



## TEORES FOLIARES DE MACRONUTRIENTES, ÍNDICE SPAD E PRODUTIVIDADE DO ALGODOEIRO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE SUBDOSES DE 2,4-D<sup>1</sup>

Carlos Eduardo Rosa<sup>1</sup>; Enes Furlani Júnior<sup>2</sup>; Samuel Ferrari<sup>3</sup>; Ana Paula Portugal Gouvêa Luques<sup>4</sup>; João Vitor Ferrari<sup>5</sup>; Danilo Marcelo Aires dos Santos<sup>6</sup>; João Édino Rossetto<sup>7</sup>; Igor Cabreira da Silva<sup>8</sup>

<sup>1</sup> Discente do curso de Agronomia da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP, [c.eduardorosa@hotmail.com](mailto:c.eduardorosa@hotmail.com); <sup>2</sup> Docente do Curso de Agronomia da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP, [enes@agr.feis.unesp.br](mailto:enes@agr.feis.unesp.br); <sup>3</sup> Docente do Curso de Agronomia do Campus Experimental de Registro - UNESP, [ferrari@registro.unesp.br](mailto:ferrari@registro.unesp.br); <sup>4</sup> Mestranda em Sistemas de Produção da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, [apluques@hotmail.com](mailto:apluques@hotmail.com); <sup>5</sup> Mestrando em Sistemas de Produção da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, [jaounesp@hotmail.com](mailto:jaounesp@hotmail.com); <sup>6</sup> Pós - Doutorando em Agronomia da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, [dmaires@hotmail.com](mailto:dmaires@hotmail.com); <sup>7</sup> Discente do curso de Agronomia da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, [jerrgat@terra.com.br](mailto:jerrgat@terra.com.br); <sup>8</sup> Discente do curso de Agronomia da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, [igork\\_9vlover@hotmail.com](mailto:igork_9vlover@hotmail.com)

**RESUMO** – O efeito hormético é uma tecnologia que vem sendo estudada em outras culturas e devido à importância da cotonicultura tem se buscado técnicas que possibilitem o melhor aproveitamento dos recursos disponíveis, fazendo com que o algodoeiro expresse todo seu potencial produtivo. Em vista disso, o presente trabalho teve por objetivo estudar os efeitos da aplicação de subdoses de 2,4-D nos teores foliares de macronutrientes, na concentração foliar de clorofila (SPAD) e produtividade do algodoeiro. O ensaio foi desenvolvido na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria-MS no ano agrícola de 2010/11. O delineamento empregado foi o de blocos ao acaso, com seis subdoses: 0,0 – 0,68 – 1,36 – 2,04 – 2,72 – 3,4 g de equivalente ácido (e.a.) ha<sup>-1</sup>, aplicadas no estágio de desenvolvimento B<sub>4</sub> contando com quatro repetições. Em função dos resultados obtidos verifica-se que a aplicação de subdoses crescentes de 2,4-D promoveu aumento nos teores foliares de cálcio e não influenciou no índice SPAD de clorofila. A produtividade de algodão em caroço foi incrementada pela subdose de 2,72 g e.a. ha<sup>-1</sup>.

**Palavras-chave:** *Gossypium hirsutum*; Efeito Hormético; Nutrientes, Herbicida.

### INTRODUÇÃO

A cultura do algodoeiro é de extrema importância mundial, quer pelo seu valor monetário da produção, multiplicidade de produtos que dela se originam e a popularidade de que estes gozam. É cultivado em cerca de 31,1 milhões de hectares em todo o mundo, sendo o Brasil responsável por uma área de 836 mil hectares, com uma produção na safra 2009/2010 de 3.037,2 mil toneladas de algodão em caroço (LERAYER, 2009).

<sup>1</sup> FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo e UNESP – Ilha Solteira

Atualmente, alguns trabalhos têm demonstrado o potencial do uso de subdoses de herbicidas serem aplicadas intencionalmente nas plantas como método para alterar o balanço de alguns processos metabólicos específicos visando benefícios no crescimento e/ou produtividade das culturas. O uso de substâncias por definição consideradas tóxicas, como o caso de herbicidas, em doses muito menores que a utilizada pode estimular o desenvolvimento vegetal. Tal efeito é conhecido como “hormese ou efeito hormético” (CALABRESE; BALDWIN, 2002). Muita confusão envolve o conceito de hormese e o que seu significado biológico representa. O termo “hormesis”, denominação utilizada na língua inglesa, foi observado por Pereira et al. (2005) em subdoses de inseticidas em inimigos da lagarta *Alabama argilacea*. Nessa mesma publicação o autor utilizou a denominação de “hormese” e “efeito hormético” como traduções para o português.

Muitos esforços vêm sendo dispensados neste assunto, através de pesquisas com plantas e animais (DUKE et al., 2006). Apesar das muitas teorias sobre a causa da hormese, poucos estudos têm sistematicamente avaliado a sua frequência, magnitude e distribuição entre os diferentes produtos químicos em organismos fotossintéticos em um grande número de curvas de dose-resposta comparáveis (CEDERGREEN et al., 2007).

O efeito hormético foi observado em todos os grupos de organismos como bactérias e fungos, plantas superiores e animais (CALABRESE, 2005), podendo tornar-se uma ferramenta a ser empregada no sistema produtivo do algodoeiro ou na agricultura em geral. Estudos com auxinas sintéticas, como o 2,4-D, têm mostrado respostas horméticas em plantas. Portanto, as respostas horméticas em algumas características das plantas poderiam ser esperadas através do aumento da produção e atividade de auxinas (CEDERGREEN et al., 2007).

Tendo em vista o exposto, este trabalho teve por objetivo estudar os efeitos da aplicação de subdoses de 2,4-D nos teores foliares de macronutrientes, na concentração foliar de clorofila (SPAD) e produtividade do algodoeiro em condições de campo.

## METODOLOGIA

O presente trabalho foi instalado na área experimental da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira FEIS/UNESP, localizada no município de Selvíria-MS. Antes da instalação do experimento foram coletadas amostras de solo da área experimental para caracterização das propriedades químicas seguindo a metodologia de análise descrita por Raij e Quaggio (1983), revelando os seguintes valores: pH (CaCl<sub>2</sub>) = 5,1; P<sub>resina</sub> = 34 mg dm<sup>-3</sup>; M.O. = 23 g dm<sup>-3</sup>; K<sup>+</sup> = 2,8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>+2</sup> = 23 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>+2</sup> = 17 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H+Al = 28 mmol<sub>c</sub>

$\text{dm}^{-3}$ ;  $\text{Al} = 0 \text{ mmolc dm}^{-3}$ ;  $\text{CTC} = 70,8 \text{ mmolc dm}^{-3}$ ;  $\text{V} = 60 \%$ . O delineamento experimental empregado foi o de blocos aos acaso (GOMES, 2000), com 6 tratamentos e 4 repetições, perfazendo-se 24 parcelas. Os tratamentos foram constituídos pela aplicação de seis subdoses de 2,4-D, sendo: 0,0 – 0,68 – 1,36 – 2,04 – 2,72 e 3,4 g de equivalente ácido (e.a.)  $\text{ha}^{-1}$ , aplicadas no estágio de desenvolvimento B<sub>4</sub> (MARUR; RUANO, 2001). Cada parcela experimental foi composta por quatro linhas de cultivo, com cinco metros de comprimento, sendo a área útil constituída pelas duas linhas centrais da parcela. Após a emergência e estabelecimento das plantas estas foram desbastadas, deixando-se 8 plantas por metro em todos os tratamentos, totalizando uma população de aproximadamente 88900 plantas por hectare. Foi utilizado a cultivar de algodoeiro FMT 701.

O solo foi preparado através de uma aração e duas gradagens. A semeadura do algodoeiro ocorreu no dia 4 de novembro de 2010. A adubação básica de semeadura foi de 350  $\text{kg ha}^{-1}$  da formulação 08-28-16 e a de cobertura com 60  $\text{kg ha}^{-1}$  de N, dividida em duas aplicações (30  $\text{kg de N}$  em cada aplicação), sendo aos 35 dias após a emergência (d.a.e) tendo como fonte a Uréia e aos 65 d.a.e. tendo como fonte a fórmula 20-00-20, seguindo as recomendações de Silva e Raij (1997).

Foram coletadas ao acaso 20 folhas por parcela experimental (limbo da 5ª folha da haste principal do ápice para a base), aos 80 d.a.e. de acordo com as recomendações de Silva (1999), no sentido de verificar o efeito dos tratamentos estudados na concentração de nutrientes. Após a coleta, as folhas foram submetidas à secagem em estufa com circulação e renovação de ar, moídas e encaminhadas ao laboratório de análise foliar do Departamento de Fitotecnia da UNESP - Campus de Ilha Solteira, onde seguiram as metodologias relatadas por Bataglia et al. (1983), Silva (1999) e Malavolta et al. (1997). O índice SPAD foi obtido através de leitura com medidor de clorofila portátil modelo SPAD-502, desenvolvido pela Minolta (1989), realizada aos 60 d.a.e., em três diferentes posições na planta, sendo: ápice, terço médio e base do algodoeiro. A produtividade foi obtida através da colheita das linhas centrais de forma manual aos 150 d.a.e, pesagem e estimativa para  $\text{kg ha}^{-1}$ . Os dados obtidos no presente trabalho foram submetidos à análise de variância através do teste F e Regressão polinomial ao nível de significância de 10%, utilizando a metodologia descrita por Gomes (2000).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 1, observou-se que as subdoses de 2,4-D não promoveram alterações estatísticas significativas nos teores foliares de nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio e enxofre. Porém, para os teores de cálcio verificou-se diferenças estatísticas significativas, observando-se um aumento linear dos teores foliares deste nutriente com o aumento das

subdoses, representando uma diferença de 2,34 g kg<sup>-1</sup> comparando a dose 3,40 g e.a. ha<sup>-1</sup> com o tratamento controle. Apesar da elevação dos teores de cálcio com o aumento das subdoses de 2,4-D, os teores de Ca encontrados, em todas as subdoses, situaram-se na faixa adequada consideradas por Silva e Raij (1997) que variam de 20 a 35 g kg<sup>-1</sup> de matéria seca.

Com relação ao índice SPAD (Tabela 2), verificou-se que esta variável não apresentou diferença significativa 15 dias após a aplicação das subdoses de 2,4-D. A redução do índice SPAD não significa que foi inibida a síntese de clorofila, bem como o aumento não é necessariamente devido a acréscimo no estímulo da síntese de clorofila (NEVES, 2009).

Analisando os valores de produtividade de algodão em caroço (Tabela 2), verificou-se que a aplicação das subdoses de 2,4-D ocasionou efeito significativo, com ajuste quadrático das médias. Pelas médias apresentadas, verificou-se que apenas a subdose 2,72 g e.a. ha<sup>-1</sup> gerou aumento na produtividade de algodão em caroço. Respostas a baixas doses de auxinas sintéticas têm sido observadas por cientistas durante décadas através do crescimento das plantas. Entretanto, Cedergreen et al. (2007) verificaram que o herbicida mecoprop não induziu hormese, já que é uma auxina sintética e que tem mostrado induzir tanto a alongação radicular, aumento da área foliar específica e crescimento da biomassa em baixas doses em outros estudos (MORRÉ, 2000; ALLENDER et al., 1997).

## CONCLUSÕES

A aplicação de subdoses crescentes de 2,4-D promoveu aumento nos teores foliares de cálcio e não influenciou no índice SPAD. A produtividade de algodão em caroço foi incrementada pela subdose de 2,72 g e.a. ha<sup>-1</sup>.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLENDER, W. J. Effect of trifluoperazine and verapamil on herbicide stimulated growth of cotton. **Journal of Plant Nutrition**, n. 20, p. 69-80, 1997.

BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. P. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 48 p. (Boletim Técnico, 78).

CALABRESE, E. J.; BALDWIN, L. A. Defining hormesis. **Human Experimental Toxicology**, v. 21, p. 91-97, 2002.

CALABRESE, E. J. Paradigm lost, paradigm found: The reemergence of hormesis as a fundamental dose response model in the toxicological sciences. **Environment Pollution**, Geneva, n. 138, p. 378-411, 2005.

CEDERGREEN, N.; STREIBIG, J. C.; KUDSK, P.; MATHIASSEN, S. K.; DUKE, S. O. The occurrence of hormesis in plants and algae. **Dose-response**, n. 5, p. 150-162, 2007.

DUKE, S. O.; CEDERGREEN, N.; VELINI, E. D.; BELZ, R. Hormesis: is it an important factor in herbicide use and allelopathy?. **Outlooks on Pest Management**, p. 29-33, 2006.

GOMES, P. F. **Curso de estatística experimental**. 14 ed. Piracicaba: Nobel. 2000. 460 p.

LERAYER, A. (Coord.). Guia do algodão: tecnologia no campo para uma indústria de qualidade. [s.l.], 2009. Disponível em: [http://www.cib.org.br/pdf/guia\\_algodao\\_ago09.pdf](http://www.cib.org.br/pdf/guia_algodao_ago09.pdf). Acesso em: 14 maio 2010.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MARUR, C. A.; RUANO, O. A. A reference system for determination of developmental stages of upland cotton. **Revista de Oleaginosas e fibrosas**, v. 5, n. 2, p. 313-317, 2001.

MINOLTA, C. **Manual for chlorophyll meter SPAD-502**. Osaka: Minolta Radiometric Instruments Divisions, 1989. 22p.

MORRÉ, D. J. Chemical hormesis in cell growth: A molecular target at the cell surface. **Journal of Applied Toxicology**, n. 20, p. 157-163, 2000.

NEVES, D. C. **Efeito da aplicação de subdoses de glyphosate em algodoeiro**. 2009. 51 f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

PEREIRA, A. I. A.; COELHO, R. R.; RAMALHO, F. S., ZANUNCIO, J. C. Efeito hormético de doses subletais de Gamma Cyhalothrin na reprodução de *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae), predador do curuquerê-do-algodoeiro. **Scientia Agricola**, v. 62, p. 1-6, 2005.

RAIJ, B. V.; QUAGGIO, J. A. **Métodos de análises de solos para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agronômico, 1983. 31 p. (Boletim Técnico, 81).

SILVA, F. C. da (Org.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, DF : Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Rio de Janeiro: Embrapa Solos; Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 1999. 370 p.

SILVA, N. M. Nutrição mineral e adubação do algodoeiro no Brasil. In: CIA, E.; FREIRE, E. C.; SANTOS, W. J. **Cultura do Algodoeiro**. Piracicaba: POTAFÓS, 1999. p. 57-92

SILVA, N. M.; RAIJ, B. van. Fibrosas. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agronômico/Fundação IAC, 1997. p.107-111. (Boletim Técnico, 100).

**Tabela 01.** Médias da análise foliar de macronutrientes do algodoeiro c.v. FMT 701, aos 80 dias após a emergência, 35 dias após a aplicação das subdoses de 2,4-D. Selvíria-MS, ano agrícola 2010/11.

SUBDOSES (g e.a. ha <sup>-1</sup> )	MACRONUTRIENTES (g kg <sup>-1</sup> )					
	N	P	K	Ca	Mg	S
0,0	40,51	3,53	9,32	32,75	6,72	6,05
0,68	39,87	3,68	9,55	33,83	6,62	5,08
1,36	40,25	3,93	9,99	32,97	6,60	5,20
2,04	41,48	4,27	11,63	33,00	6,75	5,41
2,72	39,87	3,95	10,78	33,87	6,85	6,83
3,40	40,79	3,86	11,70	35,09	6,93	5,48
p>F (linear)	0,640	0,166	0,151	0,092*	0,333	0,772
p>F (quadrática)	0,985	0,122	0,892	0,304	0,520	0,738
r <sup>2</sup> (linear %)	5,24	35,10	79,14	51,82	63,38	4,55
r <sup>2</sup> (quadrática %)	5,25	79,77	79,79	69,93	90,84	10,62
<b>Equação Polinomial</b>						
$Y = 32,739762 + 0,334929x$						

\* Significativo ao nível de 10% pelo Teste F da análise de variância.

**Tabela 02.** Índice SPAD e produtividade do algodoeiro c.v. FMT 701 em função da aplicação subdoses de 2,4-D. Selvíria-MS, ano agrícola 2010/11.

SUBDOSES (g e.a. ha <sup>-1</sup> )	ÍNDICE SPAD	PRODUTIVIDADE (kg ha <sup>-1</sup> )
0,68	48,35	3052,19
1,36	49,13	2794,42
2,04	47,10	2146,65
2,72	47,48	3212,19
3,40	46,25	2926,64
p>F (linear)	0,284	0,533
p>F (quadrática)	0,852	0,078*
r <sup>2</sup> (linear %)	77,25	3,47
r <sup>2</sup> (quadrática %)	79,49	33,94
<b>Equação Polinomial</b>		
$Y = 3244,967857 - 435,304964x + 79,245179x^2$		

\* Significativo ao nível de 10% pelo Teste F da análise de variância.