

Características anatômicas foliares de plantas de orégano (*Origanum vulgare* L.) submetidas a diferentes fontes e níveis de adubação orgânica

Ricardo Monteiro Corrêa^{1*}, José Eduardo Brasil Pereira Pinto², Érika Soares Reis¹, Cynthia de Oliveira², Evaristo Mauro de Castro² e Renata da Silva Brant²

¹Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Fazenda Varginha, Rod. Bambuí/Medeiros, km 5, 38900-000, Bambuí, Minas Gerais, Brasil. ²Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: ricardomoc7@yahoo.com.br

RESUMO. Objetivou-se avaliar a influência de níveis de adubos orgânicos bovino e avícola no teor de clorofila e características anatômicas de folhas de plantas de orégano cultivadas em casa-de-vegetação. Foram conduzidos dois ensaios separadamente, sendo um com esterco bovino e o outro com esterco de aves. Plantas de orégano (*Origanum vulgare* L.) foram cultivadas em vasos de 10 L, submetidas aos seguintes tratamentos: Ensaio I: esterco bovino: 1) solo sem adubação (controle); 2) solo + 3,0 kg m⁻² de esterco bovino; 3) solo + 6,0 kg m⁻² de esterco bovino; 4) solo + 9,0 kg m⁻² de esterco bovino; 5) solo + 12,0 kg m⁻² de esterco bovino; Ensaio II – esterco avícola: 1) solo sem adubação (Controle); 2) solo + 1,5 kg m⁻² de esterco de galinha; 3) solo + 3,0 kg m⁻² de esterco de galinha; 4) solo + 4,5 kg m⁻² de esterco de galinha e 5) solo + 6,0 kg m⁻² de esterco de galinha. Os ensaios foram conduzidos no delineamento experimental em blocos casualizados, com quatro repetições, e a parcela experimental foi composta por quatro vasos. Observou-se que os níveis de esterco bovino e de aves influenciaram o teor de clorofila e características anatômicas das folhas de orégano.

Palavras-chave: *Origanum vulgare* L., planta condimentar, fertilização orgânica, anatomia foliar, clorofila.

ABSTRACT. Leaf anatomical traits of oregano (*Origanum vulgare* L.) plants, subjected to different sources and levels of organic fertilization. This study was performed to evaluate the effect of different levels of cattle and chicken manure organic fertilization in the chlorophyll content and anatomic parameters of leaves of *Origanum vulgare* L. cultivated in greenhouse. Two assays were carried out separately, one with cattle manure and the other with chicken manure. *Origanum vulgare* L. plants were cultivated in 10 L pots with the following treatments: Trial I: Cattle manure: 1) Soil without fertilization (control); 2) Soil + 3.0 kg m⁻² of cattle manure; 3) Soil + 6.0 kg m⁻² of cattle manure; 4) Soil + 9.0 kg m⁻² of cattle manure; 5) Soil + 12.0 kg m⁻² of cattle manure; Trial II: Chicken manure: 1) Soil without fertilization (Control); 2) Soil + 1.5 kg m⁻² of chicken manure; 3) Soil + 3.0 kg m⁻² of chicken manure; 4) Soil + 4.5 kg m⁻² of chicken manure and 5) Soil + 6.0 kg m⁻² of chicken manure. Both trials were carried out in randomized blocks with 4 repetitions and 4 pots per experimental parcel. It was observed that the levels of organic fertilization significantly influenced the chlorophyll content and anatomic parameters of wild marjoram leaves.

Key words: *Origanum vulgare* L., spice plant, organic fertilization, leaf anatomy, chlorophylls.

Introdução

O orégano (*Origanum vulgare* L.), Lamiaceae, é um dos condimentos mais utilizados na culinária brasileira no preparo de carnes, ovos, peixes, panificação e frutos do mar. Além disso, seu óleo essencial também é utilizado na perfumaria (KRUPPA; RUSSOMANNO 2008) sendo que muitas plantas como o orégano pode ser utilizada também no controle de fungos fitopatogênicos (CELOTO et al., 2008). Em feiras e supermercados o orégano é um dos condimentos mais procurados

pela população (MARCHESE et al., 2004), evidenciando sua importância na olericultura.

A nutrição mineral contribui para a composição da organização estrutural, ou seja, quando a planta recebe ou deixa de receber macro e micronutrientes, evidenciam-se modificações em sua estrutura anatômica (MARSCHNER, 1995) que podem alterar a espessura de tecidos e os conteúdos de pigmentos. Ainda assim, muitos nutrientes como o nitrogênio aumenta a síntese de clorofila aumentando o rendimento das culturas. Em pesquisas de Backes et al.

(2008) foi observado que o aumento das dosagens de nitrogênio no solo elevou os níveis de clorofila e a produtividade de bulbos de alho.

Poucas foram as informações encontradas na literatura que relatam a influência de fontes e níveis de adubação orgânica no comportamento de características anatômicas, como as pesquisas de Chaves et al. (2002), Kaiser et al. (2005) e Sridhar et al. (2007). Trabalhos recentes de Sridhar et al. (2007) indicaram que há influência do acúmulo de nutrientes como zinco e cádmio na espessura de tecidos foliares de cevada, evidenciando que podem alterar parâmetros anatômicos de tecidos vegetais. Especificamente com *Origanum vulgare* L. não foi encontrado nenhum trabalho relatando a influência dos nutrientes na alteração de parâmetros anatômicos.

Os estudos anatômicos que visam estudar os efeitos dos nutrientes na anatomia são importantes, visto que a anatomia da planta pode influenciar na translocação de nutrientes (ROSOLEM; LEITE, 2007). Estes autores observaram que a deficiência de boro, em plantas de *Coffea arabica* var. Catuaí e Mundo Novo, causou redução do mesófilo foliar e redução das células do córtex e pouca diferenciação nos tecidos vasculares. Em plantas de *C. gayana* submetidas a elevadas concentrações de flúor, Chaves et al. (2002) observaram diferenças na anatomia foliar: superfície foliar sinuosa, maior número de tricomas e maior espessura da camada de cera em relação à testemunha sem esse nutriente. Pesquisas de González e González (2005) estudando o efeito da salinidade em plantas de *O. vulgare* observaram que a espécie é moderadamente tolerante a salinidade de NaCl. Estes mesmos autores observaram que as raízes tiveram razão de crescimento menor que o caule quando em doses crescentes de NaCl no solo.

Assim, o objetivo deste trabalho foi estudar o efeito de diferentes fontes de doses de fertilizantes orgânicos no teor de clorofila e espessura dos componentes anatômicos foliares de orégano cultivado em vasos, em condições de casa-de-vegetação.

Material e métodos

Os ensaios foram instalados e conduzidos em casa-de-vegetação do Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais da Universidade Federal de Lavras (UFLA), situada nas coordenadas geográficas 21° 14' S e 45° 00' W, a 918 m de altitude. A exsiccata de orégano está depositada no herbário Esal, sob registro n° 22.156.

Mudas de *Origanum vulgare* L. foram obtidas a partir de estacas apicais provenientes de plantas matrizes do

horto medicinal da UFLA e enraizadas em bandejas de polipropileno expandido de 128 células.

Após 20 dias, as mudas estavam aptas ao plantio e foram transplantadas para vasos de plásticos de 10 L contendo os tratamentos, divididos em dois ensaios: Ensaio I – esterco bovino: 1) solo sem adubação (testemunha); 2) solo + 3,0 kg m⁻² de esterco bovino; 3) solo + 6,0 kg m⁻² de esterco bovino; 4) solo + 9,0 kg m⁻² de esterco bovino; 5) solo + 12,0 kg m⁻² de esterco bovino; Ensaio II – Esterco avícola: 1) solo sem adubação (testemunha); 2) solo + 1,5 kg m⁻² de esterco de galinha; 3) solo + 3,0 kg m⁻² de esterco de galinha; 4) solo + 4,5 kg m⁻² de esterco de galinha e 5) solo + 6,0 kg m⁻² de esterco de galinha.

As características químicas do solo foram: pH em água = 7,3; P e K (mg dm⁻³) = 1,70 e 9,00; Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺ e H+Al (cmol_c dm⁻³) = 5,70; 0,70; 0,00 e 1,20; saturação de bases V (%) = 84,30; matéria orgânica (dag kg⁻¹) = 3,00; Zn, Fe, Mn, Cu, B e S (mg dm⁻³) = 1,50; 31,10; 13,80; 1,10; 0,10 e 14,90. Características do esterco bovino: pH em água = 8,20; P e K (mg dm⁻³) = 619,00 e 8.033,00; Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺ e H+Al (cmol_c dm⁻³) = 6,90; 3,60; 0,00 e 0,89; SB e CTC (cmol_c dm⁻³) = 31,00 e 31,90; V (%) = 97,20. Para o esterco avícola: pH em água = 8,20; P e K (mg dm⁻³) = 1.080,50 e 8.563,00; Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺ e H+Al (cmol_c dm⁻³) = 2,40; 1,10; 0,00 e 0,77; SB e CTC (cmol_c dm⁻³) = 25,40 e 26,20; V (%) = 97,10.

O delineamento experimental utilizado nos ensaios foi o de blocos casualizados, com quatro repetições e quatro plantas por parcela.

Aos 90 dias de cultivo, os ensaios foram avaliados, quando amostras de folhas foram retiradas visando à quantificação do teor de clorofila e estudos dos componentes anatômicos como espessura das epidermes adaxial e abaxial, parênquimas paliádico e lacunoso, espessura do limbo foliar e densidade estomática.

Para as análises de clorofila, foram retiradas ao acaso 20 folhas completamente expandidas do terceiro par de folhas de plantas de cada tratamento, as quais foram envolvidas em papel alumínio e colocadas em caixa de isopor com gelo para quantificação dos teores de clorofila, em laboratório. Os teores de clorofila foram determinados com um espectrofotômetro v/uv Beckman modelo 640 B, sendo realizada a leitura da absorbância dos extratos foliares a 663 nm e 645 nm para a quantificação das clorofilas a, b e total, seguindo a metodologia de Arnon (1949).

Para os estudos anatômicos, amostras de dez folhas completamente expandidas foram coletadas e

fixadas em FAA_{70%} (formol, ácido acético e álcool etílico) por 72h e, posteriormente, conservadas em álcool etílico 70% (JOHANSEN, 1940). Foram analisadas seções paradérmicas e transversais.

As seções transversais foram feitas com auxílio de um micrótomo de mesa e, em seguida, coradas com mistura de Azul de Astra (95%) e Safranina (5%) (KRAUS; ARDUIM, 1997) e clarificadas em solução de hipoclorito de sódio a 50% por 15 min.; posteriormente, foram lavadas com água destilada por 15 min. As lâminas semipermanentes foram montadas em glicerina 50%.

Os cortes paradérmicos foram feitos manualmente com lâmina de aço, corados com safranina (1%), clarificados em solução de hipoclorito de sódio a 50% por 15 min. e, posteriormente, lavados por 15 min. Foram confeccionadas lâminas semipermanentes montadas em glicerina 50%.

As imagens obtidas foram fotomicrografadas em microscópio de luz Ken-a-Vision TT 18 acoplado a uma câmera fotográfica Canon Power Shot Modelo A 620. Os estômatos foram contados por meio do software Sigma Scan Pro[®] 5. As fotomicrografias dos cortes transversais também foram analisadas no software Sigma Scan Pro[®] 5, em que foram medidos os tecidos.

Os componentes anatômicos, observados nos cortes transversais, foram espessura dos parênquimas paliçádico e lacunoso, epidermes adaxial e abaxial e limbo foliar. Nos cortes paradérmicos, foi observada a densidade estomática (expressa em mm²).

Os dados obtidos para os teores de clorofila e características anatômicas foram submetidos à

análise de variância e as médias dos tratamentos comparadas por meio de regressão polinomial (teste de F a 5%), utilizando-se o software Sisvar[®].

Resultados e discussão

Houve efeito significativo ($p < 0,05$) dos níveis de esterco bovino para as clorofilas a, b e total (Figuras 1A e B). Maior teor de clorofila a (1,12 mg g⁻¹) foi obtido em dose de 1,75 kg m⁻² de esterco bovino; para a clorofila b, maior teor (0,87 mg g⁻¹) foi obtido em 3,4 kg m⁻²; para a clorofila total, maior teor (1,99 mg g⁻¹) foi obtido em 2,75 kg m⁻² (Figura 1A). Com relação ao esterco avícola, observou-se efeito semelhante ao obtido para as dosagens de esterco bovino. Maior teor de clorofila a (2,32 mg g⁻¹) foi obtido em dose de 2,54 kg m⁻² de esterco avícola; para a clorofila b, maior teor (3,30 mg g⁻¹) foi obtido em plantas cultivadas com 2,94 kg m⁻² de esterco, enquanto para clorofila total, maior teor (5,21 mg g⁻¹) foi obtido em 2,52 kg m⁻². Estes resultados evidenciam que a recomendação de 2,52 kg m⁻² de esterco de aves proporciona maiores teores de clorofila total sem causar queda significativa nos teores de clorofila a e b (Figura 1B).

Os maiores valores de clorofila, obtidos em função de doses crescentes de adubação orgânica, até o ponto de máxima da curva, podem ser explicados pela maior disponibilidade de nutrientes como nitrogênio e magnésio na solução do solo, os quais fazem parte da molécula de clorofila. O decréscimo no teor de clorofila, a partir do ponto de máxima da curva, pode ser atribuído ao excesso de nutrientes no substrato, causando redução do pigmento.

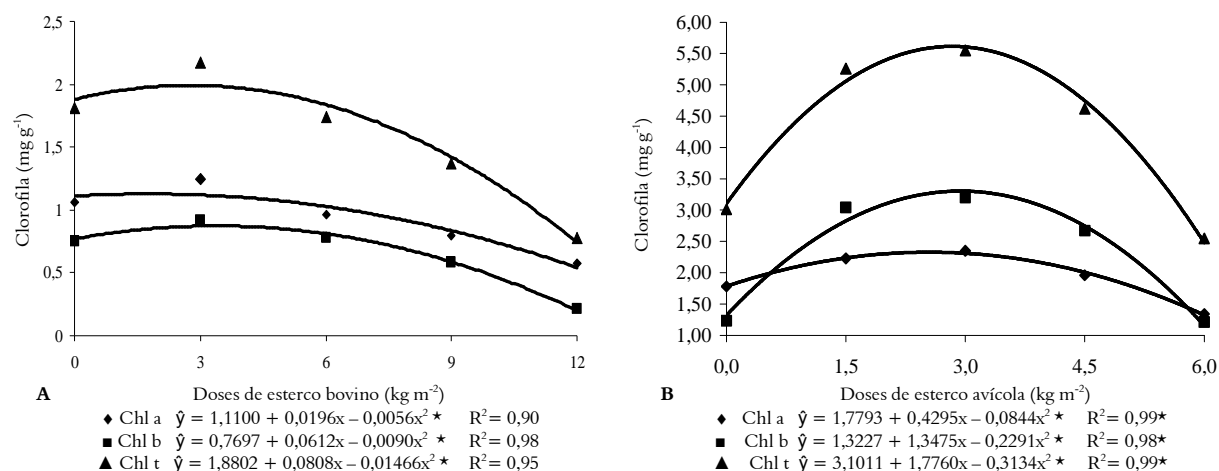


Figura 1. Teor de clorofila (Chl) a, b e total extraído de plantas de *Origanum vulgare* L. em função de doses de esterco bovino (A) e esterco avícola (B).

* Significativo em nível de 5% pelo teste de F.

Resultados semelhantes foram obtidos por Jamil et al. (2007) com *Raphanus sativus*, e eles evidenciaram que os teores de clorofila foram reduzidos em solos com excesso de nutrientes. O alumínio, considerado como um elemento tóxico para as plantas também afeta o crescimento de plantas como consequência secundária. Isto é, a redução do crescimento de plantas pode ser resultado de alterações bioquímicas nas plantas como alterações nos processos fotossintéticos e estomáticos, como pode ser evidenciados em trabalhos de Akaya e Takenaka (2001), Peixoto et al. (2002) e Konrad et al. (2005). Em cafeeiro a presença de alumínio causou a destruição das membranas dos tilacóides prejudicando os processos de captação e fixação de CO₂ (KONRAD et al., 2005).

Em relação aos componentes anatômicos das folhas de orégano, observou-se que houve efeito significativo das doses de esterco bovino e de aves na espessura das epidermes, parênquimas e limbo foliar (Tabela 1) ($p < 0,05$).

Tabela 1. Espessura dos componentes anatômicos epiderme adaxial, epiderme abaxial, parênquima paliçádico, parênquima lacunoso e do limbo foliar de *Origanum vulgare* L. em função de doses de esterco bovino e de aves.

Bovino	Doses de esterco (kg m ⁻²)		Aves
	Epiderme adaxial (μm)		
0,0	20,00	0,0	20,00
3,0	19,50	1,5	18,47
6,0	18,37	3,0	15,27
9,0	20,97	4,5	13,07
12,0	19,03	6,0	16,10
Equação	$\hat{y} = 18,8700 - 0,0511X$ R ² = 0,79		$\hat{y} = 20,6676 - 2,8101X$ R ² = 0,84*
Epiderme abaxial			
0,0	14,70	0,0	14,70
3,0	13,83	1,5	12,00
6,0	11,80	3,0	11,83
9,0	11,27	4,5	11,57
12,0	10,57	6,0	11,27
Equação	$\hat{y} = 14,2047 - 0,7642x^*$ R ² = 0,81		$\hat{y} = 14,2505 - 1,5495x^*$ R ² = 0,81
Parênquima paliçádico (μm)			
0,0	49,33	0,0	49,33
3,0	49,53	1,5	52,37
6,0	49,73	3,0	42,77
9,0	50,83	4,5	40,70
12,0	51,27	6,0	35,27
Equação	$\hat{y} = 43,9066 + 0,6055x^*$ R ² = 0,78		$\hat{y} = 50,1333 - 2,0155x^*$ R ² = 0,75
Parênquima lacunoso (μm)			
0,0	76,40	0,0	76,40
3,0	77,80	1,5	67,37
6,0	75,97	3,0	64,73
9,0	77,80	4,5	60,97
12,0	73,73	6,0	47,07
Equação	$\hat{y} = 72,0067 - 0,3556x^*$ R ² = 0,86		$\hat{y} = 77,6829 - 13,3727x^*$ R ² = 0,78
Limbo foliar (μm)			
0,0	160,43	0,0	160,43
3,0	160,66	1,5	150,21
6,0	160,87	3,0	134,60
9,0	159,60	4,5	126,31
12,0	154,60	6,0	109,71
Equação	$\hat{y} = 151,2657 - 1,2727x^*$ R ² = 0,81		$\hat{y} = 165,0142 - 22,6368x^*$ R ² = 0,84

Não houve efeito significativo das doses de esterco bovino na espessura do parênquima paliçádico; porém os níveis de esterco de aves influenciaram significativamente a espessura do parênquima paliçádico. À medida que se elevaram as doses de esterco bovino e aves, ocorreu tendência de decréscimo na espessura do parênquima lacunoso (Tabela 1).

Trabalhos de Sridhar et al. (2007) evidenciaram que, para cevada (*Hordeum vulgare*), o acúmulo de zinco e cádmio nos tecidos da planta resultou em decréscimo nos espaços intercelulares, encolhimento das células epidérmicas e do parênquima paliçádico, evidenciando que os nutrientes minerais podem alterar os componentes anatômicos dos tecidos.

Os estômatos são do tipo anomocítico na epiderme abaxial, onde há tricomas tectores pluricelulares (Figura 2A) e tricomas peltados (Figura 2B).

Secções transversais da região mediana das folhas adultas de *O. vulgare* evidenciaram a presença de epiderme unisseriada, coberta com uma fina camada de cutícula com a presença de tricomas tectores pluricelulares. Foi observado também que as células da epiderme adaxial são ligeiramente maiores que as da epiderme abaxial, independentemente dos níveis e tipos de adubação utilizados. O parênquima paliçádico possui apenas uma camada celular (unisseriada) e o lacunoso tem várias camadas (multisseriada) (Figura 2C).

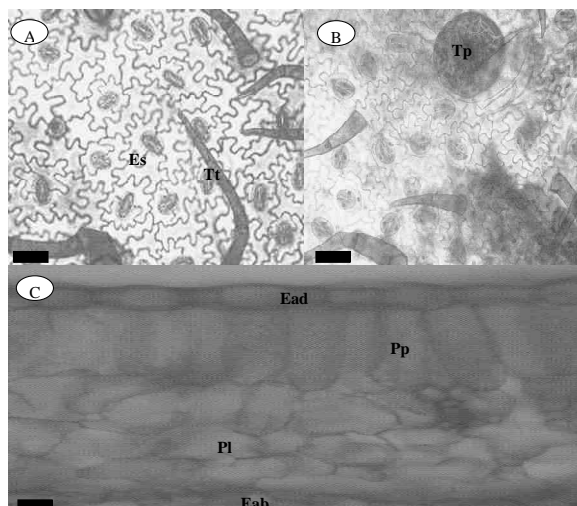


Figura 2. Fotomicrografias em microscópio de luz de secções foliares de *O. vulgare* cultivado com 1,5 kg m⁻² de esterco de aves evidenciando: (A) Seção paradérmica ilustrando estômatos anomocíticos (Es) na epiderme abaxial e tricomas tectores (Tt) pluricelulares. (B) Seção paradérmica ilustrando um tricoma glandular peltado (Tp). (C) Seção transversal ilustrando a epiderme adaxial (Ead) e parênquima paliçádico (Pp) unisseriada, parênquima lacunoso (Pl) multisseriada e epiderme abaxial (Eab) unisseriada. Barra: 50 μm.

Resultados semelhantes foram obtidos por Martins (2002). Ao estudar anatomicamente as espécies *Mentha spicata* e *Mentha spicata* x *suaveolens* (Lamiaceae), o autor observou também a diferenciação de espessura entre as epidermes adaxial e abaxial, células do parênquima e tricomas peltados e capitados evidenciando que, na família Lamiaceae, da qual o orégano faz parte, essas diferenciações nas características anatômicas são comuns.

Pesquisa pioneira de Werker et al. (1985), com estudos anatômicos de orégano, evidenciou que, nesta espécie, ocorrem vários tipos de tricomas glandulares secretores de óleos essenciais, como os peltados e capitados.

Em relação à densidade estomática nas folhas do orégano, observou-se que houve efeito significativo das doses de esterco bovino e de aves no número de estômatos por milímetro quadrado ($p < 0,05$). A elevação das doses de esterco bovino e de aves teve efeitos semelhantes, ou seja, à medida que se elevaram as doses de esterco, houve tendência linear de redução do número de estômatos mm^{-2} na epiderme adaxial. Já para epiderme abaxial, houve tendência quadrática das doses de esterco bovino e de aves no número de estômatos mm^{-2} (Tabela 2). As folhas do orégano caracterizam-se por serem anfihipoestomática (GLÓRIA; GUERREIRO, 2006).

O número de estômatos mm^{-2} varia com a espécie, sendo observado desde um em *Bacopa salmanni* até algumas centenas como em *Plinia martinelli* (DONATO; MORRETES, 2007) evidenciando que, no orégano, a faixa de densidade de estômatos encontra-se em centenas de estômatos mm^{-2} . Maior densidade estomática pode permitir que a planta eleve a condutância de gases e, assim, evitar que a fotossíntese seja limitada em diferentes condições de ambiente levando à maior eficiência na fotossíntese.

Nas espécies vegetais, os estômatos nas folhas variam em forma, tamanho e quantidade, em função de fatores abióticos, o que acarreta variações nas condições fotossintéticas (LARCHER, 1986). Assim, observou-se, neste trabalho, que na epiderme adaxial houve redução linear do número de estômatos mm^{-2} à medida que se elevaram as dosagens de esterco bovino e de aves; porém, na epiderme abaxial, que concentra geralmente maior densidade estomática, a resposta foi contrária, ou seja, à medida que se elevam as dosagens de esterco orgânico ocorreu aumento da densidade até o ponto de máxima da curva. Os estômatos são estruturas importantes para a produção vegetal, pois representam a porta de entrada e escoamento dos gases para a fotossíntese, processo primordial relacionado à produtividade vegetal (SILVA et al., 2005), evidenciando, assim,

que os teores de clorofila e densidade estomática encontrados neste trabalho para a epiderme abaxial tiveram tendência de resposta semelhante em função das doses de esterco (Figura 1 e Tabela 2). Rosolem e Leite (2007) observaram que em *C. arabica* a deficiência de boro em solução nutritiva causou a redução do número de estômatos mm^{-2} indicando que nutrientes como o boro afetam a densidade estomática.

Kouwenberg et al. (2004) relata que a densidade estomática (número de estômatos mm^{-2} de área foliar) reflete no aumento da divisão celular e expansão da folha. Assim, em pesquisa de Corrêa (2008) (dados não publicados) foi observado que houve resposta quadrática da área foliar de *O. vulgare* em função do incremento de doses de esterco bovino e avícola. Esta resposta é semelhante a obtida neste trabalho para a densidade estomática da epiderme abaxial. Assim, à medida que aumenta o número de estômatos por área aumenta a capacidade da folha em captar CO_2 e realizar fotossíntese e converter em biomassa.

Tabela 2. Densidade estomática (n° de estômatos mm^{-2}), diâmetros polar (DP) e equatorial (DE) e relação DP/DE de *Origanum vulgare* L. em função de doses de esterco bovino e de aves.

Bovino	Doses de esterco (kg m^{-2})	
	Aves	
	Epiderme adaxial (n° estômatos mm^{-2})	
0,0	222	236
3,0	177	232
6,0	104	222
9,0	147	59
12,0	74	54
Equação	$\hat{y} = 210,1600 - 10,8844 X^*$	$\hat{y} = 268,3700 - 17,9200 X^*$
	$R^2 = 0,81$	$R^2 = 0,84$
	Epiderme abaxial (n° estômatos mm^{-2})	
0,0	222	236
3,0	306	311
6,0	308	375
9,0	317	340
12,0	285	257
Equação	$\hat{y} = 261,4876 - 14,9339X + 2,2212X^2^*$	$\hat{y} = 230,8800 + 41,7689X - 3,2889X^2^*$
	$R^2 = 0,82$	$R^2 = 0,97$

*Refere-se a medições feitas na epiderme abaxial. * Significativo em nível de 5% pelo teste de F.

Conclusão

Conclui-se que a adubação com esterco bovino e de aves influencia positivamente os teores de clorofila.

As epidermes adaxial e abaxial, os parênquimas paliádico e lacunoso e o limbo foliar são reduzidos com a elevação das doses de esterco bovino e de aves.

O número de estômatos mm^{-2} eleva-se com a dosagem de esterco bovino e avícola sendo que a partir de 9,5 e 4,1 kg m^{-2} , respectivamente, ocorre redução na densidade estomática da epiderme abaxial.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fapemig, Capes e CNPq o apoio financeiro e a concessão de bolsas de estudos.

Referências

- ARNON, D. I. Cooper enzymes in isolated chloplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, v. 24, n. 1, p. 1-15, 1949.
- AKAYA, M.; TAKENAKA, C. Effects of aluminum stress on photosynthesis of *Quercus glauca* Thunb. **Plant and Soil**, v. 237, p. 137-146, 2001.
- BACKES, C. B.; LIMA, C. P.; GODOY, L. J. G.; VILLAS BÔAS, R. L.; IMAIZUMI, I. Coloração verde nas folhas da cultura do alho vernalizado em resposta à adubação nitrogenada. **Bragantia**, v. 67, n. 2, p. 23-29, 2008.
- CELOTO, M. I. B.; PAPA, M. F. S.; SACRAMENTO, L. V. S.; CELOTO, F. J. Atividade antifúngica de extratos de plantas a *Colletotrichum gloeosporioides*. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 3, n. 1, p. 31-38, 2008.
- CHAVES, A. L. F.; SILVA, E. A. M.; AZEVEDO, A. A.; CANO, M. A. O.; MATSUOKA, K. Ação do flúor dissolvido em chuva simulada sobre a estrutura foliar de *Panicum maximum* Jacq. (colônião) e *Chloris gayana* Kunth. (capim-rhodes) – Poaceae. **Acta Botanica Brasílica**, v. 6, n. 4, p. 395-406, 2002.
- DONATO, A. M.; MORRETES, B. L. Anatomia foliar de *Eugenia brasiliensis* Lam. (Myrtaceae) proveniente de áreas de restinga e de floresta. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 17, n. 3, p. 423-443, 2007.
- GLÓRIA, B. A.; GUERREIRO, S. M. C. **Anatomia vegetal**. 2. ed. atual. Viçosa: UFV, 2006.
- GONZALEZ, R. M.; GONZALEZ, R. M. Growth characteristics of mexican oregano (*Lippia berlandieri* Schauer) under salt stress. **Bioscience**, v. 50, n. 1, p. 34-40, 2005.
- JAMIL, M.; REHMAN, S.; LEE, K. J.; KIM, J. M.; KIM, H. S.; RHA, E. S. Salinity reduced growth PS2 photochemistry and chlorophyll content in radish. **Scientia Agricola**, v. 64, n. 2, p. 56-65, 2007.
- JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique**. New York: McGraw-Hill Book, 1940.
- KAISER, B. N.; GRIDLEY, K. L.; BRADY, J. N.; PHILLIPS, T.; TYERMAN, S. D. The role of molybdenum in agricultural plant production. **Annals of Botany**, v. 96, n. 5, p. 745-754, 2005.
- KONRAD, M. L. F.; SILVA, J. A. B.; FURLANI, P. R.; MACHADO, E. C. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em seis cultivares de cafeeiro sob estresse de alumínio. **Bragantia**, v. 64, n. 3, p. 30-37, 2005.
- KOUWENBERG, L. L. R.; KÜRSCHNER, W. M.; VISSCHER, H. Changes in stomatal frequency and size during elongation of *Tsuga heterophylla* Needles. **Annals of Botany**, v. 94, n.4, p. 45-52, 2004.
- KRAUS, J. E.; ARDUIM, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Seropédica: EDUR, 1997.
- KRUPPA, P. C.; RUSSOMANNO, O. M. R. Ocorrência de fungos em sementes de plantas medicinais, aromáticas e condimentares da família Lamiaceae. **Tropical Plant Pathology**, v. 33, n. 1, p. 45-51, 2008.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Paulo: EPU, 1986.
- MARCHESE, J. A. M.; BROETTO, F.; MING, L. C.; GOTO, R.; STEFANINI, M. B.; GALINA, A.; TEDESCO, A. C.; CONTE, C.; MINIUK, C. M.; SCHURT, D. A.; SANGALETTI, E.; SILVA, G.; GOMES, G.; BERTAGNOLLI, J. A.; FRANCHESCHI, L.; COSSA, M. L.; MORAES, M. R. D.; LIMA, P. M.; LIRA, R.; COSTA, S. Perfil dos consumidores de plantas medicinais e condimentares do município de Pato Branco (PR). **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 2, p. 34-39, 2004.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 1995.
- MARTINS, M. B. G. Estudos de Microscopia óptica e de microscopia eletrônica de varredura em folhas de *Mentha spicata* e de *Mentha spicata* X *suaveolens* (Lamiaceae). **Bragantia**, v. 61, n. 3, p. 205-218, 2002.
- PEIXOTO, P. H. P.; DA MATTA, F. M.; CAMBRAIA, J. Responses of the photosynthetic apparatus to aluminum stress in two sorghum cultivars. **Journal of Plant Nutrition**, v. 25, n. 4, p. 821-832, 2002.
- ROSOLEM, C. A.; LEITE, V. M. Coffee leaf and stem anatomy under boron deficiency. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 3, p. 477-483, 2007.
- SRIDHAR, B. M.; HAN, F. X.; DIEHL, S. V.; MONTS, D. L.; SU, Y. Effects of Zn and Cd accumulation on structural and physiological characteristics of barley plants. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 19, n. 1, p. 15-22, 2007.
- SILVA, L. M.; ALQUINI, Y.; CAVALLET, V. J. Interações entre a anatomia vegetal e a produção vegetal. **Acta Botanica Brasílica**, v. 19, n. 1, p. 183-194, 2005.
- WERKER, E.; PUTIEVSKY, E.; RAVID, U. The essential oils and glandular hairs in different chemotypes of *Origanum vulgare* L. **Annals of Botany**, v. 55, n. 6, p. 793-801, 1985.

Received on January 11, 2008.

Accepted on April 18, 2008.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.