

Acúmulo de nitrato e produção de chicória (*Cichorium endivia* L.) submetida à adubação nitrogenada sob cultivo protegido

Nitrate accumulation and yield of endive (Cichorium endivia L.) under nitrogen fertilization under protected cultivation

Fábio Steiner^[a], Tiago Zoz^[b], Viviane Ruppenthal^[c], Márcia de Moraes Echer^[d]

^[a] Engenheiro agrônomo, M.Sc., Doutorando em Agronomia (Agricultura) da Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Departamento de Produção Vegetal, Botucatu, SP - Brasil, e-mail: fsteiner@fca.unesp.br

^[b] Acadêmico do curso de Agronomia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Marechal Cândido Rondon, PR - Brasil, e-mail: tiago_zoz@hotmail.com

^[c] Engenheira agrônoma, Mestranda em Agronomia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Marechal Cândido Rondon, PR - Brasil, e-mail: vivianeruppenthal@yahoo.com.br

^[d] Professor adjunto do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Marechal Cândido Rondon, PR - Brasil, e-mail: mmecher@bol.com.br

Resumo

A chicória (*Cichorium endivia* L.) vem ganhando espaço e importância econômica dentre as hortaliças, porém, constatou-se haver poucas informações técnicas sobre o seu cultivo, principalmente no que diz respeito à nutrição mineral e qualidade de produto. Este estudo teve por objetivo avaliar o efeito da adubação nitrogenada sobre a produção e o acúmulo de nitrato na parte aérea de duas cultivares de chicória, sob cultivo protegido, em Marechal Cândido Rondon, PR. O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso em esquema fatorial $2 \times 2 \times 5$ com quatro repetições. Os tratamentos resultaram da combinação de duas cultivares ('catalogna folha larga' e 'escarola biondina'), duas fontes de N (ureia e nitrato de amônio) e cinco doses de N (0, 50, 100, 150 e 200 mg dm⁻³). A colheita foi realizada 60 dias após o transplante das mudas. Em cultivo protegido, as cultivares de chicória 'catalogna folha larga' e 'escarola biondina' responderam em produção de matéria fresca até a dose 126 e 135 mg dm⁻³ de N, respectivamente. O aumento das doses de nitrogênio até 200 mg dm⁻³ proporcionam incrementos lineares nos teores e acúmulos de nitrato (NO₃⁻) na parte aérea das plantas. A chicória 'catalogna folha larga' acumula maiores quantidades de nitrato em comparação a cultivar 'escarola biondina'.

Palavras-chave: *Cichorium endivia* L. Nitrogênio. Qualidade de produto. Hortaliça.

Abstract

Endive (Cichorium endivia L.) is gaining space and economic importance among the vegetables, however, it appeared to have little technical information on its cultivation, especially in relation to mineral nutrition and



product quality. This study aimed to evaluate the effect of nitrogen fertilization on the production and accumulation of nitrate in the shoots of two cultivars of chicory, under protected cultivation in Marechal Cândido Rondon, PR. The experimental design was randomized blocks in factorial scheme $2 \times 2 \times 5$ with four replications. The treatments resulted from the combination of two cultivars ('catalogna leaf drop' and 'escarola biondina'), two N sources (urea and ammonium nitrate) and five N rates (0, 50, 100, 150 and 200 mg dm⁻³). The crop was harvested 60 days after transplanting. In protected cultivation, cultivars of chicory 'catalogna leaf drop' and 'escarole biondina' responded in production of fresh mass until the dose 126 and 135 mg dm⁻³ N, respectively. Increasing of nitrogen levels up to 200 mg dm⁻³ provides linear increases in the contents and accumulation of nitrate (NO₃⁻) in the leaves of the plants. The endive 'catalogna leaf drop' accumulate larger amounts of nitrate in comparison to cultivar of endive Escarola Biondina.

Keywords: *Cichorium endivia* L. Nitrogen. Product quality. Vegetable.

Introdução

Originária da Índia Oriental, a chicória (*Cichorium endivia* L.) é uma hortaliça do tipo folha, pertencente à família Asteraceae, muito semelhante ao almeirão, do qual se diferencia por possuir folhas lisas, mais largas e menos alongadas (FILGUEIRA, 2003). É uma planta conhecida e utilizada na alimentação humana desde o Egito Antigo, na forma cozida ou como salada. Existem duas variedades claramente definidas, que são: *Cichorium endivia* var. *crispa* L., que é a chicória crespa, caracterizada pelas folhas bastante recortadas; e *Cichorium endivia* var. *latifolia* L., variedade lisa, que tem no Brasil o maior consumo e valor comercial (FILGUEIRA, 2003).

No Brasil, pouco se conhece sobre as exigências nutricionais da chicória sob cultivo protegido. As recomendações de adubação são feitas baseando-se nas informações existentes para outras hortaliças folhosas como a alface. Contudo, nem sempre isso traz respostas satisfatórias, tanto na produtividade como na qualidade do produto, ocasionando frustrações na produção (FURLANI; PURQUERIO, 2010). Como é uma hortaliça folhosa, a adubação nitrogenada e o manejo são extremamente importantes para o sucesso da cultura, devendo-se ter informações específicas e claras sobre a melhor dose de nitrogênio a ser utilizada.

Estudos têm demonstrado uma forte inter-relação entre adubações nitrogenadas excessivas e o acúmulo de nitrato nos vegetais, em níveis extremamente prejudiciais à saúde humana (ZAGO et al., 1999; PUTTANNA; RAO, 2000).

O acúmulo de nitrato em plantas ocorre quando há desequilíbrio entre a absorção e a assimilação do

íon, sendo as quantidades excedentes armazenadas nos vacúolos (MARSCHNER, 1995). Dentre as olerícolas, as hortaliças folhosas, como a alface e o espinafre, apresentam maior capacidade de acúmulo de nitrato que as demais (BYRNE et al., 2002). Entretanto, não se tem conhecimento sobre o acúmulo de nitrato em chicória. Sabe-se que o acúmulo excessivo de nitrato em hortaliças folhosas torna-se um fator antinutricional. Os efeitos tóxicos do nitrato para o ser humano ocorrem em decorrência da metahemoglobinemia – doença provocada pela formação de metahemoglobina, que se constitui em um complexo estável da hemoglobina das hemácias do sangue com o nitrito (NO₂⁻), originado a partir da redução do NO₃⁻ absorvido dos alimentos pelo organismo, e que é incapaz de transportar oxigênio para as células; e o aparecimento de nitrosaminas – complexos de amins secundárias com o nitrito, ambos presentes no sangue e que são cancerígenos (MAYNARD et al., 1976).

A capacidade de acúmulo de nitrato no vacúolo celular é de caráter genético, porém, grandemente influenciada por outros fatores, tais como: disponibilidade do íon na solução nutritiva, intensidade luminosa, disponibilidade de molibdênio, temperatura, umidade relativa do ar, sistema de cultivo, época de cultivo e hora de colheita, sendo os dois primeiros os mais importantes (BYRNE et al., 2002; KROHN et al., 2003; MAYNARD et al., 1976; MONDIN, 1996).

Algumas medidas têm sido estudadas no sentido de reduzir o teor de nitrato em hortaliças, como, por exemplo, adequar a adubação nitrogenada, colher as plantas em horários de menor acúmulo, atentar para as condições de armazenamento, selecionar

cultivares com menor potencial de acúmulo e controlar os efeitos ambientais com ativação do processo assimilatório, reduzindo o acúmulo de nitrato (BYRNE et al., 2002). Contudo, não existem informações sobre o efeito de diferentes fontes e doses de nitrogênio no teor de nitrato em cultivares de chicória.

O presente estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito da adubação nitrogenada sobre a produção e o acúmulo de nitrato na parte aérea de duas cultivares de chicória, sob cultivo protegido, em Marechal Cândido Rondon, PR.

Materiais e métodos

O estudo foi conduzido em vasos, em casa de vegetação, na Estação de Cultivo Protegido da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), câmpus de Marechal Cândido Rondon, PR, no período de abril a julho de 2009. A casa de vegetação é dotada de nebulização intermitente, de modo a manter a umidade relativa (UR) do ar próxima a 80% e possuir dupla camada plástica. A temperatura ambiente observada durante o experimento foi de $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$.

O solo utilizado foi um latossolo vermelho eutroférrico (LVef) de textura argilosa, coletado na camada superficial de 0 a 20 cm de profundidade, apresentando as seguintes características físico-químicas: 580 g kg^{-1} de argila; matéria orgânica = 28 g dm^{-3} ; pH em $\text{CaCl}_2 = 5,0$; P (Mehlich-1) = $12,9\text{ mg dm}^{-3}$; K = $0,37\text{ cmol}_c\text{ dm}^{-3}$; Ca = $5,2\text{ cmol}_c\text{ dm}^{-3}$ e Mg = $1,0\text{ cmol}_c\text{ dm}^{-3}$; CTC = $11,2\text{ cmol}_c\text{ dm}^{-3}$ e V = 59%. A correção da acidez do solo foi realizada aplicando-se 680 mg dm^{-3} de calcário dolomítico (CaO: 39%, MgO: 13% e PRNT: 92%), visando a elevar a saturação por bases a 70% (TRANI; RAIJ, 1997). Após a aplicação do calcário, as amostras foram umedecidas até alcançar 80% da capacidade de campo de cada solo, e incubadas sob lona plástica durante um período de 30 dias.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso em esquema fatorial $2 \times 2 \times 5$ com quatro repetições. Os tratamentos resultaram da combinação de duas cultivares de chicória ('escarola biondina' e 'catalogna folha larga'), duas fontes de nitrogênio (ureia e nitrato de amônio) e cinco doses (0, 50, 100, 150 e 200 mg dm^{-3} de N).

As principais características das duas cultivares empregadas neste estudo são: chicória 'escarola

biondina' (folha verde-claro, macia, levemente recortada, planta volumosa e ciclo médio de 75 dias) e chicória 'catalogna folha larga' (folha verde, alongada, recortada, planta forma touceira e ciclo médio de 65 dias).

A adubação de base foi realizada aplicando-se 200 mg dm^{-3} de P_2O_5 , 80 mg dm^{-3} de K_2O e 1 mg dm^{-3} de B, na forma de superfosfato triplo, cloreto de potássio e ácido bórico, respectivamente. As doses de N, em solução, foram parceladas em quatro épocas, aplicando-se 25% da respectiva dose no transplantio; 25% aos 7; 25% aos 14; e 25% aos 21 dias após o transplantio (DAT). Os fertilizantes aplicados por ocasião do transplantio foram incorporados ao volume total de solo.

Para a implantação do experimento, utilizaram-se mudas produzidas em bandejas de poliestireno expandido com 200 células, contendo substrato comercial Plantmax®. As mudas foram transplantadas com dois pares de folhas, completamente desenvolvidas, para vasos com capacidade de 8 dm^3 . As irrigações foram realizadas duas vezes ao dia, de modo a manter a umidade do solo em torno de 80% da capacidade de campo. O volume de água repostado diariamente foi realizado tomando-se sempre o cuidado de não promover a percolação de água no fundo do vaso, de modo a evitar as perdas de N por lixiviação.

A colheita foi realizada 60 dias após o transplante das mudas. Optou-se pelo horário de colheita das 5h30 às 7h, em razão de esse ser o período de menor acúmulo de nitrato, além de ser o horário de colheita dos produtores. Segundo Maynard et al. (1976), entre os fatores que influenciam no acúmulo de nitrato em plantas estão a intensidade luminosa e a temperatura. As plantas foram cortadas rente à superfície do solo de cada vaso e pesadas para a obtenção da produção de matéria fresca. O material foi lavado em água deionizada e seco em estufa com circulação forçada de ar a $55\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ até atingir massa constante. Em seguida, foi pesado para a obtenção da matéria seca, moído em moinho tipo Willey e armazenado.

Na matéria seca das plantas, determinou-se o N-orgânico + N-NH_4^+ (NOA) por meio de digestão sulfúrica e destilação dos extratos em microdestilador Kjeldahl e subsequente titulação do destilado, conforme metodologia proposta por Tedesco et al. (1995). O nitrato foi determinado por meio de extração do íon com água destilada e deionizada com agitação por 5 minutos. Em seguida, na presença de MgO calcinado

e liga de devarda, as amostras foram submetidas à destilação em microdestilador Kjeldahl e subsequente titulação do destilado (TEDESCO et al., 1995).

Os resultados obtidos foram convertidos em teores e quantidades acumuladas de NOA e de nitrato (N-NO_3^-) nas folhas das plantas e submetidos à análise de variância e de regressão. Utilizou-se o programa computacional Sisvar versão 5.1 (FERREIRA, 2007) para processamento dos dados.

Resultados e discussão

Os resultados obtidos não evidenciaram efeitos significativos da interação ($p > 0,05$) entre as fontes e doses de N. As fontes de N não influenciaram significativamente a produção de matéria fresca e seca e o teor e acúmulo de N-orgânico + N-NH_4^+ (NOA), e influenciaram significativamente o teor e acúmulo de nitrato na parte aérea das duas cultivares de chicória (Tabela 1).

A produção de chicória mostrou-se semelhante para as duas fontes utilizadas neste estudo. Resultados de pesquisas demonstram respostas variáveis às fontes nitrogenadas. Em alface, Lopes et al. (2007)

verificaram as maiores produtividades quando se utilizou nitrato de amônio como fonte de nitrogênio, seguido de sulfato de amônio e a ureia. Por sua vez, Castro e Ferraz (1998) e Lopes et al. (2003) obtiveram maior produção de alface com a aplicação de uréia.

A aplicação de ureia proporcionou os menores teores e acúmulo de nitrato nas duas cultivares. Isso ocorreu, possivelmente, em razão do fornecimento de N na forma amídica da ureia ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$), enquanto o nitrato de amônio fornece metade do N na forma amoniacal (NH_4^+) e metade na forma nítrica (NO_3^-). Sady, Rozek, Myczkowski, (1995) e Abd-Elmoniem et al. (1996) relataram que folhas de alface apresentaram menor acúmulo de nitrato, com o fornecimento de N na forma de NH_4^+ e NO_3^- , quando comparadas àquelas fertilizadas exclusivamente com N-NO_3^- . De modo similar, Escalona et al. (2009) evidenciaram os maiores teores de nitrato em alface, quando o fornecimento de N foi realizado com nitrato de cálcio, em comparação ao sulfato de amônio e ureia. Com o aumento do fornecimento de N na forma de NO_3^- , a capacidade de redução do nitrato nas raízes torna-se fator limitante e há aumento da proporção de N-total translocado para a parte aérea na forma de NO_3^- (MARSCHNER, 1995).

Tabela 1 - Produção de matéria fresca e seca, teor e acúmulo de N-orgânico + N-NH_4^+ (NOA) e de nitrato (NO_3^-) na parte aérea de duas cultivares de chicória em função das fontes de nitrogênio sob cultivo protegido – Marechal Cândido Rondon, PR, 2009

Fonte de N	Teor		Acúmulo			
	Massa fresca	Massa seca	NOA	NO_3^-		
g por planta		g kg^{-1}		g por planta		
'Catalogna folha larga'						
Ureia	319,4 ^{ns}	24,7 ^{ns}	26,4 ^{ns}	7,2 b	652 ^{ns}	178 b
Nitrato de amônio	338,6	27,3	25,2	12,8 a	688	349 a
CV	12,1	10,7	9,6	12,7	9,7	12,3
'Escarola biondina'						
Ureia	365,9 ^{ns}	21,1 ^{ns}	28,5 ^{ns}	3,9 b	601 ^{ns}	82 b
Nitrato de amônio	378,1	22,9	25,8	7,3 a	592	167 a
CV	10,6	9,8	10,1	11,9	9,4	13,7

Legenda: Médias seguidas da mesma letra na coluna, para cada cultivar, não diferem entre si pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade; ns: não significante.

Obs.: Como somente há duas fontes, o teste F da análise de variância já é conclusivo. Não houve comparação de média.

Fonte: Dados da pesquisa.

As doses de nitrogênio influenciaram significativamente ($p < 0,01$) a produção das duas cultivares de chicória (Gráfico 1). Evidenciou-se resposta polinomial quadrática para a matéria fresca da parte aérea, na qual a produção máxima, de 406 e 445 g por planta, foi obtida com a aplicação de 126 e 135 mg dm⁻³ de N para chicória 'catalogna folha larga' e 'escarola biondina', respectivamente, corroborando com as observações feitas por Alvarenga (1999), o qual relata que, em diversos trabalhos sob as mais variadas situações, houve resposta quadrática na produção de hortaliças folhosas para a aplicação de nitrogênio, com decréscimo na produção a partir de uma dose.

Os teores de N-orgânico + N-NH₄⁺ (NOA) na parte aérea das plantas aumentaram com as doses de nitrogênio, variando de 11,3 a 40,1 g kg⁻¹ na cultivar 'catalogna folha larga' e de 13,2 a 40,8 g kg⁻¹ na cultivar 'escarola biondina' (Gráfico 2A). Teores de N entre 25 e 50 g kg⁻¹ são considerados adequados para chicória (TRANI; RAIJ, 1997). Dessa maneira, os teores estiveram dentro dos limites citados apenas nos tratamentos que receberam a aplicação de doses de N superiores a 100 mg dm⁻³. Entretanto, ressalta-se que a parte e a idade da planta analisada por Trani e Raij (1997) foram folhas de alface recém-desenvolvidas e coletadas na metade do ciclo,

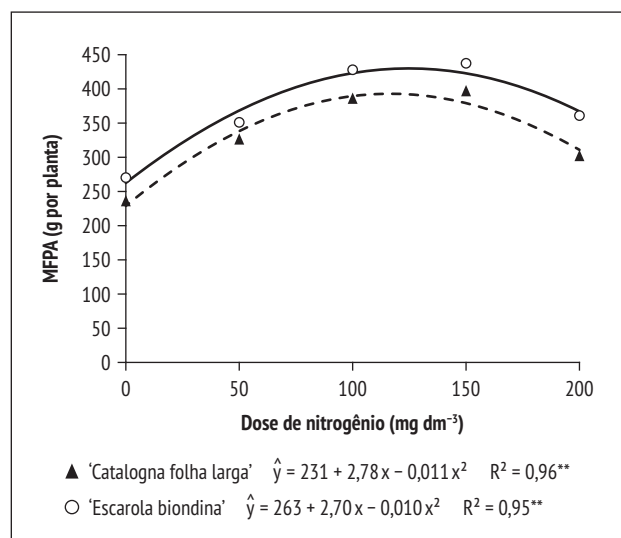


Gráfico 1 - Produção de matéria fresca da parte aérea (MFPA) de duas cultivares de chicória em função das doses de nitrogênio sob cultivo protegido – Marechal Cândido Rondon, PR, 2009

Legenda: ** = significativo ao nível de 1% pelo teste t.

Fonte: Dados da pesquisa.

diferindo das empregadas nesse estudo, em que se utilizou toda a parte aérea no final do ciclo.

Os teores de NOA (Gráfico 2B) observados (11,3 a 40,8 g kg⁻¹) estão pouco abaixo dos valores encontrados por Fernandes et al. (2002), Turazi et al. (2006) e Aquino et al. (2007), entretanto, semelhantes resultados foram encontrados por Souza et al. (2005) e por Mantovani, Ferreira e Cruz (2005), todavia, acima daqueles encontrados por Pôrto et al. (2008) para a cultura da alface.

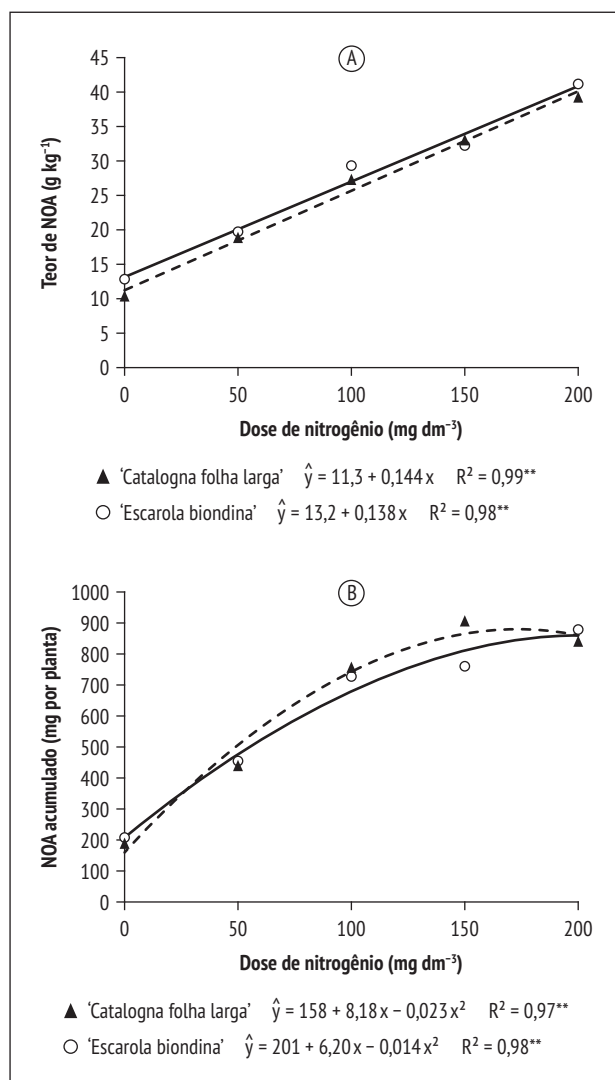


Gráfico 2 - Teor (A) e acúmulo (B) de N-orgânico + N-NH₄⁺ (NOA) na parte aérea de duas cultivares de chicória em função das doses de nitrogênio sob cultivo protegido – Marechal Cândido Rondon, PR, 2009

Legenda: ** = significativo ao nível de 1% pelo teste t.

Fonte: Dados da pesquisa.

O acúmulo máximo estimado de NOA na parte aérea das plantas de chicória foi de 887 e 885 mg por planta, sendo obtido com a aplicação de 178 e 221 mg dm⁻³ de N para a cultivar 'catalogna folha larga' e 'escarola biondina', respectivamente.

Os teores de NO₃⁻ na parte aérea das duas cultivares de chicória aumentaram linearmente com as doses de N, variando de 3,52 a 16,32 e de 2,32 a 8,92 g kg⁻¹ para as cultivares 'catalogna folha larga' e 'escarola biondina', respectivamente (Gráfico 3A), corroborando com os resultados observados por outros autores, dentre eles Faquin et al. (1994), Mantovani et al. (2005) e Cavarianni et al. (2008), os quais afirmam que o teor de nitrato na planta depende muito da sua disponibilidade no meio de cultivo.

Com base na quantidade de água das plantas, os teores de NO₃⁻ na matéria seca foram convertidos para matéria fresca, obtendo-se a seguinte variação: de 240 a 1.204 mg kg⁻¹ na cultivar 'catalogna folha larga' e de 128 a 550 mg kg⁻¹ para a cultivar 'escarola biondina'. No Brasil não existe legislação específica que regulamente os teores máximos permitidos de nitrato em vegetais (MANTOVANI et al., 2005). Contudo, evidencia-se que os teores, independentemente da adubação nitrogenada e cultivar, ficaram aquém daqueles observados em outras hortaliças, como em alface (BENINI et al., 2002; FERNANDES et al. 2002; KROHN et al. 2003; MANTOVANI et al., 2005), e dos máximos tolerados pela Comunidade Europeia, que são 2.500 e 3.500 mg kg⁻¹ de matéria fresca para o cultivo no campo e em ambiente protegido, respectivamente (McCALL; WILLUMSE, 1998; SCHRODER; BERO, 2001). As plantas que receberam a maior dose de N apresentaram teores de NO₃⁻ que foram de 3 a 6 vezes inferiores ao limite máximo admissível para o cultivo em ambiente protegido.

A adubação nitrogenada promoveu aumento linear das quantidades acumuladas de N-NO₃ na parte aérea de chicória (Gráfico 3B), variando de 89 a 397 e de 49 a 203 mg por planta de NO₃ para as cultivares 'catalogna folha larga' e 'escarola biondina', respectivamente. Esses resultados já eram esperados em virtude dos incrementos lineares nos teores de nitrato promovidos pelas doses de nitrogênio aplicadas. Em estudo semelhante, com a cultura de almeirão, Steiner et al. (2010) também obtiveram incrementos lineares no acúmulo de nitrato com o aumento da dose de N. Dentre os fatores que influenciam o acúmulo de nitrato no tecido foliar, a disponibilidade do íon na

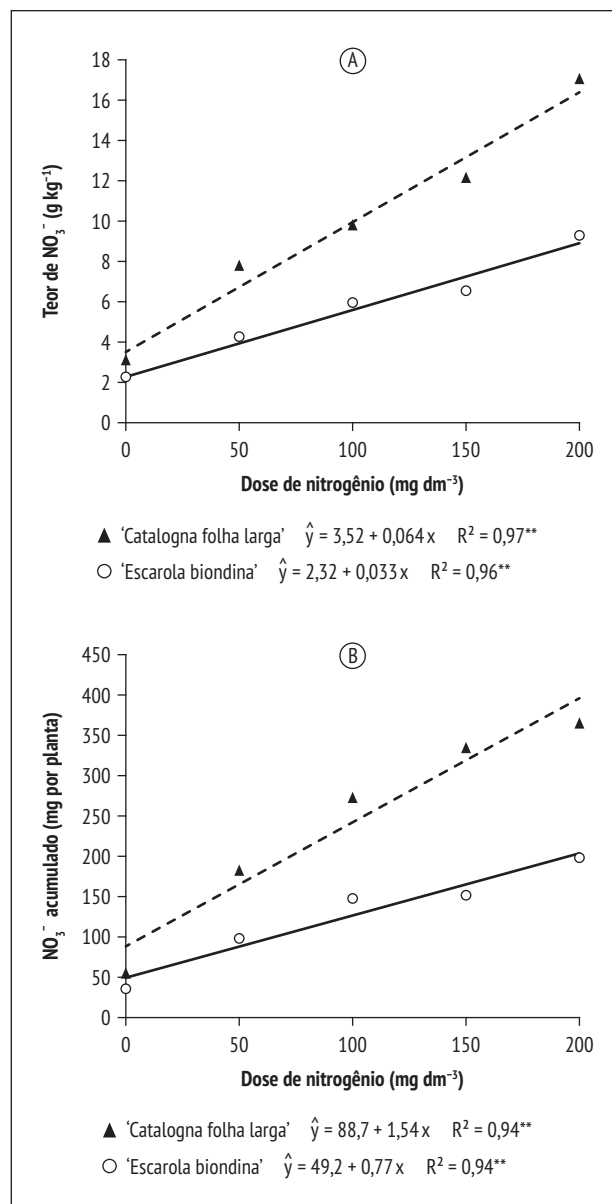


Gráfico 3 - Teor (A) e acúmulo (B) de N-NO₃⁻ na parte aérea de duas cultivares de chicória em função das doses de nitrogênio sob cultivo protegido – Marechal Cândido Rondon, PR, 2009

Legenda: ** = significativo ao nível de 1% pelo teste t.

Fonte: Dados da pesquisa.

solução do solo é um dos mais importantes (BYRNE et al., 2002; KROHN et al., 2003; MANTOVANI et al., 2005; CAVARIANNI et al., 2008).

Independentemente da fonte (Tabela 1) e da dose de N aplicada (Gráfico 3), a cultivar 'catalogna folha larga' apresentou os maiores teores e acúmulos de nitrato. Esse maior acúmulo se dá em razão da

maior participação da massa de nervuras e pecíolos na massa de folhas dessa cultivar. Ela caracteriza-se por possuir folhas recortadas e nervura central bastante desenvolvida, no que se constitui em uma característica morfológica favorável à manifestação de maiores teores de nitrato. Segundo Maynard et al. (1976), tecidos como os pecíolos apresentam maior capacidade de acumular nitrato do que o limbo foliar, corroborando com os resultados observados por Santamaría, Elia e Serio (2002), que concluíram existir grande variabilidade e capacidade acumulativa de nitrato entre as cultivares de hortaliças folhosas.

Trabalhando com três cultivares de rúcula em sistema hidropônico, Cavarianni et al. (2008) verificaram que o maior acúmulo de nitrato ocorreu na cultivar 'selvática', a qual apresenta maior participação de nervuras e pecíolos na massa total da parte aérea, em comparação com as cultivares 'cultivada' e 'folha larga'. De modo similar, Steiner et al. (2010), trabalhando com duas cultivares de almeirão em ambiente protegido, verificaram que o maior acúmulo de nitrato ocorreu na cultivar 'cabeça vermelha' em comparação à 'folha larga'. Segundo os autores, tais evidências são decorrentes do fato da cultivar 'cabeça vermelha' possuir a característica de formar "cabeça", resultando no maior sombreamento entre folhas de uma mesma planta.

Conclusões

Em cultivo protegido, as cultivares de chicória 'catalogna folha larga' e 'escarola biondina' respondem em produção de matéria fresca até a dose 126 e 135 mg dm⁻³ de N, respectivamente.

O aumento das doses de nitrogênio, variando de 0 a 200 mg dm⁻³, proporciona incrementos lineares no acúmulo de nitrato na parte aérea das plantas.

As cultivares de chicória apresentam capacidades diferenciadas quanto ao acúmulo de nitrato e a cultivar 'catalogna folha larga' acumula maiores quantidades de nitrato.

Referências

ABD-ELMONIEM, E. M. et al. Effect of nitrogen form on lettuce plant grown in hydroponic system. *Acta Horticulturae*, v. 434, n. 1, p. 47-52, 1996.

ALVARENGA, M. A. R. **Crescimento, teor e acúmulo de nutrientes em alface americana (*Lactuca sativa* L.) sob doses de nitrogênio aplicadas no solo e níveis de cálcio aplicados via foliar**. 1999. 117 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

AQUINO, L. A. et al. Produção de biomassa, acúmulo de nitrato, teores e exportação de macronutrientes da alface sob sombreamento. *Horticultura Brasileira*, v. 25, n. 3, p. 381-386, 2007.

BENINNI, E. R. Y. et al. Teor de nitrato em alface cultivada em sistemas hidropônico e convencional. *Horticultura Brasileira*, v. 20, n. 2, p. 183-186, 2002.

BYRNE, C. et al. **Reducing the nitrate content of protected lettuce**. Dublin: University College, 2002. Irish Agriculture and Food Development Authority.

CASTRO, S. R. P.; FERRAZ Jr., A. S. L. Teores de nitrato nas folhas e produção da alface cultivada com diferentes fontes de nitrogênio. *Horticultura Brasileira*, v. 16, n. 1, p. 65-68, 1998.

CAVARIANNI, R. L. et al. Concentrações de nitrogênio na solução nutritiva e horários de colheita no teor de nitrato em rúcula. *Caatinga*, v. 21, n. 1, p. 44-49, 2008.

ESCALONA, A. et al. Efecto de las fuentes nitrogenadas sobre el contenido de nitratos y lecturas "spad" en el cultivo de lechuga. *Agronomía Trop.*, v. 59, n. 1, p. 99-105, 2009.

FAQUIN, V. et al. Crescimento e concentração de nitrato de alface sob influência da relação NO₃⁻:NH₄⁺ e cloro na solução nutritiva e horário de colheita. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 21., 1994, Petrolina. *Anais...* Petrolina: SBSCS, 1994. p. 152-153.

FERNANDES, A. A. et al. Produtividade, acúmulo de nitrato e estado nutricional de cultivares de alface, em hidroponia, em função de fontes de nutrientes. *Horticultura Brasileira*, v. 20, n. 2, p. 195-200, 2002.

FERREIRA, D. F. **Sistemas para análise de variância para dados balanceados**. Lavras: UFLA, 2007. (Software). SISVAR versão 5.1.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2003.

FURLANI, P. R.; PURQUERIO, L. F. V. Avanços e desafios na nutrição de hortaliças. In: MELLO PRADO, R. et al. **Nutrição de plantas: diagnose foliar em hortaliças**. Jaboticabal: FCAV/CAPES/FUNDUNESP, 2010. p. 45-62.

- KROHN, N. G. et al. Teores de nitrato em folhas de alface em função do horário de coleta e do tipo de folha amostrada. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 2, p. 216-219, 2003.
- LOPES, M. C. et al. Resposta de três cultivares de alface a diferentes fontes nitrogenadas em cobertura. **Horticultura Brasileira**, v. 21, p. 4, 2003. Suplemento CD-ROM.
- LOPES, M. C. et al. Acúmulo de amônio e nitrato pelas plantas de alface do tipo americana submetidas a diferentes fontes de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v. 25, 2007. p. 4. Suplemento CD-ROM.
- MANTOVANI, J. R.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. Produção de alface e acúmulo de nitrato em função da adubação nitrogenada. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 3, p. 758-762, 2005.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plant**. New York: Academic Press, 1995.
- MAYNARD, D. N. et al. Nitrate accumulation in vegetables. **Advances in Agronomy**, v. 28, n. 1, p. 71-118, 1976.
- McCALL, D.; WILLUMSEN, J. Effects of nitrate, ammonium and chloride application on the yield and nitrate content of soil-grown lettuce. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 73, n. 5, p. 698-703, 1998.
- MONDIN, M. **Efeito de sistemas de cultivo na produtividade e acúmulo de nitrato em cultivares de alface**. 1996. 88 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal, 1996.
- OHSE, S. Qualidade nutricional e acúmulo de nitrato em alface. In: SANTOS, O. S. (Ed.) **Hidroponia da alface**. Santa Maria: Imprensa Universitária, 2000. p. 10-24.
- PÔRTO, M. L. et al. 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.
- PUTTANNA, K.; PRAKASA RAO, E. V. S. Nitrates, agriculture and environment. **Current Science**, v. 79, n. 9, p. 1163-1168, 2000.
- RODRIGUES, A. B.; MARTINS, M. I. E. G.; ARAÚJO, J. C. C. Avaliação econômica da produção de alface em estufa. **Informações Econômicas**, v. 27, n. 1, p. 27-33, 1997.
- SADY, W.; ROZEK, S.; MYCZKOWSKI, J. Effect of different forms of nitrogen on the quality of lettuce yield. **Acta Horticulturae**, v. 401, n. 3, p. 409-416, 1995.
- SANTAMARIA, P.; ELIA, A.; SERIO, F. Effect of solution nitrogen concentration on yield, leaf element content, and water and nitrogen use efficiency of three hydroponically-grown rocket salad genotypes. **Journal of Plant Nutrition**, v. 25, n. 2, p. 245-258, 2002.
- SCHRÖDER, F. G.; BERO, H. Nitrate uptake of *Lactuca sativa* L. depending on varieties and nutrient solution in hydroponic system PPH. **Acta Horticulturae**, v. 548, n. 5, p. 551-555, 2001.
- SOUZA, P. A. et al. Características químicas de folhas de alface cultivada sob efeito residual da adubação com composto orgânico. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 3, p. 754-757, 2005.
- STEINER, F. et al. Acúmulo de nitrato e produção de duas cultivares de almeirão em função da adubação nitrogenada. **Global Science Technology**, v. 3, n. 2, p. 60-69, 2010.
- TEDESCO, M. J. et al. **Análises de solos, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995. (Boletim Técnico, 5).
- TRANI, P. E.; RAIJ, B. van. Hortaliças. In: RAIJ, B. van. et al. **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1997. p. 157-185 (Boletim Técnico, 100).
- TURAZI, C. M. V. et al. 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.
- ZAGO, V. C. P. et al. Aplicação de esterco bovino e uréia na couve e seus reflexos nos teores de nitrato e na qualidade. **Horticultura Brasileira**, v. 17, p. 207-211, 1999.

Recebido: 23/07/2010

Received: 07/23/2010

Aprovado: 28/08/2010

Approved: 08/28/2010