

Anatomia de plântulas de erva doce (*Foeniculum vulgare* Mill.) sob o efeito de inseticida

Seedling anatomy of fennel (Foeniculum vulgare Mill.) under insecticide effect

Camila Firmino de Azevedo ^{1,4}; Riselane de Lucena Alcântara Bruno ²; Zelma Glebya Maciel Quirino ³

¹ Departamento de Agroecologia e Agropecuária, Universidade Estadual da Paraíba

² Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba

³ Departamento de Engenharia e Meio Ambiente, Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Aplicadas e Educação

⁴ Autor para correspondência (*Author for correspondence*): camfiraze@bol.com.br

Resumo

Foeniculum vulgare Mill. (Apiaceae) é conhecida como erva-doce e apresenta grande importância medicinal e comercial, tanto no Brasil como em vários outros países. Ela representa uma importante fonte de renda para pequenos agricultores, que muitas vezes, usam produtos químicos com o intuito de melhorar a qualidade e a produtividade, mesmo sem conhecer os efeitos sobre as sementes e as futuras plântulas. Dessa forma, objetivou-se com esta pesquisa, estudar a morfoanatomia de plântulas de *F. vulgare*, oriundas de sementes produzidas com aplicação do inseticida monocrotofós. Foram transplantadas mudas de erva-doce em quatro repetições de 10 indivíduos e, a partir da terceira semana, foram feitas aplicações semanais do inseticida monocrotofós em metade dos indivíduos, por dois meses. De cada tratamento, as sementes coletadas foram semeadas em areia e mantidas em casa de vegetação por 25 dias. Partes das plântulas (raiz, zona de transição, caule, cotilédones e primeiras folhas) foram selecionadas para análises morfológicas, realizadas com paquímetro digital e régua graduada em centímetros; e anatômicas, com secções histológicas, coloração e montagem em lâminas semi-permanentes. Foram avaliadas as seguintes características: comprimento dos órgãos, diâmetro do caule e raiz, espessura do limbo cotiledonar e foliar, espessura da epiderme e da cutícula, número de estômatos, diâmetros polar e equatorial dos estômatos, e número de cloroplastos. Os dados foram analisados em delineamento inteiramente casualizado, com dois tratamentos (com e sem inseticida) e quatro repetições; sendo realizado teste de Tukey (5%). A raiz e os cotilédones das plântulas de erva-doce apresentaram maior comprimento com o inseticida, que também aumentou as espessuras da epiderme e da cutícula foliares, bem como o número de estômatos e de cloroplastos na maioria dos órgãos. De forma geral, o inseticida aumentou as estruturas analisadas das plântulas de erva-doce, mas é necessário avaliar como os produtos químicos influenciam a fisiologia da planta com o decorrer de seu desenvolvimento.

Palavras-chave: cutícula, erva-doce, estômatos, germinação.

Abstract

Foeniculum vulgare Mill. (Apiaceae) is known as fennel and has great medicinal and commercial importance, both in Brazil and in several other countries. It represents a major source of income for small farmers, who often use chemicals with the intent of improve quality and productivity, even without knowing the effects on seeds and seedlings future. Thus, the objective of this research is to study the morpho-anatomy of *F. vulgare* seedlings derived from seeds produced by applying the monocrotophos insecticide. Fennel seedlings were transplanted in four replicates of 10 individuals and, from the third week, weekly applications of monocrotophos insecticide were made in half of the individuals, for two months. Of each treatment, the collected seeds were sown in sand and maintained in greenhouse for 25 days. Seedlings parts (roots, transition zone, stem, cotyledons and first leaves) were selected for morphological analysis, conducted with a digital caliper and ruler graduated in centimeters; and anatomical, where the material was sectioned freehand, stained and mounted on semi-permanent slides. The following characteristics were evaluated: organs length, stem and root diameter, cotyledon and leaf lamina thickness, epidermis and cuticle thickness, stomata number, stomata polar and equatorial diameters, and chloroplasts number. The data were analyzed in completely randomized design, with two treatments (with and without insecticide) and four replications; being conducted Tukey test (5%). The root and the cotyledons of fennel seedlings showed longer with the insecticide, which also increased the thickness of the leaf epidermis and cuticle, and the stomata and chloroplasts number in most organs. In general, the insecticide increased structures analyzed of fennel seedling, but it is necessary to evaluate how chemicals affect the plant physiology in the course of its development.

Keywords: cuticle, fennel, germination, stomata.

INTRODUÇÃO

A erva-doce (*Foeniculum vulgare* Mill.) é uma cultura de grande importância medicinal e comercial, tanto no Brasil como em vários

outros países. Ela é usada principalmente no tratamento de problemas digestivos, cólicas e distúrbios ginecológicos (Kwon et al., 2002) e

e também apresenta grande importância para indústria cosmética, por possuir, principalmente no seu fruto, um óleo essencial com fragrância bem agradável, utilizado na produção de sabonetes, hidratantes e perfumes (Lorenzi & Matos, 2008).

Ela representa uma importante fonte de renda para agricultores de todo o país. Porém, na erva-doce é comum ocorrerem grandes infestações por pulgão (Lira & Batista, 2006), e geralmente, a primeira medida adotada pelos produtores é a utilização de agrotóxicos. Estes produtos podem ficar contidos nos tecidos vegetais, principalmente nas sementes e plantas jovens, e influenciar a estrutura, reprodução, metabolismo e crescimento (Chaboussou, 2006) e, possivelmente, ser passados para as gerações futuras. Dessa forma, os produtos advindos desse cultivo, podem estar contaminados e causar sérios problemas para a saúde humana, animal e ambiental.

Estudos de morfologia e anatomia vegetal têm se constituído numa importante estratégia para determinar a qualidade de grandes culturas produzidas sob os mais diferentes sistemas, que visam aumentar o rendimento sem reduzir a qualidade (Moraes-Dallaqua et al., 2000; Santos et al., 2005). Pesquisas de morfoanatomia, especialmente com plântulas, por estarem no período mais crítico do ciclo de vida vegetal (Crestana & Beltrati, 1988), tentam mostrar os efeitos que os outros fatores bióticos e abióticos do meio exercem sobre esses indivíduos (Modesto et al., 1996); assim como trabalhos para observar a influência que agrotóxicos e insumos agrícolas exercem sobre a estrutura de várias espécies, que têm o intuito de verificar a toxicidade destes produtos sobre a fisiologia e o desenvolvimento dos vegetais (Negrisoni et al., 2004; Castro et al., 2005), além de dar um indicativo de como esses produtos podem ficar contidos nos tecidos da planta, o que aumentaria os riscos de fabricação de medicamentos e cosméticos com frutos que contenham resíduos de produtos químicos considerados tóxicos.

Dessa forma, objetivou-se estudar a morfoanatomia de plântulas de erva-doce

oriundas de sementes produzidas com aplicação do inseticida monocrotofós.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa de campo foi conduzida na fazenda Boa Sorte, município de Montadas, na Paraíba; que apresenta temperatura média anual em torno de 24°C e clima semiárido pouco úmido. Foram transplantadas mudas de erva-doce, cultivar Esperança, com 45 dias após a sementeira, em quatro repetições de 10 indivíduos. A partir da terceira semana após o transplantio e durante dois meses, foram feitas aplicações semanais de inseticida (princípio ativo monocrotofós) em metade dos indivíduos.

Durante a colheita das sementes de erva-doce, foram retiradas manualmente todas as umbelas presentes nos indivíduos de cada tratamento, que foram encaminhadas para o Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, em Areia – PB. Inicialmente, as sementes de cada tratamento (com e sem inseticida) foram retiradas das umbelas, beneficiadas e homogêneas. Cerca de 50 sementes de cada tratamento foram semeadas, a 1cm de profundidade, em bandejas plásticas contendo o substrato areia, umedecida a 60% de sua capacidade (Brasil, 2009).

As bandejas foram mantidas em casa de vegetação por 25 dias, sendo realizadas regas para a manutenção da umidade. Foram selecionadas plântulas normais e de padrão uniformes, para as análises, realizadas com material *in vivo* e conservado em álcool a 70%. Foram avaliadas as seguintes características morfológicas: comprimento dos órgãos da plântula e diâmetro da raiz e do caule; e anatômicas: espessura do limbo cotiledonar e foliar, espessura da epiderme e da cutícula, número de estômatos, diâmetros polar e equatorial dos estômatos, e número de cloroplastos nas células-guarda.

As medidas morfológicas foram realizadas com

auxílio de paquímetro digital e régua graduada em centímetros. O material selecionado para as análises anatômicas foi seccionado, transversal e longitudinalmente à mão livre, com lâmina de barbear, utilizando-se pecíolo de embaúba como suporte. Foram usados, nas análises de algumas secções, hipoclorito de sódio a 1% para descoloração e posteriormente, os corantes safranina a 10% e azul de metileno a 10%. O material foi montado em lâminas semi-permanentes, com glicerina, e observado em fotomicroscópio.

A epiderme e a cutícula foram medidas com lâmina milimetrada, utilizada ainda para contagem dos estômatos, realizada a partir de secções transversais e usando-se como base $10\mu\text{m}^2$. A contagem dos cloroplastos foram contados fazendo-se uma média dos cloroplastos encontrados nas células-guarda de cinco estômatos.

Todas as análises foram realizadas com quatro plântulas, onde cada uma representou uma repetição (calculada pela média de cinco medições ou contagens de diferentes secções). Os dados foram analisados em delineamento inteiramente casualizado, com dois tratamentos (com e sem inseticida); sendo realizado teste de ANOVA e Tukey (5%).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados referentes ao comprimento da raiz, caule, cotilédones e primeiras folhas das plântulas de erva-doce, em função da aplicação de inseticida monocrotofós durante a produção das sementes, estão representados na Tabela 1. As raízes cresceram em média 16,23cm quando houve tratamento químico, enquanto que nas plântulas não tratadas, o crescimento radicular foi de 15,01cm ($P<0,01$). Os cotilédones apresentaram o mesmo comportamento; quando houve aplicação do agrotóxico, se desenvolveram em média 4,57cm, e quando não houve, 4,04cm ($P<0,05$).

Tabela 1. Comprimento (cm) da raiz, caule, cotilédones e primeiras folhas de plântulas de erva-doce (*Foeniculum vulgare* Mill.) provenientes de sementes produzidas com aplicação do inseticida monocrotofós.

Table 1. Root, stem, cotyledon and first leaves length (cm) of fennel seedlings (*Foeniculum vulgare* Mill.) derived from seeds produced with application of the insecticide monocrotophos.

	Raiz	Caule	Cotilédone	Folha
Com	16,23a	6,56	4,57a	2,04
Sem	15,01b	6,3	4,04b	1,98
CV%	4,47	9	12,94	11,21

Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Averages following by the same letter in the column don't differ amongst themselves for the test of Tukey at the level of 5% of probability.

A Tabela 2 mostra que as raízes tiveram o diâmetro aumentado pelo uso do inseticida durante a produção das sementes ($P<0,01$), com desenvolvimento de $58,5\mu\text{m}$ quando houve o tratamento e de $54,2\mu\text{m}$, quando não houve. As análises da espessura do limbo cotiledonar e foliar (Tabela 2) mostram que o inseticida não causou nenhum efeito sobre a espessura do limbo do cotilédone, porém influenciou negativamente o desenvolvimento da folha em espessura ($P<0,01$). Com tratamento químico, as folhas da plântula apresentaram espessura média de $18,6\mu\text{m}$, e sem o inseticida, a espessura observada foi de $20,8\mu\text{m}$.

Tabela 2. Diâmetro da raiz e do caule (μm) e espessura do limbo cotiledonar e foliar (μm) de plântulas de erva-doce (*Foeniculum vulgare* Mill.) provenientes de sementes produzidas com aplicação do inseticida monocrotofós.

Table 2. Root and stem diameter (μm) and cotyledon and leaf lamina thickness (μm) of fennel seedlings (*Foeniculum vulgare* Mill.) derived from seeds produced with application of the insecticide monocrotophos.

	Raiz	Caule	Cotilédone	Folha
Com	58,5a	67	28,3	18,6b
Sem	54,2b	68,4	27,6	20,8a
CV%	5,44	3,01	6,04	7,21

Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Averages following by the same letter in the column don't differ amongst themselves for the test of Tukey at the level of 5% of probability.

De maneira geral, o inseticida causou aumento no comprimento de todos os órgãos das plântulas; o que pode ter ocorrido devido ao controle de incidência dos pulgões, indicando que este agrotóxico foi eficiente no seu combate. Para Curado et al. (2007), o pulgão é a principal praga da erva-doce, causando enormes prejuízos aos agricultores, tanto pela redução da produção das sementes, como pela diminuição do vigor. As raízes e os cotilédones das plântulas foram os órgãos que apresentaram maior taxa de crescimento em função do produto químico, o que pode contribuir consideravelmente para o desenvolvimento até a planta adulta. A raiz também apresentou diâmetro aumentado, com o uso do inseticida; porém este é um efeito negativo, pois para Nielsen & Barber (1978) o aumento no diâmetro radicular causa diminuição dos efeitos tônicos, com pior absorção dos nutrientes com pouca mobilidade no solo.

Já nas folhas observou-se menor crescimento em relação à espessura quando foi utilizado o inseticida. Segundo Yamashita et al. (2002), pequenas variações na espessura da folha podem resultar em significativas variações na fotossíntese em algumas espécies. A redução da espessura da folha causa um efeito positivo relativo ao aumento da taxa fotossintética, em relação à captação de luz (Taiz & Zeiger, 2009), mas influencia negativamente a absorção de CO², fato observado por Justo et al. (2005) em folhas de *Xylopia brasiliensis* Sprengel.

Assim como com a erva-doce, outros autores observaram aumento no comprimento das plântulas provenientes de sementes produzidas com tratamentos químicos (Guimarães, 2005; Gasparin et al., 2007). Porém, torna-se necessária a realização de pesquisas futuras, pois muitos agrotóxicos promovem os mais diferentes efeitos tóxicos nos tecidos vegetais, a curto e a longo prazo, como alterações na estrutura, reprodução, metabolismo e crescimento da plântula até a planta adulta (Chaboussou, 2006); fato também observado por Castro et al. (2008), que constataram efeito negativo de agrotóxicos

na formação das plântulas de soja (*Glycinemax L.*) na formação das plântulas de soja (*Glycine max L.*).

As análises referentes à espessura da epiderme e da cutícula estão presentes nas Tabelas 3 e 4, respectivamente. As medições da face abaxial do cotilédone mostram que houve aumento da espessura da epiderme ($P<0,01$) quando não foi feito o tratamento químico (2,84 μ m) (Figura 1). Já na folha, o inseticida influenciou as duas faces ($P<0,01$), observando-se crescimento de 2,40 μ m da epiderme abaxial e 2,98 μ m, da adaxial (Figura 2). Em relação à cutícula, apenas a face abaxial (0,36 μ m) apresentou resultados superiores à testemunha (0,30 μ m) ($P<0,05$) (Figura 2 c e d); não havendo influência significativa do tratamento químico na cutícula da face adaxial.

Tabela 3. Espessura da epiderme (μ m) nos órgãos de plântulas de erva-doce (*Foeniculum vulgare* Mill.) provenientes de sementes produzidas com aplicação do inseticida monocrotofós.

Table 3. Epidermis thickness (μ m) in fennel seedlings (*Foeniculum vulgare* Mill.) derived from seeds produced with application of the insecticide monocrotophos.

	Zona de transição	Caule	Cotilédone abaxial	Cotilédone adaxial	Folha abaxial	Folha adaxial
Com	2,58	2,2	2,44b	3,37	2,40a	2,98a
Sem	2,58	2,26	2,84a	3,33	2,04b	2,68b
CV%	7,98	5,29	9,37	9,06	7,56	5,39

Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Averages following by the same letter in the column don't differ amongst themselves for the test of Tukey at the level of 5% of probability.

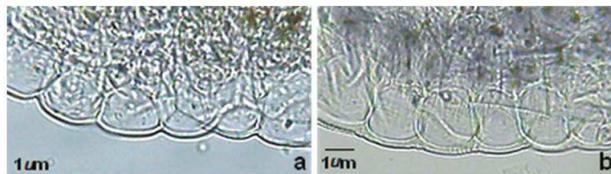


Figura 1. Espessura da epiderme abaxial cotiledonar da plântula de *Foeniculum vulgare* Mill. em função do inseticida monocrotofós. a. com inseticida. b. sem inseticida.

Figure 1. Thickness of abaxial epidermis of cotyledon of *Foeniculum vulgare* Mill. seedling in function of the insecticide monocrotophos. a. with insecticide. b. without insecticide.

Tabela 4. Espessura da cutícula (μm) nos órgãos de plântulas de erva-doce (*Foeniculum vulgare* Mill.) provenientes de sementes produzidas com aplicação do inseticida monocrotofós.

Table 4. Cuticle thickness (μm) in fennel seedlings (*Foeniculum vulgare* Mill.) derived from seeds produced with application of the insecticide monocrotophos.

	Zona de transição	Caule	Cotilédone abaxial	Cotilédone adaxial	Folha abaxial	Folha adaxial
Com	0,5	0,35	0,4	0,45	0,36a	0,24
Sem	0,57	0,37	0,37	0,45	0,30b	0,23
CV%	16,56	20,3	17,99	13,48	20	21,62

Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Averages following by the same letter in the column don't differ amongst themselves for the test of Tukey at the level of 5% of probability.

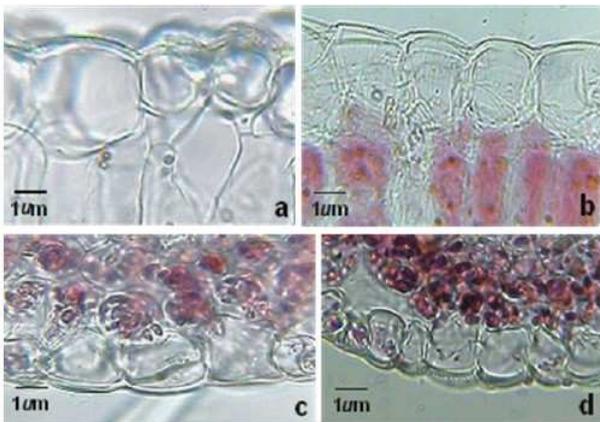


Figura 2. Espessuras da epiderme adaxial e abaxial, e da cutícula da face abaxial foliar da plântula de *Foeniculum vulgare* Mill. em função do inseticida monocrotofós. a. com inseticida – epiderme adaxial. b. sem inseticida – epiderme adaxial. c. com inseticida – epiderme abaxial. d. sem inseticida – epiderme abaxial.

Figure 2. Thickness of adaxial and abaxial epidermis, and cuticle of leaf abaxial face of the *Foeniculum vulgare* Mill. seedling in function of the insecticide monocrotophos. a. with insecticide-adaxial epidermis. b. without insecticide-adaxial epidermis. c. with insecticide-abaxial epidermis. d. without insecticide-abaxial epidermis.

O aumento observado na epiderme e cutícula foliares quando foi utilizado o inseticida indica que este órgão pode apresentar vestígios dos produtos químicos aplicados anteriormente, ou mesmo carregar características da geração anterior (efeito materno), decorrentes desses produtos. Esse espessamento tem efeito no aumento da atividade fotossintética, pois a epiderme é tipicamente transparente à luz visível e suas células tornam-se convexas e maiores para aumentar a efetividade da absorção de luz

para aumentar a efetividade da absorção de luz (Taiz & Zeiger, 2009). A cutícula da folha serve de barreira efetiva à perda de água, protegendo assim, a planta contra a dessecação (Silva et al., 2004), porém ela apresenta vários lipídeos que facilitam a absorção de diversos compostos químicos usados como agrotóxicos (Chaboussou, 2006).

A Tabela 5 mostra os dados referentes à variação no número de estômatos presentes em cada órgão das plântulas de erva-doce. O inseticida causou efeito ($P < 0,01$) no número de estômatos do caule, cotilédone e folhas. No caule foram encontrados $42/10\mu\text{m}^2$ estômatos quando houve o tratamento químico, e $36/10\mu\text{m}^2$ quando não houve. Na face adaxial dos cotilédones, houve aumento de 53 para $59/10\mu\text{m}^2$, ao ser aplicado o agrotóxico. Na folha, o inseticida também influenciou a quantidade de estômatos nas faces abaxial ($146/10\mu\text{m}^2$) e adaxial ($84/10\mu\text{m}^2$), em relação aos tratamentos que não receberam o produto químico (126 e $71/10\mu\text{m}^2$).

Tabela 5: Número de estômatos/ $10\mu\text{m}^2$ encontrados nos órgãos de plântulas de erva-doce (*Foeniculum vulgare* Mill.) provenientes de sementes produzidas com aplicação do inseticida monocrotofós.

Table 5. Stomata number/ $10\mu\text{m}^2$ found in fennel seedlings (*Foeniculum vulgare* Mill.) derived from seeds produced with application of the insecticide monocrotophos.

	Zona de transição	Caule	Cotilédone abaxial	Cotilédone adaxial	Folha abaxial	Folha adaxial
Com	34,33	41,75a	119,25	59,33a	146,50a	83,75a
Sem	31,91	35,58b	114,75	53,08b	125,66b	70,66b
CV%	10,71	8,96	6,23	7,89	5,12	8,44

Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Averages following by the same letter in the column don't differ amongst themselves for the test of Tukey at the level of 5% of probability.

Os dados referentes aos diâmetros polar e equatorial dos estômatos presentes em plântulas de erva-doce provenientes de sementes produzidas em sistemas consorciados e com aplicação de inseticida, estão presentes nas Tabelas 6 e 7, respectivamente. O inseticida não causou influência no diâmetro polar dos estômatos em nenhum órgão, e no equatorial, apenas no caule ($1,56\mu\text{m}$) ($P < 0,01$) e na face

apenas no caule (1,56µm) ($P<0,01$) e na face adaxial da folha (1,90µm) ($P<0,05$), quando comparado à testemunha (1,73µm e 2,12µm, respectivamente).

Tabela 6. Diâmetro polar (µm) dos estômatos encontrados nos órgãos de plântulas de erva-doce (*Foeniculum vulgare* Mill.) provenientes de sementes produzidas com aplicação do inseticida monocrotofós.

Table 6. Polar diameter (µm) of stomata of fennel seedlings (*Foeniculum vulgare* Mill.) derived from seeds produced with application of the insecticide monocrotophos

	Zona de transição	Caule	Cotilédone abaxial	Cotilédone adaxial	Folha abaxial	Folha adaxial
Com	4,87	2,95	3,92	4,01	2,91	3,05
Sem	4,63	2,97	3,93	3,92	2,73	4,41
CV%	9,52	9,75	11,27	9,74	16,22	13,82

Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Averages following by the same letter in the column don't differ amongst themselves for the test of Tukey at the level of 5% of probability.

Tabela 7. Diâmetro equatorial (µm) dos estômatos encontrados nos órgãos de plântulas de erva-doce (*Foeniculum vulgare* Mill.) provenientes de sementes produzidas com aplicação do inseticida monocrotofós.

Table 7. Equatorial diameter (µm) of stomata of fennel seedlings (*Foeniculum vulgare* Mill.) derived from seeds produced with application of the insecticide monocrotophos.

	Zona de transição	Caule	Cotilédone abaxial	Cotilédone adaxial	Folha abaxial	Folha adaxial
Com	2,12*	1,56b	2,29	2,18	1,92	1,90b
Sem	2,14	1,73a	2,25	2,29	1,96	2,12a
CV%	8,55	6,54	8,91	8,47	11,82	10,53

Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Averages following by the same letter in the column don't differ amongst themselves for the test of Tukey at the level of 5% of probability.

Estômatos são estruturas importantes para a produção vegetal, pois representam a porta de entrada e de escoamento dos gases para a fotossíntese, processo primordial relacionado à produtividade vegetal (Silva et al., 2004). Além disso, são os principais responsáveis pela transpiração e, por isso, estão intimamente ligados ao ambiente, controlando a perda de água do vegetal, frente às variações ambientais (Fahn, 1990); ao mesmo tempo em que permitem absorção suficiente de CO₂ para a fotossíntese (Taiz & Zeiger, 2009).

Cutter (1986) relata diversas experiências com o empenho de descobrir os fatores que controlam a formação e a distribuição dos estômatos. Vários autores já concluíram que modificações na quantidade e no tamanho dos estômatos são influenciadas, geralmente, pelo estado nutricional do vegetal (Santana et al., 2008), quantidade de água disponível (Kolb et al., 1998; Justo et al., 2005), intensidade luminosa (Nery et al., 2007; Santiago et al., 2001; Costa et al., 2007), compostos químicos (Dickison, 2000) e grau de ploidia da planta (Cutter, 1986).

Na erva-doce, o inseticida monocrotofós causou diminuição no diâmetro equatorial dos estômatos presentes na face adaxial da folha, porém aumentou a quantidade. Em contrapartida, Martins & Castro (1999) observaram um pequeno aumento no tamanho dos estômatos na epiderme abaxial aos 20 dias após o tratamento com regulador vegetal SADH (ácido succínico-2,2-dimetilhidrazida).

O aumento no número de estômatos na folha e no cotilédone, observados quando houve aplicação do inseticida contrastaram com os resultados obtidos por Martins & Castro (1999), que observaram diminuição do número de estômatos da face abaxial da folha em relação à testemunha, ao fazer a aplicação de SADH (ácido succínico-2,2-dimetilhidrazida) diretamente na planta adulta; porém, os mesmos autores obtiveram resultados positivos no mesmo órgão, ao adicionar CCC (chlormequat 2-cloretoetil trimetilamônio).

Essas modificações estruturais estão relacionadas com a fisiologia da planta. A impermeabilidade da cutícula à água faz com que a maior parte da transpiração foliar resulte da difusão de vapor de água através dos poros estomáticos, que reduzem a perda de água (Taiz & Zeiger, 2009). Dessa forma, os tratamentos em que a quantidade de estômatos foi maior, proporcionaram maior controle da transpiração. Castro (2002) explica, ainda, que um aumento no número de estômatos por área pode permitir

que a planta aumente a condutância de gases e, assim, evitar que a fotossíntese seja limitada sob diferentes condições de ambiente. De acordo com Taiz & Zeiger (2009), as mudanças na resistência estomática, exercida pelas células-guarda que circundam o poro estomático, são importantes para a regulação da perda de água pela planta e para o controle da taxa de absorção de dióxido de carbono necessária à fixação continuada de CO² durante a fotossíntese.

As contagens do número de cloroplastos presentes nas células-guarda (Tabela 8) evidenciaram o efeito significativo ($P < 0,01$) do uso de inseticida, que exerceu influência positiva nas faces abaxial e adaxial do cotilédone (32,6 e 38,1/10µm²) e da folha (33,2 e 40,3/10µm²), quando comparada aos tratamentos que não receberam o agrotóxico (cotilédone – 22,4 e 17,9/10µm² e folha – 28,5 e 24,9/10µm²).

Tabela 8. Número de cloroplastos/10µm² presentes nas células-guarda dos estômatos do cotilédone e da folha de plântulas de erva-doce (*Foeniculum vulgare* Mill.) provenientes de sementes produzidas com aplicação do inseticida monocrotofós.

Tabela 8. Chloroplastnumber/10µm² present in guard cells of cotyledon and leaf stomata of fennel seedling (*Foeniculum vulgare* Mill.) derived from seeds produced with application of the insecticide monocrotophos.

	Face abaxial do cotilédone	Face adaxial do cotilédone	Face abaxial da folha	Face adaxial da folha
Com	32,6a	38,1a	33,2a	40,3a
Sem	22,4b	17,9b	28,5b	24,9b
CV%	12,03	15,66	8,05	13,58

Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Averages following by the same letter in the column don't differ amongst themselves for the test of Tukey at the level of 5% of probability.

A biossíntese de clorofila e o desenvolvimento de cloroplastos em plantas superiores envolvem claramente uma série de eventos correlacionados; dentre eles, agentes químicos aplicados externamente é um dos fatores que pode influenciar essa formação (Wolf, 1977).

O aumento do número de cloroplastos nas células-guarda dos estômatos também foi comprovado por Dickison (2000), que explica que as plantas tratadas com inseticidas apresentam mesofilo foliar mais compacto, além de um número bem maior de cloroplastos. Para Costa et al. (2007) esse é um mecanismo que garante uma sobrevivência mais eficiente das plantas. Em contrapartida, Santos et al. (2005) observaram redução da clorofila em folhas de eucalipto (*Eucalyptus grandis* W. Hill.) submetido a tratamento com o herbicida Glyphosate, demonstrando os efeitos tóxicos desse produto.

CONCLUSÕES

O inseticida monocrotofós influenciou o desenvolvimento de várias estruturas da plântula de *F. vulgare*, causando maior crescimento da raiz e dos cotilédones; bem como aumento do número de estômatos dos cotilédones e das folhas e da quantidade de cloroplastos presentes em suas células-guarda. A epiderme da folha também foi aumentada pelo uso do inseticida, já a do cotilédone apresentou redução de sua espessura nesta condição. De forma geral, o inseticida aumentou as estruturas analisadas das plântulas de erva-doce, resultando em maior controle da transpiração e defesa contra patógenos, porém é necessário avaliar como os produtos químicos influenciam a fisiologia da planta com o decorrer de seu desenvolvimento.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do. 2009. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: MAPA/ACS.
- CASTRO, E. M. 2007. Alterações anatômicas, fisiológicas e fitoquímicas em plantas de *Mikania glomerata* Sprengel (guaco) sob diferentes fotoperíodos e níveis de sombreamento. 221f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

- CASTRO, G. S. A.; BOGIANI, J. C.; SILVA, M. G.; GAZOLA, E.; ROSOLEM, C. A. 2008. Tratamento de sementes de soja com inseticidas e um bioestimulante. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 43 (10):1311-1318.
- CASTRO, I. M.; RODRIGUES, M. G. V.; GODOY, R. L. O.; QUINTEIRO, L. M. C.; CARVALHO, L. M. J. 2005. Efeitos de tratamentos diferenciados no plantio de banana var. Prata-Anã através da quantificação de resíduos de carbofuran. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 27(1): 40-42.
- CHABOUSSOU, F. 2006. **Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos**. São Paulo: Expressão popular.
- COSTA, L. C. B.; CASTRO, E. M.; PINTO, J. E. B. P.; ALVES, E.; BERTOLUCCI, S. K. V.; ROSAL, L. F.; MOREIRA, C. M. 2007. Aspectos da anatomia foliar de *Ocimum selloi* Benth. (Lamiaceae) em diferentes condições de qualidade de luz. **Revista Brasileira de Biociências**, 5: 6-8.
- CRESTANA, C. M.; BELTRATI, C. M. 1988. Morfologia e anatomia das sementes de *Copaiifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae-caesalpinioideae). **Naturalia**, 13: 45-54.
- CURADO, F. F.; NUNES, M. U. C.; CARVALHO, L. M. de; OLIVEIRA, I. R.; RODRIGUES, R. F. de A. 2007. **Experimentação participativa na produção de erva-doce (*Foeniculum vulgare* Mill) em bases ecológicas no agreste sergipano**. Aracajú: Embrapa Tabuleiros Costeiros.
- CUTTER, E. G. 1986. **Anatomia vegetal – parte I: células e tecidos**. 2. ed. São Paulo: Roca.
- DICKISON, W. C. 2000. **Integrative plant anatomy**. San Diego: Harcourt – Academic Press.
- FAHN, A. 1990. **Plant anatomy**. Oxford: Pergamon Press.
- GASPARIN, M. B.; SILVA, C. T. A. C.; VIECELLI, C. A.; CARRARO, B. P. 2007. Efeito de fungicida e inseticida na germinação e desenvolvimento da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). 17 f. Trabalho de Conclusão de Curso (**Graduação em Ciências Biológicas**) - Faculdade Assis Gurgacz, Paraná.
- GUIMARÃES, R.N.; PORTO, T.B.; PEREIRA, J.M.; BARBOSA, L.A.; FERNANDES, P.M.; COSTA, R.B.; BARROS, R.G. 2005. Efeito do Tratamento de Sementes com Inseticidas na Emergência e Altura de Plântulas de Feijão. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 8, 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, p.94-99. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 182).
- JUSTO, C. F.; SOARES, A. M.; GAVILANES, M. L.; CASTRO, E. M. de. 2005. Plasticidade anatômica das folhas de *Xylopiá brasiliensis* Sprengel (Annonaceae). **Acta Botânica Brasílica**, 19(1): 112-123.
- KOLB, R. M.; MEDRI, M. E.; BIANCHINI, E.; PIMENTA, J. A.; GILONI, P. C.; CORREA, G. T. 1998. Anatomia ecológica de *Sebastiania commersoniana* (Baillon) Smith & Downs (Euphorbiaceae) submetida ao alagamento. **Revista Brasileira de Botânica**, 21(3): 305-312.
- KWON, Y. S.; CHOI, W. G.; KIM, W. J.; KIM, W. K.; KIM, M. J.; KANG, W. H.; KIM, C. M. 2002. Antimicrobial constituents of *Foeniculum vulgare*. **Arch-Pharm-Res**, 25(2): 154-157.
- LIRA, R. S.; BATISTA, J. L. 2006. Aspectos biológicos de *Chrysoperla externa* alimentados com pulgões da erva-doce. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, 6(2): 20-35.
- LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. 2008. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum.
- MARTINS, M. B. G.; CASTRO, P. R. C. 1999. Reguladores vegetais e a anatomia da folha de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cv. Ângela Gigante. **Scientia agrícola**, 56(3): 693-703.
- MODESTO, J. C.; RODRIGUES, J. D.; PINHO, S. Z. 1996. Efeito do ácido giberélico sobre o comprimento e diâmetro do caule de plântulas de limão cravo (*Citrus limonia* Osbeck). **Scientia Agrícola**, 53(2-3):332-337.
- MORAES-DALLAQUA, M. A.; BELTRATI, C. M.; RODRIGUES, J. D. 2000. Anatomia de ápices radiculares de feijão cv. carioca submetidos a níveis de boro em solução nutritiva. **Scientia Agrícola**, 57 (3):425-430.
- NEGRISOLI, E.; VELINI, E. D.; TOFOLI, G. R.; CAVENAGHI, A. L.; MARTINS, D.; MORELLI, J. L.; COSTA, A. G. F. 2004. Seletividade de herbicidas aplicados em pré-emergência na cultura de cana-de-açúcar tratada com nematocidas. **Planta daninha**, 22(4): 567-575.
- NERY, F. C.; ALVARENGA, A. A. de JUSTO, C. F.; CASTRO, E. M. de; SOUZA, G. S. de; ALVES, E. 2007. Aspectos anatômicos de folhas de plantas jovens de *Calophyllum brasiliense* Cambess. submetidas a diferentes níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Biociências**, 5: 129-131.
- NIELSEN, M. E.; BARBER, S. A. 1978. Differences among genotypes of corn in the kinetics of P uptake. **Agronomy Journal**, 70: 695-698.
- SANTANA, J. R. F. de; PAIVA, R.; RESENDE, R. K. S.; CASTRO, E. M. de; PEREIRA, F. D.; OLIVEIRA, L. O. 2008. Estímulo do comportamento fotoautotrófico durante o enraizamento *in vitro* de *Annona glabra* L.

NERY, F. C.; ALVARENGA, A. A. de JUSTO, C. F.; CASTRO, E. M. de; SOUZA, G. S. de; ALVES, E. 2007. Aspectos anatômicos de folhas de plantas jovens de *Calophyllum brasiliense* Cambess. submetidas a diferentes níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Biociências**, 5: 129-131.

NIELSEN, M. E.; BARBER, S. A. 1978. Differences among genotypes of corn in the kinetics of P uptake. **Agronomy Journal**, 70: 695-698.

SANTANA, J. R. F. de; PAIVA, R.; RESENDE, R. K. S.; CASTRO, E. M. de; PEREIRA, F. D.; OLIVEIRA, L. O. 2008. Estímulo do comportamento fotoautotrófico durante o enraizamento *in vitro* de *Annona glabra* L. Aspectos da anatomia da folha antes da aclimatização. **Ciência agrotécnica**, 32(2): 640-644.

SANTIAGO, E. J. A.; PINTO, J. E. B. P.; CASTRO, E. M.; LAMEIRA, O. A.; CONCEIÇÃO, H. E. O.; GAVILANES, M. L. 2001. Aspectos da anatomia foliar da pimenta-longa (*Piper hispidinervium* C. DC.) sob diferentes condições de luminosidade. **Ciência agrotécnica**, 25(5): 1035-1042.

SANTOS, L. D. T.; MACHADO, A. F. L.; VIANA, R. G.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, F. A.; SOUZA, G. V. R. 2005. Crescimento e morfoanatomia foliar de eucalipto sob efeito de deriva do glyphosate. **Planta daninha**, 23(1): 133-142.

SILVA, L. M.; ALQUINI, Y.; CAVALLET, V. J. Inter-relações entre a anatomia vegetal e a produção vegetal. 2004. **Revista Brasileira de Biociências**, 5: 120-122.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. 2009. **Fisiologia vegetal**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed.

WOLF, F.T. 1977. Effects os chemical agents in innibition of chlorophyl syntesis and chloroplast development in higher plants. **The Botanical Review**. Bronx. 43(4): 395-425.

YAMASHITA, N.; KOIKE, N.; ISHIDA, A. 2002. Leaf ontogenetic dependence of light acclimation in invasive and native subtropical trees of different successional status. **Plant Cell and Environment**, 25(10): 1341-1356.

Recebido em 15 de março de 2014. Aprovado em 27 de junho de 2014.