻³; Cu = 0,5 mg dm⁻³ e B = 0,3 mg dm⁻³.

Uma semana antes do transplante das mudas, foi feita a adubação de plantio com P e micronutrientes na dose recomendada para a cultura do pepino no Estado de Minas Gerais pela 5ª Aproximação (Ribeiro et al., 1999). Foram aplicadas doses correspondentes a 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 10 kg ha⁻¹ de bórax, 15 kg ha⁻¹ de sulfato de zinco, 10 kg ha⁻¹ de sulfato de cobre e 0,6 kg ha⁻¹ de molibdato de sódio. A adubação potássica, também na dose recomendada pela 5ª Aproximação, foi com 90 kg ha⁻¹ de K₂O, aplicado em cobertura, em três parcelas, sendo a primeira de 30% e duas restantes de 35% cada aplicadas, respectivamente, aos 15; 35 e 55 dias após o transplante das mudas (DAT). Utilizou-se como fontes de P e de K, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente.

Os tratamentos, em número de quatro, foram constituídos das fontes de N amoniacal, amoniacal-nítrica, nítrica e amídica, assim sendo: 1 - sulfato de amônio (100% amoniacal); 2 - nitrato de amônio (50% amoniacal e 50% nítrica); 3 - nitrato de sódio (100% nítrica) e 4 - uréia (100% amídica). Em todos

tratamentos (fontes de N), foi utilizada a dose de 160 mg de N kg⁻¹ de solo, dose essa encontrada por Pôrto (2011) para a máxima produção de frutos de pepino em ambiente protegido. A dose de N foi aplicada de forma parcelada, semanalmente, durante oito semanas, iniciando uma semana após o transplante das mudas para os vasos sendo aplicado, em cada semana, respectivamente, 5%, 8%, 15%, 20%, 20%, 20%, 7% e 5% da dose total, conforme Queiroga et al. (2007).

Os vasos, num total de 140, foram distribuídos no delineamento experimental inteiramente casualizados, sobre bancadas, distanciados de 1,0 m entre fileiras e 0,20 m entre vasos, correspondendo à densidade populacional de 10 plantas m⁻². Cada repetição foi constituída de um vaso contendo duas plantas cada. Para as avaliações de crescimento de planta, estado nitrogenado, fluorescência da clorofila e teor de nitrato, foram utilizadas cinco repetições e para produção de frutos 15 repetições.

Durante o cultivo, as plantas foram mantidas verticalmente, com uso de bambu e em haste única, com desbrota dos ramos laterais e retirada do meristema apical das plantas (capação) ao atingir a altura do tutor (1,80 m). Durante a condução da cultura foram realizadas irrigações diárias, de forma manual, procurando manter o solo com teor de umidade próximo à capacidade de campo. Sob cada vaso, foi colocado prato plástico para coleta de possível excesso de solução drenada que, quando ocorria, era repostada sobre o vaso. As pulverizações, para controle de pragas e doenças, quando necessárias, foram realizadas com produtos registrados para a cultura.

Aos 20; 30; 45 e 75 dias após o transplante (DAT), em cinco vasos por tratamento (10 plantas), as plantas foram cortadas na porção do coleto e avaliadas as seguintes características de crescimento: comprimento e diâmetro de caule, área foliar e teor de matéria seca das folhas e frutos. O comprimento do caule foi medido da porção do coleto até o ápice da planta; o diâmetro de caule foi tomado na região da cicatriz cotiledonar; a área foliar obtida por medição em integrador LI-COR® modelo LI 3100; o teor de matéria seca após secagem em estufa com ventilação forçada a 65°C até peso constante.

Na avaliação realizada aos 20 DAT, com as plantas já iniciado o florescimento, antes de serem cortadas, também foi estimado o estado nitrogenado das plantas e medições da fluorescência da clorofila. O estado nitrogenado foi estimado pelo índice SPAD, utilizando o medidor portátil de clorofila SPAD-502 (Minolta Camera Co. Ltd.). As medições foram realizadas na quarta folha completamente expandida a partir do ápice, entre 7:00 e 9:00, em 10 plantas por tratamento (cinco vasos). Em cada folha, foram realizadas três medições, sendo duas nos bordos laterais e uma na porção apical da folha, utilizando-se a média das leituras para representar a repetição. Nessas folhas, também no horário da manhã, foram realizadas medições da fluorescência da clorofila com fluorômetro portátil modulado OS5p+ (ADC BioScientific Ltda.), visando detectar possíveis sintomas de estresse no aparato fotossintético.

Imediatamente após o término das leituras com SPAD e fluorômetro, essas folhas foram destacadas das plantas, acondicionadas em sacos plásticos e levadas ao laboratório para análise dos teores de clorofilas e das formas de nitrogênio nítrica e orgânica (N-NO₃⁻ e N-orgânico). A concentração das

clorofilas *a* e *b*, foi determinada de acordo com o método de Arnon (1949). Para tal, uma amostra de 0,1 g de matéria fresca (MF), foi macerada em acetona a 80%, na presença de CaCO₃; os extratos obtidos foram filtrados através de papel-filtro rápido e coletados em balões volumétricos de 50 mL, completando-se o volume ao final da filtragem. A densidade ótica dos filtrados foi lida em espectrofotômetro nos comprimentos de 645 e 663 nm, determinando-se a concentração das clorofilas *a* e *b*, sendo os valores das concentrações expressos em base de massa de matéria fresca (mg g⁻¹ de MF).

O restante das folhas foi acondicionado em sacos de papel, secas em estufa de circulação forçada de ar a 65°C até atingirem peso constante. Após, foram moídas em moinho tipo Wiley, com peneira de 20 mesh. Na matéria seca das folhas, após a extração com água em banho-maria a 45°C, durante uma hora, foi determinada a concentração de N-NO₃⁻ por colorimetria, em espectrofotômetro a 410 nm (Cataldo et al., 1975). Após digestão sulfúrica, determinou-se o teor de N-orgânico na matéria seca por meio do reagente de Nessler (Jackson, 1982) calculando-se os valores de N total a partir da soma dos teores de N-NO₃⁻ e de N-orgânico.

Em 15 vasos por tratamento (30 plantas) foi avaliada a produção de frutos. A colheita dos frutos no ponto comercial, foi realizada diariamente; teve início em 12/03/2013, aos 45 DAT e encerrou em 14/04/2013, aos 80 DAT. O critério utilizado para a colheita dos frutos foi quando estes apresentavam no ponto de colheita característico da cultivar, com comprimento entre 12 e 15 cm. Os frutos foram contados, pesados, medidos seu comprimento e o diâmetro da porção mediana e classificados em comerciais e não comerciais, sendo considerados não comerciais aqueles frutos tortuosos e com superfície irregular. Com base na produção de massa de matéria seca de frutos (MMSF), calculou-se a eficiência de utilização do N para produção de frutos (EUNPF), dada em massa de matéria seca de frutos g⁻¹ de N aplicado (g de MMSF g⁻¹ de N aplicado).

Na colheita realizada em 12/03, três dias após a aplicação da 6ª parcela de N em cobertura (3ª parcela de 20 % do N), após avaliados quanto à produção, foram tomadas amostras de frutos colhidos com tamanho comercial para determinação do teor de N-NO₃⁻ na matéria fresca dos frutos, conforme metodologia realizada para as folhas. Nesses frutos, já sem casca, foram retiradas três fatias de cerca de 1,0 cm de espessura, sendo uma em cada extremidade e uma na porção mediana.

Os dados obtidos foram submetidos à análise variância e as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) utilizando-se o programa SAEG 9.1 (SAEG, 2007).

Resultados e Discussão

O crescimento das plantas de pepino, avaliado pelo comprimento e diâmetro de caule e da área foliar, assim como o teor de matéria seca em folhas e frutos, nas medições realizadas aos 20, 30, 45 e 75 dias após o transplante (DAT), não apresentou diferença quanto às fontes de adubo nitrogenado utilizado. Nessas avaliações, o comprimento do caule ficou em média em 121,4; 180,9; 184,3 e 184,4 cm; o diâmetro do caule em 0,52; 0,54; 0,66 e 0,66 cm; a área foliar em 1352; 2392; 3657 e 2219 cm² planta⁻¹ e o teor de matéria seca das folhas em

12,6; 14,7; 14,9 e 19,3%, respectivamente. O teor de matéria seca dos frutos aos 30, 45 e 75 DAT, ficou em média em 6,2; 4,1 e 3,1%, respectivamente, pois aos 30 DAT ainda não havia fruto com tamanho comercial.

Fernandes et al. (2002) também não verificaram diferença de crescimento de planta e frutificação em pepino do grupo Aodai trabalhando em hidroponia com quatro soluções nutritivas formadas por conjuntos de fontes de nutrientes. Esses autores encontraram teor médio de MS em fruto de 3,35 %, valor esse próximo a média aqui encontrada de 3,6 % nas avaliações realizadas após o início da colheita comercial que se deu aos 45 DAT.

Os teores de clorofilas *a*, *b* e total analisados na 4ª folha totalmente expandida aos 20 DAT, não diferiram entre as fontes de adubo nitrogenado, com valores médios de 2,90, 0,92 e de 3,82 mg g⁻¹ MF, respectivamente. Também os teores de N-org e N-total, analisados nessas folhas, com médias de 6,5 e de 6,7 dag kg⁻¹ de MS, respectivamente, não diferiu entre as fontes de N; somente o teor de N-NO₃⁻ de 0,082 dag kg⁻¹ de MS (uréia) foi inferior aos 0,165 dag kg⁻¹ de MS no sulfato de amônio e 0,158 dag kg⁻¹ de MS no nitrato de sódio, não diferindo dos 0,104 dag kg⁻¹ de MS do nitrato de amônio. Uma possível explicação para o menor teor de nitrato com fonte uréia é que a uréia, quando adicionada ao solo, é hidrolisada rapidamente a carbonato de amônio; esse é um composto instável que se decompõe em amônio e dióxido de carbono. O íon amônio, por sua vez, pode ser absorvido pela planta e, ou ser nitrificado pela ação das bactérias de solo (*Nitrossomonas* e *Nitrobacter*) para, então, ser absorvido pela planta na forma de nitrato. Portanto, é possível que a fonte uréia tenha disponibilizado menor quantidade de de N-NO₃⁻ às plantas de pepino comparado às demais.

O índice SPAD também não diferiu entre as fontes, com valor médio de 43,8 unidades, nem a fluorescência da clorofila com valores médios de Fv/Fm de 0,771 e ETR de 189,51, respectivamente. Pôrto et al. (2014) trabalhando com as fontes sulfato de amônio e nitrato de amônio em pepino japonês encontrou níveis críticos foliares estimados de teor de clorofila total, índice SPAD e teor de N-total, responsáveis pela máxima produtividade da cultura, de 6,01 mg g⁻¹ de MF, 52,3 unidades SPAD e 4,78 dag kg⁻¹ de matéria seca, respectivamente. A variedade utilizada, além do sistema de cultivo em solo, são fatores que podem explicar essas diferenças entre trabalhos.

Os parâmetros da fluorescência da clorofila medidos na quarta folha aos 20 DAT, em termos da eficiência quântica potencial do Fotossistema II (Fv/Fm) e da taxa de transporte de elétrons aparente (ETR), também não diferiram quanto a fonte de adubo nitrogenado variando de 0,759 (nitrato de sódio) a 0,786 (uréia) e de 149,52 (sulfato de amônio) a 226,72 (nitrato de sódio), respectivamente. De acordo com Baker (2008), condições de estresse levam a redução da eficiência quântica do Fotossistema II, indicada pelo menor Fv/Fm, o que reflete no fechamento do centro de reação do Fotossistema II e, conseqüentemente, no fluxo de elétrons entre os Fotossistemas FSII e FSI, que é representado pela taxa aparente de transporte de elétrons (ETR). Portanto, as fontes de adubo nitrogenado também exerceram efeitos semelhantes sobre o aparato fotossintético das plantas de pepino.

As fontes de adubo nitrogenado também não interferiram quanto às características produtivas de frutos, com comportamento semelhante em termos de produção de frutos comerciais e não comerciais, massa e número de frutos por planta, comprimento, diâmetro e massa de matéria fresca média de fruto. A produção média de frutos comerciais foi de 4,6 frutos planta⁻¹ e de 1.030 g planta⁻¹; os frutos com comprimento médio de 12,65 cm, diâmetro de 4,90 cm e massa média de 225 g fruto⁻¹. A produção média de frutos não comerciais foi de 1,95 frutos planta⁻¹ e de 214 g planta⁻¹. Em trigo (Teixeira Filho et al., 2010) também não observaram diferença de produtividade entre plantas adubadas com sulfato de amônio e uréia.

As produtividades, em massa e número de frutos por planta, obtidas nesse trabalho foram inferiores aos 13,2 frutos planta⁻¹ e 3,46 kg planta⁻¹, encontrados por Fernandes et al. (2002) em pepino do grupo Aodai em hidroponia, fato que pode ser atribuído a cultivar, época e sistema de cultivo.

Não foi observado efeito da fonte de N sobre a produção de massa de matéria seca de frutos totais por planta, com valor médio de 36,73 g. Também não houve diferença entre fontes de N quanto ao teor de matéria seca e de N-NO₃⁻ nos frutos analisados na colheita realizada em 12/03 (três dias após a aplicação da 6ª parcela de N em cobertura e 3ª parcela de 20 % do N), com valores médios de 2,96% e de 0,178 mg kg⁻¹ de MF, respectivamente. Quanto à eficiência de utilização do N para produção de frutos (EUNPF) essa também não diferiu entre fontes de N, com valor médio de 229,5 g MMSF g⁻¹ de N aplicado.

Pôrto (2011), também não verificou diferença de teor de nitrato na matéria fresca de frutos de pepino japonês adubado com as fontes sulfato de amônio e nitrato de amônio. Essa autora também verificou que outras cucurbitáceas como a abobrinha e moranga híbrida tipo “Tetsukabuto”, assim como em pepino, apresentam baixa tendência a acumular nitrato nos frutos, e que a dose de N recomendada para essas culturas não apresenta risco a saúde humana.

A Organização Mundial da Saúde estabelece o limite de 3,65 mg de nitrato dia⁻¹ por kg de peso vivo para a ingestão diária admissível sem risco para a saúde. Considerando um adulto com peso corporal de 60 kg, e o teor médio de nitrato em frutos de pepino de 0,193 mg kg⁻¹ peso fresco, a ingestão diária de pepino por esse indivíduo para atingir o nível crítico, seria de 1.134,6 kg de frutos, o que corresponderia ao consumo 4.933 frutos de 230 g, que foi o peso médio dos frutos encontrados neste trabalho.

As plantas podem apresentar respostas diferenciadas à fonte de N aplicada. As plantas absorvem o N principalmente na forma nítrica (NO₃⁻), mas podem absorver também na forma amoniacal (NH₄⁺) ou em ambas. De um modo geral, a maioria das plantas cultivadas crescem melhor com mistura das fontes NH₄⁺ e NO₃⁻, embora muitos trabalhos tem apresentado respostas inconsistentes (Abbasi et al., 2013). Em gramíneas, como o milho (Abbasi et al., 2013) e arroz (Fageria et al., 2011), a uréia foi menos efetiva que o sulfato de amônio, fato atribuído a alteração do pH do solo pelo sulfato de amônio aumentando a disponibilidade de outros nutrientes.

As plantas, quando absorvem o N na forma de NO₃⁻, esse deve ser reduzido dentro da planta à forma amoniacal (NH₄⁺)

pelas enzimas Redutase de Nitrato e Redutase de Nitrito para poder ser assimilado, ou seja, incorporado em aminoácidos. A redução do NO_3^- a NH_4^+ é regulada pela planta e poderá ocorrer totalmente nas raízes ou totalmente nas folhas ou em ambas; o local de redução ou a proporção dessa é dependente da espécie. Todavia, o NO_3^- é muito tolerado pelas plantas, e quando absorvido em quantidade superior a capacidade de redução, esse pode ser acumulado (armazenado) no vacúolo sem causar toxidez a planta. O N na forma NH_4^+ , resultante da redução do NO_3^- ou quando absorvido pela planta nessa forma, é incorporado aos aminoácidos pela ação das enzimas GS-GOGAT (Glutamina Sintetase e Glutamina Oxoglutarato Amida Transferase, respectivamente). O que leva a determinada espécie de planta a absorver maior ou menor quantidade de N na forma NH_4^+ é sua capacidade assimilatória (capacidade de incorporação do NH_4^+ em aminoácidos); caso essa capacidade assimilatória seja ultrapassada, o NH_4^+ promove o desacoplamento da cadeia de transporte de elétrons das membranas do cloroplasto (se parte aérea) e, ou do mitocôndrias, manifestado pela toxidez (Smirnov & Stewart, 1985).

Portanto, no caso pepino, a planta não manifestou resposta diferencial às fontes de N aplicadas em todas as características avaliadas. Em razão disso, é de se supor que a planta apresenta grande capacidade regulatória em relação a quantidade de N absorvida na forma amoniacal ou na redução do nitrato a amônio, quando fornecido na forma nítrica; se acumulado dentro da planta, esse acúmulo ocorreu em outros tecidos que não nos frutos, dada a baixa concentração de nitrato observada nesses.

Considerando o preço médio dos fertilizantes nitrogenados no ano da realização do trabalho (CONAB, 2012), e as respectivas concentrações do N nos fertilizantes comerciais, um kg de N dos fertilizantes sulfato de amônio (20% de N), nitrato de amônio (34% de N), nitrato de sódio (16% de N) e uréia (45% de N) custaria, respectivamente, US\$2.44; US\$2.51; US\$5.92 e US\$1.60. Portanto, considerando que não houve diferença significativa de produtividade e qualidade de frutos entre as fontes de adubos nitrogenados utilizadas, nem quanto à EUNPF, a uréia seria a mais indicada para a cultura do pepino devido ao menor preço por kg de N.

Conclusões

Não há diferença entre as fontes de N sulfato de amônio (100% amoniacal), nitrato de amônio (50% amoniacal e 50% nítrica), nitrato de sódio (100% nítrica) e uréia (100% amídica) quanto aos aspectos de crescimento de planta, produtividade e qualidade de frutos de pepino, nem quanto à eficiência de utilização do N para a produção de frutos.

A fonte de N mais indicada é a uréia por apresentar a melhor relação custo/benefício, ou seja, o menor preço por quilograma de N.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pela bolsa de IC fornecida ao primeiro autor e à FAPEMIG pelos recursos disponibilizados para a realização do trabalho.

Literatura Citada

- Abbasi, M.K.; Tahir, M.M.; Rahim, N. Effect of N fertilizer source and timing on yield and N use efficiency of rainfed maize (*Zea mays* L.) in Kashmir-Pakistan. *Geoderma*, v. 195-196, p.87-93, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2012.11.013>.
- Amaro, A.C.E.; Macedo, A.C.; Ramos, A.R.P.; Goto, R.; Ono, E.O.; Rodrigues, J.D. The use of grafting to improve the net photosynthesis of cucumber. *Theoretical and Experimental Plant Physiology*, v.26, n.3, p.241-249, 2014. <https://doi.org/10.1007/s40626-014-0023-1>.
- Arnon, D. I. Cooper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, v.24, n.1, p.1-15, 1949. <https://doi.org/10.1104/pp.24.1.1>.
- Baker, N.R. Chlorophyll fluorescence: A probe of photosynthesis in vivo. *Annual Review of Plant Biology*, v.59, p.89-113, 2008. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092759>.
- Beninni, E.R.Y.; Takahashi, H.W.; Neves, C.S.V.J.; Fonseca, I.C.B. Teor de nitrato em alface cultivada em sistemas hidropônico e convencional. *Horticultura Brasileira*, v.20, n.2, p.183-186, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362002000200013>.
- Carrijo, O.A.; Souza, R.B.; Marouelli, W.A.; Andrade, R.J. Fertilização de hortaliças. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2004. 13p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 32).
- Cataldo, D.A.; Haroon, M.; Schrader, L.E.; Younes, V.L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.6, n.1, p.71-80, 1975. <https://doi.org/10.1080/00103627509366547>.
- Coelho, F.S.; Fontes, P.C.R.; Puiatti, M.; Neves, J.C.L.; Silva, M.C.C. Dose de nitrogênio associada à produtividade de batata e índices do estado de nitrogênio na folha. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, v.34, n.4, p.1175-1183, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000400017>.
- Companhia Nacional de Abastecimento - Conab. Preços dos insumos agropecuários. <http://consultaweb.conab.gov.br/consultas/consultaInsumo.do?d=6983528-p=1&uf=MG&idGrupo=27&btnConsultar=Consultar&ano=2012&method=acaoListarConsulta&jcaptcha=hili&idSubGrupo=71>. 19 Ago. 2013.
- Fageria, N.K.; Baligar, V.C. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. *Advances in Agronomy*, v.88, p.97-185, 2005. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(05\)88004-6](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(05)88004-6).
- Fageria, N.K.; dos Santos, A.B.; Coelho, A.M. Growth, yield and yield components of lowland rice as influenced by ammonium sulfate and urea fertilization. *Journal of Plant Nutrition*, v. 34, n. 3, 371-386. 2011. <https://doi.org/10.1080/01904167.2011.536879>.
- Fernandes, A.A.; Martinez, H.E.P.; Oliveira, L.R. Produtividade, qualidade dos frutos e estado nutricional de plantas de pepino, cultivadas em hidroponia, em função das fontes de nutrientes. *Horticultura Brasileira*, v.20, n.4, p.571-575, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362002000400012>.

- Ferreira, M.M.M.; Ferreira, G.B.; Fontes, P.C.R.; Dantas, J.P. Índice SPAD e teor de clorofila no limbo foliar do tomateiro em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica, em duas épocas de cultivo. *Revista Ceres*, v.53, n.305, p.83-92, 2006. <http://www.ceres.ufv.br/ojs/index.php/ceres/article/view/3114/1007>. 10 Out. 2016.
- Holzschuh, M.J.; Bohnen, H.; Anghinoni, I.; Pizzolato, T.M.; Carmona, F.C.; Carlos, F.S. Absorção de nutrientes e crescimento do arroz com suprimento combinado de amônio e nitrato. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.35, n.4, p.1357-1366, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000400030>.
- Jackson, M.L. Análisis químico de suelos. Barcelona: Ediciones Omega, 1982. 662p.
- Mantovani, J.R.; Ferreira, M.E.; Cruz, M.C.P. Produção de alface acúmulo de nitrato em função da adubação nitrogenada. *Horticultura Brasileira*, v.23, n.3, p.758-762, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362005000300014>.
- Pôrto, M.L.; Alves, J.C.; Souza, A.P.; Araujo, R.C.; Arruda, J.A. Nitrate production and accumulation in lettuce as affected by mineral Nitrogen supply and organic fertilization. *Horticultura Brasileira*, v.26, n.2, p.227-230, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362008000200019>.
- Pôrto, M.L.; Puiatti, M.; Fontes, P.C.R.; Cecon, P.R.; Alves, J.C.; Arruda, J.A. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio na cultura da abobrinha. *Horticultura Brasileira*, v.29, n.3, p.311-315, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362011000300009>.
- Pôrto, M.L.A. Adubação nitrogenada e diagnóstico do estado de nitrogênio nas culturas de abobrinha, abóbora tipo "Tetsukabuto" e pepino. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2011. 97p. Tese Doutorado. <http://repositorio.ufv.br/handle/123456789/1176>. 11 Set. 2016.
- Pôrto, M.L.A.; Puiatti, M.; Fontes, P.C.R.; Cecon, P.R.; Alves, J.C. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio na cultura do pepino japonês em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, v.32, n.3, p.292-296, 2014. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362014000300009>.
- Queiroga, R.C.F.; Puiatti, M.; Fontes, P.C.R.; Cecon, P.R.; Finger, F.L. Influência de doses de nitrogênio na produtividade e qualidade do melão *Cantalupensis* sob ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, v.25, n.4, p.550-556, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362007000400011>.
- Ribeiro, A.C.; Guimarães, H.; Alvarez, V.V.H. Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação. Viçosa: CFSEMG, 1999. 322p.
- Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas - SAEG. Versão 9.1. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes. 2007. CD-Rom.
- Santamaria, P. Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC regulation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.86, n.1, p.10-17, 2006. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2351>.
- Silva, J.G.; França, M.G.C.; Gomide, F.T.F.; Magalhães, J.R. Different nitrogen sources affect biomass partitioning and quality of potato production in a hydroponic system. *American Journal of Potato Research*, v. 90, n.2, p. 179-185, 2013. <https://doi.org/10.1007/s12230-012-9297-5>.
- Silva, M.C.C.; Fontes, P.C.R.; Miranda, G.V. Índice SPAD e produção de batata, em duas épocas de plantio, em função de doses de nitrogênio. *Horticultura Brasileira*, v.27, n.1, p.17-22, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362009000100004>.
- Smirnoff, N.; Stuart, G.R. Nitrate assimilation and translocation by higher plants: comparative physiology and ecological consequences. *Physiologia Plantarum*, v.64, p.133-140, 1985. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1985.tb02326.x>.
- Teixeira Filho, M.C.M.; Buzetti, S.; Andreotti, M.; Arf, O.; Benette, C.G.S. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo irrigado em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.45, n.8, p.797-804, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2010000800004>.
- Turazi, C.M.V.; Junqueira, A.M.R.; Oliveira, S.A.; Borgo, L.A. Acúmulo de nitrato em alface em função da adubação, horário de colheita e tempo de armazenamento. *Horticultura Brasileira*, v.24, n.1, p.65-70, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362006000100013>.