

Influência do nitrogênio e periodicidade de coletas na produção de folhas e óleo essencial de alecrim (*Rosmarinus officinalis*)

Viviane Dal-souto Frescura^{1,2*}, Odair José Schmitt², Kássia Cauana Trapp³, Jeronimo Luiz Andriolo², Sidinei José Lopes^{2,4}, Solange Bosio Tedesco^{2,4}

¹Universidade Federal de Santa Maria, Coordenadoria Acadêmica, Campus Cachoeira do Sul, Cachoeira do Sul, RS, Av. Presidente Vargas, 1958, Bairro Santo Antônio, CEP: 96506-302, Brasil. ²Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós Graduação em Agronomia, Santa Maria, RS, Av. Roraima, nº 1000, Camobi, CEP 97105-900, Brasil. ³Universidade Federal de Santa Maria, Graduação em Biologia, Santa Maria, RS, CEP 97105-900, Brasil. Av. Roraima, nº 1000, Camobi, CEP 97105-900, Brasil. ⁴Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós Graduação em Agrobiologia, Santa Maria, RS, Av. Roraima, nº 1000, Camobi, CEP 97105-900, Brasil. Autor para correspondência: viviane.frescura@ufsm.br

RESUMO: O presente trabalho objetivou determinar o efeito da concentração de nitrogênio (N) e da periodicidade de coletas na produção de fitomassa e óleo essencial durante o crescimento de plantas de alecrim cultivadas fora do solo. As plantas foram cultivadas em vasos de polipropileno de 3 dm³ preenchidos com areia e fertirrigadas com soluções nutritivas contendo concentrações de N de 5,55; 8,05; 10,55; 13,05 e 15,55 mmol/l sem variações na concentração dos demais nutrientes. O número total de coletas durante o período variou de uma a quatro (C1, C2, C3 e C4). Em C4 a primeira coleta foi feita em abril de 2013, aos 90 dias após o plantio (DAP), e repetidas três vezes totalizando quatro ao final do experimento; em C3 a primeira coleta foi feita em julho de 2013, aos 180 DAP, e repetidas duas vezes totalizando três; em C2 a primeira coleta foi feita em outubro de 2013, aos 270 DAP, e repetida uma vez, totalizando duas; em C1 a primeira e única coleta foi feita em janeiro de 2014, aos 365 DAP, sem nenhuma coleta anterior. Foi empregado o arranjo fatorial 5x4 em delineamento inteiramente casualizado com 44 plantas por parcela e os dados foram analisados por regressão polinomial ao nível de 5% de probabilidade de erro. Foi determinada a massa seca de folhas e o rendimento de óleo essencial extraído em aparelho de Clevenger. Os resultados indicaram que tanto a produção de folhas como o rendimento do óleo essencial são mais elevados realizando apenas uma coleta aos 365 DAP e com emprego de uma solução nutritiva com concentração de N em torno de 9,40 mmol/l.

Palavras-chave: *Rosmarinus officinalis*; Massa seca; Fertirrigação; Plantas aromáticas.

ABSTRACT: Nitrogen influence and frequency of collections in the production of leaves and essential oil of rosemary (*Rosmarinus officinalis*). The objective of this research was to determine the effect of nitrogen concentration and the periodicity of harvests on leaf growth and essential oil production of rosemary plants in soilless cultivation. Plants were grown in 3 dm³ polypropylene pots filled with sand and fertigated by means of nutrient solutions at N concentrations of 5.55; 8.05; 10.55; 13.05, and 15.55 mmol/l, without variations in concentrations of the other nutrients. The total number of harvests during the experimental period varied from one to four (C1, C2, C3 and C4). In C4, the first harvest was made in April 2013, at 90 (DAP), and repeated three times reaching four harvests at the end of the experiment; in C3, the first harvest was in July 2013, at 180 DAP, and repeated two times, reaching three harvests; in C2, the first harvest was in October 2013, at 270 DAP, and repeated once a time, reaching two harvests; in C1, only one harvest was made in January 2014, at 365 DAP, any harvest being done before. A 5x4 factorial entirely randomized experimental design was used, with 44 plants per plot. It was determined the leaf production and yield of essential oil extracted in a Clevenger. Results showed that leaf production and yield of essential oil are higher by making only one harvest at 365 DAP and using a nutrient solution at N concentration of 9.40 mmol/l.

Keywords: *Rosmarinus officinalis*; Dry mass; Fertirrigation; Aromatic plants.

INTRODUÇÃO

A espécie *Rosmarinus officinalis* L., popularmente conhecida como alecrim, é originária da região Mediterrânea e considerada medicinal e aromática. Os extratos são utilizados na indústria agroalimentícia, devido as suas propriedades antioxidantes e conservantes (Ferrari et al. 2011). O óleo essencial é o principal produto oriundo da espécie, conhecido mundialmente pelas propriedades medicinais com ação nos sistemas circulatório, nervoso e digestivo, havendo registros de usos na forma de banhos, aplicações locais, compressas, inalações, massagens e aplicações localizadas no couro cabeludo (Berwick 1998). É empregado também como essência na indústria da perfumaria (Ferrari et al. 2011). O óleo essencial da espécie tem potencial para ser utilizado amplamente como um antioxidante natural na industrialização de alimentos como o charque e produtos similares (Bertolin et al. 2010).

Os óleos essenciais fazem parte dos compostos secundários produzidos pelas plantas como mecanismos de defesa contra o estresse ambiental (Glynn et al. 2007; Gayler et al. 2008). Um dos fatores que pode alterar sua produção é a disponibilidade de nutrientes minerais, por afetar o crescimento da planta, a produção de fitomassa e de óleos voláteis (Castro et al. 2004; Le Bot et al. 2009).

Dentre os nutrientes requeridos pelas plantas, o nitrogênio (N) é um dos mais importantes, sendo constituinte de aminoácidos, proteínas, clorofila e ácidos nucleicos e sua deficiência causa a redução da fotossíntese, a qual diminui a divisão, a expansão e o tamanho das células e, por consequência, de todos os órgãos da planta, principalmente flores e folhas (Aêgren e Franklin, 2003). Doses elevadas de N resultaram em maior crescimento da planta e rendimento de óleo essencial em *Chamomila recutita* (L.) Rauschert (camomila) (Amaral et al. 2008) e maior crescimento da planta em *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. (sabiá) (Marques et al. 2006). Com relação à composição química da planta, tem sido sugerido na literatura que plantas crescendo em condições nutricionais limitantes priorizam o metabolismo secundário em detrimento do crescimento vegetativo (Glynn et al. 2007; Le Bot et al. 2009).

Por ser o alecrim uma planta perene que pode ser submetida à sucessivas coletas da parte aérea no decorrer do ano, informações sobre a influência da idade fisiológica da planta são necessárias para determinar a conveniência dessa prática em relação a uma única colheita anual. Durante a ontogenia, a área foliar da planta sofre modificações tanto devido ao envelhecimento das folhas como às variações nos elementos meteorológicos ao longo das estações do ano, as

quais induzem alterações bioquímicas quantitativas e qualitativas (Castro et al. 2004). A poda verde afeta o crescimento e a idade da área foliar e também o balanço hormonal da planta, com reflexos no seu desenvolvimento (Iqbal et al. 2012).

Em outras espécies tem sido demonstrado que a idade fisiológica é um fator que afeta a produção de óleo essencial pelas plantas, como em camomila, Amaral et al. (2014). Esses autores realizaram colheitas aos 85, 92, 99, 106 e 113 dias após o plantio e verificaram que aos 106 dias ocorreu a maior produção de fitomassa de capítulos e de óleo essencial. Em *Mentha piperita* L. (hortelã) cultivada em hidroponia, Souza et al. (2007) indicaram a colheita aos 29 dias após o transplante para a extração de óleo essencial, o que significa maior precocidade de colheita e rendimento de óleo em comparação com o cultivo convencional no solo. Em *Piper hispidinervum* C. DC. (pimenta longa) o rendimento de óleo essencial foi maior quando foi realizado apenas um corte no intervalo de 12 meses, quando comparado a dois cortes durante esse período (Bergo et al. 2005). Em *Mentha citrata* Ehrh. (menta-do-levante) o rendimento de óleo essencial não variou quando foram realizados seis, quatro e três cortes durante o ano (May et al. 2010).

Para a produção industrial do alecrim, o cultivo fora do solo possibilita maior controle do ambiente em relação ao cultivo no solo (Martinez, 2005), permitindo estender o período de produção ao longo do ano e aumentar a produção de fitomassa. São escassos os resultados de pesquisas indicando o efeito do intervalo de tempo entre as colheitas na produção de fitomassa e no rendimento de óleo essencial de alecrim em sistema de cultivo fora do solo.

O presente trabalho objetivou determinar o efeito da concentração de N e da periodicidade de coletas na produção de folhas e óleo essencial durante o crescimento de plantas de alecrim cultivadas fora do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Rio Grande do Sul (Brasil) (29°42'S; 53°42'W, 95 m de altitude), em estufa com 5m de largura e 23 m de comprimento, com cobertura de polietileno aditivado anti-UV de 200 µm de espessura, no período entre 26 de janeiro de 2013 e 26 de janeiro de 2014. A extração do óleo essencial foi realizada no laboratório de Citogenética Vegetal e Genotoxicidade do Departamento de Biologia da UFSM.

Durante o período de cultivo do alecrim a temperatura do ar e a radiação solar global

foram coletadas diariamente por uma estação meteorológica automática localizada a 300 metros da área experimental. Os valores médios mensais da temperatura e a radiação solar global acumulada foram em 2013 de 25,45 °C e 171,194 MJ/m² em janeiro; 24,15 °C e 560,872 MJ/m² em fevereiro; 21,08 °C e 483,984 MJ/m² em março; 19,81 °C e 434,742 MJ/m² em abril; 15,85 °C e 291,787 MJ/m² em maio; 13,87 °C e 249,630 MJ/m² em junho; 14,36 °C e 298,007 MJ/m² em julho; 13,73 °C e 387,972 MJ/m² em agosto; 17,85 °C e 519,137 MJ/m² em setembro; 20,10 °C e 635,189 MJ/m² em outubro; 23,05 °C e 718,866 MJ/m² em novembro; 25,95 °C e 815,365 MJ/m² em dezembro. Em janeiro de 2014 foram de 26,61 °C e 636,055 MJ/m².

As mudas de alecrim comum foram adquiridas no comércio local (CNPJ N° 94.780.178/0001-46) oriundas da propagação por estaquia, com altura média de 15 cm. Foram transplantadas em vasos de polipropileno com 3 dm³ preenchidos com areia lavada de granulometria entre 1 mm e 3 m e capacidade máxima de retenção de água de 0,238 l/dm³, colocados sobre bancadas de 0,80 m de altura formadas por telhas de fibrocimento de 1,10 m de largura e 3,6 m de comprimento e revestidas com lona de polipropileno. Os vasos foram dispostos em quatro fileiras, com 0,3 m entre vasos e 0,27 m entre fileiras, na densidade de 12 vasos por metro quadrado, com uma planta por vaso. Em cada uma das bancadas foi instalado um reservatório de fibra de vidro com capacidade de 500 l para estocagem da solução nutritiva.

A solução nutritiva foi fornecida através de uma bomba submersa acionada por um programador horário e conectada a fitas gotejadoras, com um gotejador por vaso, na vazão média de 1,3 l/h. Foi empregado um coeficiente de drenagem não inferior a 30% em cada fertirrigação e a solução drenada foi recolhida e retornada ao reservatório de origem, em sistema fechado.

Foram realizadas de uma a quatro fertirrigações diárias de forma a repor os volumes de água transpirados pelas plantas, estimados conforme descrito por Pardossi et al. (2011). O pH da solução nutritiva foi mantido entre 5,5 e 6,0, tolerando-se um desvio de 0,2 unidades, mediante adição de NaOH ou H₂SO₄ na concentração 0,1 M, conforme a necessidade. A condutividade elétrica (CE) de cada tratamento foi corrigida sempre que um desvio igual ou superior a 10% do valor de referência foi constatado. As correções foram feitas mediante adição de água ou fertilizantes, calculados a partir de uma relação linear previamente determinada entre a CE e a quantidade total de sais dissolvidos. Não houve descarte de solução nutritiva durante todo o período do experimento e o volume em cada reservatório foi mantido sempre superior a 250 l.

As concentrações de N total na solução nutritiva em mmol/l foram: 5,55; 8,05; 10,55; 13,05 e 15,55. As concentrações dos demais nutrientes em mmol/l foram iguais em todos os tratamentos, de: 1,0 de H₂PO₄⁻; 4,0 de K⁺; 2,0 de Ca²⁺ e 1,0 de Mg²⁺. Os micronutrientes foram fornecidos nas concentrações de, em mg/l, 0,03 de Mo; 0,26 de B; 0,06 de Cu; 0,50 de Mn; 0,22 de Zn, através de uma solução estoque e o ferro fornecido separadamente, na concentração de 1,0 mg/l na forma quelatizada. A condutividade elétrica (CE) de cada uma das soluções nutritivas foi de 0,93; 0,95; 0,97; 1,0 e 1,1 dS/m, respectivamente.

As plantas foram avaliadas quanto à produção de folhas e óleo essencial aos 90, 180, 270 e 365 dias após o plantio (DAP) e o número de coletas realizadas em cada planta durante o período experimental variou de uma a quatro (C1, C2, C3 e C4). Em C4, a primeira coleta foi feita em abril de 2013, aos 90 DAP, sendo a parte aérea dessas plantas coletada mais três vezes durante o período experimental totalizando quatro coletas ao final do experimento; em C3 a primeira coleta ocorreu em julho de 2013, aos 180 DAP, tendo sido feitas mais duas coletas durante o período experimental totalizando três coletas ao final do experimento; em C2 a primeira coleta foi em outubro de 2013, aos 270 DAP, tendo sido feita mais uma coleta durante o período experimental totalizando duas coletas ao final do experimento; em C1 a primeira e única coleta foi em janeiro de 2014, aos 365 DAP. Foi utilizado o arranjo fatorial 5x4 em um delineamento inteiramente casualizado com 44 plantas por parcela.

Em cada coleta todas as ramificações foram cortadas imediatamente após a terceira gema axilar visível. As folhas foram separadas das hastes e a massa seca de folhas foi determinada após secagem em estufa de circulação forçada de ar na temperatura de 60°C até alcançar massa constante entre duas pesagens sucessivas.

Para a extração do óleo essencial, folhas de outras quatro plantas remanescentes foram secas à sombra com temperatura ambiente durante cinco dias (Khordishi et al. 2009). Após esse período foi realizada a pesagem das folhas de cada planta, as quais foram misturadas e separadas para formar quatro amostras de 30 g para a extração do óleo essencial pelo método de hidrodestilação em um aparelho de Clevenger, durante 3 h, sendo o óleo seco em sulfato de sódio anidro e armazenado a -4 °C. O rendimento do óleo de cada coleta foi calculado a partir de uma relação entre a massa de folhas da planta e a massa de óleo essencial. Ao final do experimento, os dados das coletas de cada tratamento (C1 a C4) foram somados para obter a produção acumulada durante o período experimental.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as variáveis que diferiram significativamente pelo teste F foram analisadas por regressão polinomial ao nível de 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da variância revelou que ocorreu interação da concentração de N na solução nutritiva com a massa seca de folhas e o rendimento de óleo por efeito da idade fisiológica da planta representada pelas coletas realizadas aos 90, 180, 270 e 365 DAP (Figuras 1A e 1B). A mesma interação ocorreu com o número de uma (C1), duas (C2), três (C3) e quatro (C4) coletas realizadas durante o período experimental (Figuras 2A e 2B).

A produção de folhas respondeu de forma polinomial à concentração de N nas diferentes coletas (Figura 1A). Entretanto, o efeito dessa concentração foi mais intenso nas coletas efetuadas aos 270 e 365 DAP. Nesta última, a produção máxima de folhas foi obtida na concentração de N de 9,40 mmol/l, com decréscimo de 12,6% na concentração mais elevada. Efeito semelhante foi observado no rendimento de óleo essencial, com decréscimo por efeito da concentração do N também aos 270 e 365 DAP. O rendimento máximo de óleo foi obtido na concentração de N igual a 8,52 mmol/l (Figura 1B).

A redução do crescimento da planta com o aumento da disponibilidade de N no presente trabalho mostra uma resposta diferente daquela observada em outras espécies. Tem sido demonstrada na literatura uma relação linear entre o crescimento da área foliar e a disponibilidade de N (Aêgren e Franklin 2003) e relações desse tipo têm servido de base para o emprego de soluções nutritivas concentradas em N no cultivo de hortaliças folhosas em sistemas fora do solo (Schmidt et al. 2001). Nessas soluções, as concentrações de N são superiores a 14 mmol/l.

Nos resultados obtidos, o crescimento máximo das plantas de alecrim foi obtido na concentração de N de 9,40 mmol/l, indicando que essa espécie é menos exigente e também menos tolerante ao excesso de N que outras hortaliças folhosas. Entretanto, há na literatura relatos contraditórios sobre o efeito do N no crescimento e rendimento de óleo de plantas aromáticas. Em *M. piperita*, Deschamps et al. (2012) compararam a produção de fitomassa em cultivo no solo com doses de N de 20; 30 e 40 kg/ha e não observaram aumento da fitomassa e do rendimento de óleo essencial nas duas maiores doses, sem no entanto, relatar decréscimo por efeito dessas doses. Resultados semelhantes foram relatados em

Pogostemon cablin Benth. com a dose de 30 kg/ha de N no plantio, a qual foi suficiente para maior desenvolvimento vegetativo e produção de óleo essencial em comparação com as doses de 60, 90 e 120 kg/ha (Costa et al. 2010).

Por outro lado, os resultados de Singh (2011) mostram maior produção de fitomassa em plantas de alecrim cultivadas no solo na dose de 300 kg/ha de N em comparação com a testemunha sem N e doses de 100 e 200 kg/ha. Resultados diferentes também foram relatados por May et al. (2010) em *Menta citrata* os quais obtiveram aumento da produção de fitomassa em plantas cultivadas no solo com doses de N de 11,0; 16,7 e 22,3 kg/ha, mas sem efeito no rendimento de óleo essencial. Resultados opostos foram obtidos em plantas de manjerição (*Ocimum basilicum* L.), nas quais a adubação nitrogenada aumentou a produção de fitomassa e o rendimento de óleo (Sifola e Barbieri, 2006). Esses resultados contraditórios existentes na literatura sobre o efeito do N no crescimento e produção de óleo em plantas aromáticas podem ser atribuídos a diferenças fisiológicas entre as espécies, às condições ambientais de clima e solo e também ao sistema de produção.

No cultivo convencional realizado no solo, a eficiência de uso do N pode variar em função principalmente das características do solo e do regime pluviométrico. No cultivo fora do solo esses fatores não ocorrem. Entretanto, um dos efeitos indiretos do aumento da concentração de um ou mais nutrientes na solução nutritiva é o aumento da condutividade elétrica (CE), a qual pode diminuir o crescimento das plantas por efeito da salinidade (Shannon & Grieve, 1999). Essa hipótese não se aplica aos resultados obtidos, pois somente a concentração de N variou na solução nutritiva, com efeito pequeno sobre a CE. Os valores de CE variaram entre 0,93 na concentração mais baixa até 1,1 dS/m, na mais elevada, situando-se abaixo daqueles considerados limitantes para o crescimento de hortaliças sensíveis à salinidade como a alface, os quais se situam entre 2.0 e 2.6 dS/m (Andriolo et al. 2005). Pesquisas mais aprofundadas são necessárias para elucidar os processos fisiológicos que poderiam explicar o efeito nocivo das doses elevadas de N no crescimento da planta de alecrim.

A poda verde é uma prática realizada durante o período de crescimento e desenvolvimento da parte aérea de várias espécies de plantas cultivadas, com o objetivo principal de modificar a partição da massa seca entre os órgãos da planta (Iqbal et al. 2012). Uma consequência indireta dessa prática é a diminuição da idade fisiológica da área foliar da planta. No presente trabalho, a idade fisiológica da área foliar que representa a idade fisiológica média de todas as folhas existentes na

planta decresceu com o número de coletas, pois cada coleta foi seguida pela rebrota da parte aérea.

A produção máxima de folhas foi de 68,69 g, 53,60 g, 44,37 g e 17,13 g nas coletas feitas aos 365, 270, 180 e 90 DAP, respectivamente (Figura 1A). O rendimento máximo de óleo foi de 4,53 g/planta, 3,61 g/planta, 1,53 g/planta e 0,81 g/planta nas coletas aos 365, 270, 180 e 90 DAP, respectivamente (Figura 1B). A produção acumulada de folhas nas quatro, três, duas e uma coleta durante o período experimental foi de 11,25 g, 56,08 g, 59,35 g e 68,69 g, respectivamente (Figura 2A). O rendimento de óleo acumulado de quatro coletas foi de 1,19 g/planta, de três coletas foi 0,97 g/planta, de duas coletas 2,74 g/planta e de uma única coleta foi de 4,53 g/planta (Figura 2B). Esses resultados mostram que o rendimento de óleo em plantas de alecrim aumenta com a idade fisiológica das folhas e evidenciam que a produção de óleo seria um processo fisiológico que acompanha

o crescimento e o envelhecimento da área foliar da planta. Isso também foi observado em *Rosmarinus officinalis*, (Singh 2013) em *Ocimum basilicum* (Silva et al. 2005) e em *P. hispidinervum* (Bergo et al. 2005).

Os resultados atuais indicam que no cultivo do alecrim para produção de óleo essencial deve-se maximizar a produção de folhas, a qual é favorecida realizando a coleta um ano após o plantio das mudas. Essa conclusão confirma àquela de May et al. (2010), os quais mostraram que intervalos entre cortes de até 120 dias permitem que a planta fique mais alta e acumule maior quantidade de massa seca da parte aérea. Entretanto, os resultados aqui obtidos mostram que esse intervalo pode ser ainda maior, de até 365 dias. Com relação à disponibilidade de N, os resultados indicam o emprego de concentrações reduzidas de N na fertirrigação do alecrim em cultivo fora do solo, em torno de 9,40 mmol/L, as quais maximizam a produção de folhas e o rendimento de óleo essencial.

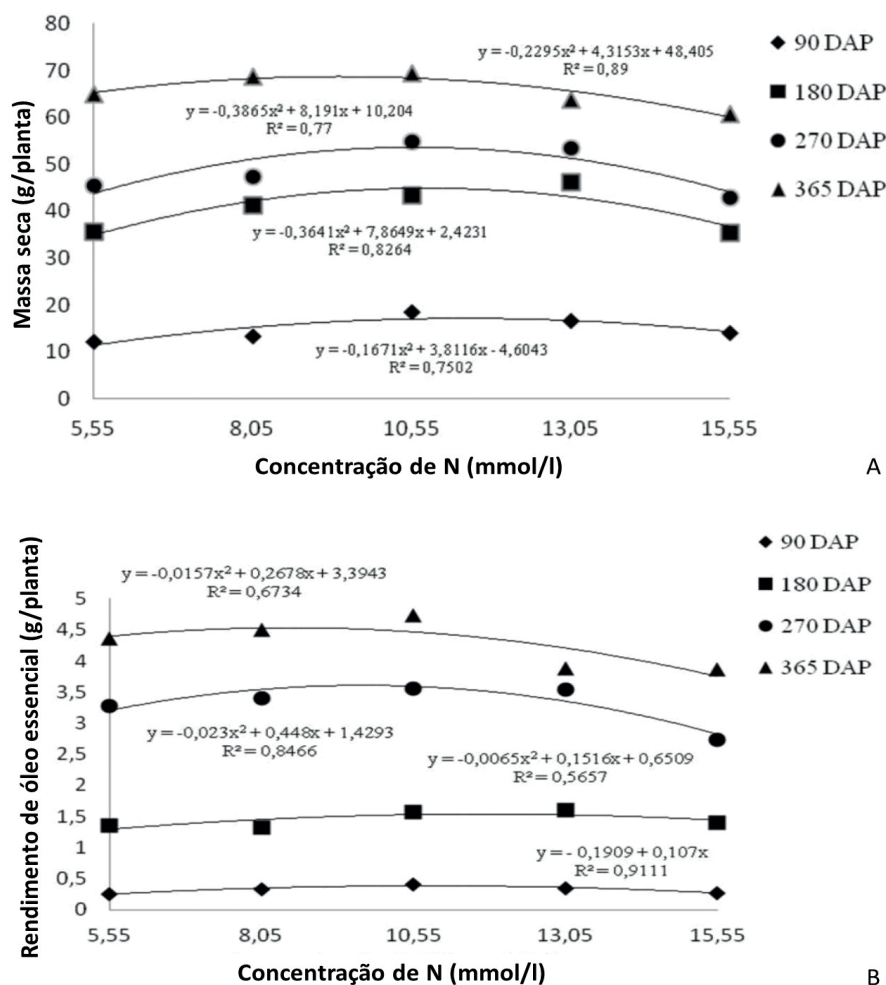


FIGURA 1. Massa seca de folhas (A) e de plantas de alecrim rendimento de óleo essencial (B) cultivadas com concentrações de N de 5,55; 8,05; 10,55; 13,05 e 15,55 mmol/l nas coletas feitas aos 90, 180, 270 e 365 DAP. Santa Maria, RS, Brasil, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

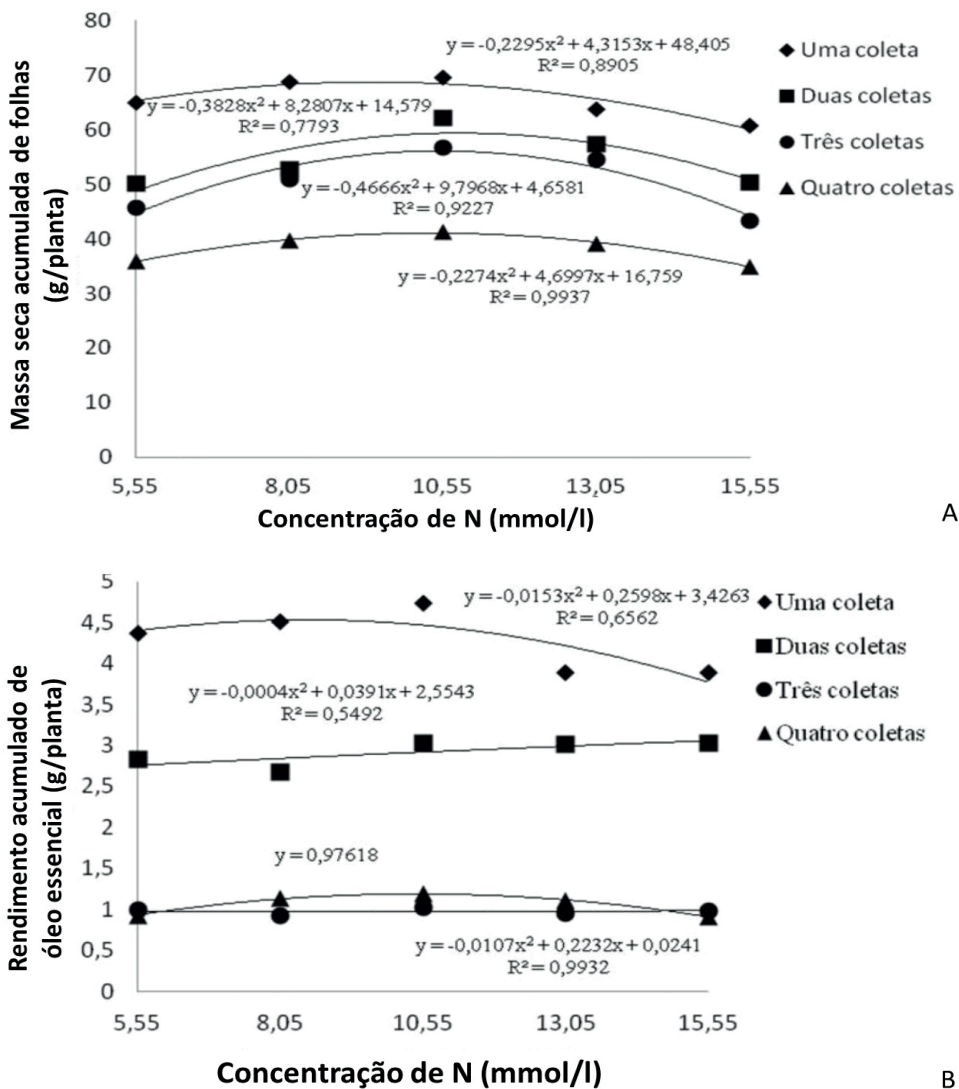


FIGURA 2. Massa seca acumulada de folhas (A) e rendimento acumulado de óleo essencial nas folhas (B) de plantas de alecrim cultivadas com concentrações de N de 5,55; 8,05; 10,55; 13,05 e 15,55 mmol/l e submetidas a uma, duas, três e quatro coletas durante o período experimental. Santa Maria, RS, Brasil, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

CONCLUSÃO

Conclui-se que doses de N superiores a 9,4 mmol/l reduzem a produção de fitomassa e o rendimento de óleo essencial de alecrim. Além disso, a produção de fitomassa e o rendimento de óleo essencial aumentam com a idade fisiológica da planta, sugerindo-se apenas um corte, um ano após o plantio das mudas.

REFERÊNCIAS

- AËGREN GI, FRANKLIN O (2003) Root: Shoot Ratios, Optimization and Nitrogen Productivity. *Ann Bot.* <https://doi.org/10.1093/aob/mcg203>
- AMARAL WI, DESCHAMPS CI, MACHADO MPI, KOELER HSI, SCHEER APII, CÔCCO LC (2014) Desenvolvimento da camomila, rendimento e qualidade

- do óleo essencial em diferentes idades de colheita. *Rev Bras Plantas Med.* <https://doi.org/10.1590/S1516-05722014000200011>
- AMARAL W, DESCHAMPS C, FAVARETTO N, KOELER HS, SHEER AP, YAMAMOTO C, CÔCCO CL (2008). Desenvolvimento, rendimento e composição de óleo essencial de camomila [*Chamomila recutita* (L.) Rauschert] sob adubação orgânica e mineral. *Rev Bras Plantas Med.* <https://doi.org/10.1590/S1516-05722014000200011>
- ANDRIOLO JL, DA LUZ GL, WITTER MH, GODOI RS, BARROS GT, BORTOLOTTI OC (2005). Growth and yield of lettuce plants under salinity. *Hortic Bras.* <https://doi.org/10.1590/S0102-05362005000400014>
- BERGO CL, MENDONÇA HA, SILVA MR (2005) Efeito da época e frequência de corte de pimenta longa (*Piper hispidinervum* C. DC.) no rendimento de óleo essencial. *Acta Amazon.* <https://doi.org/10.1590/S0044-59672005000200001>

- BERTOLIN TE, CENTENARO A, GIACOMELLI B, GIACOMELLI F, COLLA LM, RODRIGUES VM (2010) Antioxidantes naturais na prevenção da oxidação lipídica em charque de carne ovina. *Braz J Food Technol*. <https://doi.org/10.4260/BJFT2010130200011>
- BERWICKA (1998) *Aromaterapia holística*. Rio de Janeiro: Nova Era. 270p.
- CASTRO HG, FERREIRA FA, MOSQUIM PR (2004) Contribuição ao estudo das plantas medicinais: Metabólitos secundários. 2ª ed. Produção independente: Viçosa. 113p.
- COSTA AG, FERRAZ EO, DESCHAMPS C, PINTO JEBP (2010) Desenvolvimento vegetativo do patchouli após a aplicação de diferentes níveis de nitrogênio em plantio e rebrota. *Hortic Bras*. <https://1library.org/document/yjrr1kpy-desenvolvimento-vegetativo-patchouli-aplicacao-diferentes-niveis-nitrogenio-plantio.html>
- DESCHAMPS C, MONTEIRO R, MACHADO MP, BIZZO H, BIASI LA (2010) Produção de biomassa, teor e composição do óleo essencial de *Mentha x piperita* L. em resposta a fontes e doses de nitrogênio. *Rev Bras PI Med*. <https://doi.org/10.1590/S1516-05722012000100003>
- FERRARI GN, SUGUINO E, MARTINS AN, MELLO SC, MINAMI K (2011) Alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.). Série Produtor Rural 49. Piracicaba: ESALQ- Divisão de Biblioteca. 33p.
- GAYLER S, LESER C, PRIESACK E, TREUTTER D (2004) Modelling the effect of environmental factors on the 'trade-off' between growth and defensive compounds in young apple trees. *Trees-Struct Funct*. <https://doi.org/10.1007/s00468-003-0315-6>
- GLYNN C, HERMS DA, ORIANI CM, HANSEN RC, LARSSON S (2007) Testing the growth-differentiation balance hypothesis: dynamic responses of willows to nutrient availability. *New Phytol*. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2007.02203.x>
- IQBAL N, MASOOD A, KHAN NA (2012) Analyzing the significance of defoliation in growth, photosynthetic compensation and source-sink relations. *Photosynthetica*. <https://doi.org/10.1007/s11099-012-0029-3>
- LE BOT J, BÉNARD C, ROBIN C, BOURGAUD F, ADAMOWICZ S (2009) The 'trade-off' between synthesis of primary and secondary compounds in young tomato leaves is altered by nitrate nutrition: experimental evidence and model consistency. *J Exp Bot*. <https://doi.org/10.1093/jxb/erp271>
- MARQUES VB, DE PAIVA HN, GOMES JM, NEVES JCL (2006) Efeitos de fontes e doses de nitrogênio no crescimento de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.). *Scientia Forestalis*. <http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br:80/handle/123456789/16927>
- MARTINEZ HEP (2005) *Hidroponia*. Viçosa: Editora Aprenda Fácil. 271p.
- MAY A, SUGUINO E, MARTINS AN, PINHEIRO MQ (2010) Produção de biomassa e óleo essencial de *Mentha citrata* em função do manejo cultural e adubação nitrogenada. *Rev Bras Ciênc Agrár*. <https://doi.org/10.5039/agraria.v5i3a809>
- MAY A, SUGUINO E, MARTINS AN, BARATA LES, PINHEIRO MQ (2010) Produção de biomassa e óleo essencial de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) em função da altura e intervalo entre cortes. *Rev Bras PIMed*. <https://doi.org/10.1590/S1516-05722010000200011>
- PARDOSSI A, CARMASSI G, DIARA C, INCROCCI L, MAGGINI R, MASSAD (2011) Fertigation and substrate management in closed soilless culture. University of Pisa: Dipartimento di Biologia delle Piante Agrarie. 63p.
- SCHMIDT, SANTO OS, BONNECARRÈRE RAG, MARIANI AO, MANFRON PA (2001) Desempenho de soluções nutritivas e cultivares de alface em hidroponia. *Hortic Bras*. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362001000200005>
- SHANNON MC, GRIEVE CM (1999) Tolerance of vegetable crops to salinity. *SciHort*. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(98\)00189-7](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(98)00189-7)
- SIFOLA MI, BARBIERI G (2006) Growth, yield, and essential oil content of three cultivars of basil grown under different levels of nitrogen in the field. *Sci Hort*. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.02.002>
- SILVA F, SANTOS RHS, DE ANDRADE NJ, BARBOSA LCA, CASALI VWD, DE LIMA RR, PASSARINHO RVM (2005) Basil conservation affected by cropping season, harvest time and storage period. *Pesq Agropec Bras*. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2005000400002>
- SINGH, M (2011) Influence of organic mulching and nitrogen application on essential oil yield and nitrogen use efficiency of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.). *Arch Agron Soil Sci*. <https://doi.org/10.1080/03650340.2011.608157>
- SOUZA MAA, DE ARAUJO OJL, FERREIRA MA, STARK EMLM, FERNANDES MS, SOUZA SR (2007) Produção de biomassa e óleo essencial de hortelã em hidroponia em função de nitrogênio fósforo. *Hort Bras*. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362007000100009>