



## TEORES FOLIARES DE MACRONUTRIENTES, ÍNDICE SPAD E PRODUTIVIDADE DO ALGODOEIRO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE SUBDOSES DE GLIFOSATO<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 Vítor Ferrari<sup>5</sup>; Danilo Marcelo Aires dos Santos<sup>6</sup>; Halisson Sodré da Silva Vieira<sup>7</sup>;  
Luis Fernando Vertuan<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, [jaunesp@hotmail.com](mailto:jaunesp@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, [halisson\\_vieira@hotmail.com](mailto:halisson_vieira@hotmail.com); <sup>8</sup> Discente do curso de Agronomia da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, [lfvertuan@hotmail.com](mailto:lfvertuan@hotmail.com)

**RESUMO** – Devido à importância da cotonicultura na economia mundial e brasileira, há sempre a busca por novas técnicas que possibilitem melhor aproveitamento dos recursos disponíveis, fazendo com que o algodoeiro expresse todo seu potencial produtivo. O presente trabalho teve por objetivo estudar os efeitos da aplicação de subdoses de glifosato 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, contando com seis subdoses: 0,0 – 26,0 – 52,0 – 78,0 – 104,0 – 130,0 g de equivalente ácido (e.a.) ha<sup>-1</sup>, aplicadas no estágio de desenvolvimento B<sub>4</sub>, contando com quatro repetições. Pelos resultados obtidos, verifica-se que a aplicação de subdoses crescentes de glifosato promoveu aumento nos teores foliares de potássio e diminuição no índice SPAD de clorofila. A produtividade de algodão em caroço aumentou até a subdose de 52 g e.a. ha<sup>-1</sup>.

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

### INTRODUÇÃO

A cotonicultura é uma atividade agrícola de reconhecida importância socioeconômica, tanto pela ocupação de mão-de-obra, direta no campo e indiretamente na área urbana, quanto na produção de manufaturados responsáveis pela geração de divisas para o país. Representa mundialmente mais de 40% da vestidura da humanidade. No Brasil, cerca de 60% dos insumos têxteis são provenientes da fibra do algodão e nos Estados Unidos da América esse percentual sobe para 65% (CORDÃO SOBRINHO; ARAÚJO; SILVA, 2003).

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

O uso de substâncias por definição consideradas tóxicas, em doses muito menores que a utilizada pode estimular o desenvolvimento vegetal. Tal efeito é conhecido como “hormese ou efeito hormético” (CALABRESE; BALDWIN, 2002). O termo hormese foi utilizado pela primeira vez por Southam e Erlich em 1943, quando descreveram o efeito de extrato de casca de carvalho com estímulo no crescimento de fungos quando em baixas doses e extremamente inibidor quando administrados em doses maiores. 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.

O fato de muitos herbicidas terem sido originalmente desenvolvidos como regulador de crescimento dá suporte a hipótese de hormese. Assim foi a criação do glifosato, cujo antecessor é o glifosine, composto utilizado como regulador de crescimento. Em muitas circunstâncias o uso do glifosato pode ser benéfico para plantas cultivadas, desde que aplicado em baixas doses (subdoses). O primeiro exemplo é o uso de doses em torno de 48 a 180 gramas de equivalente ácido (e.a.) ha<sup>-1</sup>, como maturador em cana-de-açúcar. Godoy (2007) ao avaliar o efeito do glifosato na absorção de fósforo em soja convencional e transgênica observou que doses entre 1,8 e 3,6 g e.a. ha<sup>-1</sup> de glifosato foram as que promoveram maior conteúdo de fósforo total na soja convencional.

Em face ao exposto, este trabalho teve por objetivo estudar os efeitos da aplicação de subdoses de glifosato 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> dm<sup>-3</sup>; Al = 0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; CTC = 70,8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; 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 glifosato, sendo: 0,0 – 26,0 – 52,0 – 78,0 – 104,0 – 130,0 g de equivalente ácido (e.a.) ha<sup>-1</sup>, 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 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 08-28-16 e a de cobertura com 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, dividida em duas aplicações (30 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), Embrapa (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 Camera Co. (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 kg ha<sup>-1</sup>. Os dados obtidos no presente trabalho foram submetidos à análise de variância através do teste F e Regressão polinomial ao nível de significância de 5%, utilizando a metodologia descrita por Gomes (2000).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados obtidos (Tabela 1), verificou-se que as subdoses de glifosato não promoveram alterações significativas nos teores foliares de nitrogênio, fósforo, cálcio, magnésio e enxofre das plantas. Porém, para os teores foliares de potássio, constatou-se diferenças significativas pela aplicação das subdoses de glifosato, verificando-se aumento nos teores foliares deste nutriente. Notou-se que a subdose de 130 g e.a. ha<sup>-1</sup> foi a que mais aumentou os teores foliares de potássio,

representando uma diferença de 3,26 g kg<sup>-1</sup> comparando esta subdose com o tratamento controle. O potássio pode ser requerido pelo algodoeiro em quantidades semelhantes à de nitrogênio, podendo ser extraído do solo a taxas de até 5,6 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> durante as fases de florescimento e frutificação, determinando sua importância para a planta (CASSMAN, 1993).

Rosolem (2001) cita que a marcha de absorção dos nutrientes pelo algodoeiro segue o padrão de crescimento, aumentando consideravelmente a partir dos 30 dias da semeadura, coincidindo com a emissão dos primeiros botões florais e alcançando uma absorção máxima diária na fase de florescimento entre 60 e 90 dias após a emergência, dependendo da cultivar. O algodoeiro é uma cultura que demanda grandes quantidades de nutrientes para expressar seu potencial produtivo. Estima-se que para produzir 1.000 kg ha<sup>-1</sup> de algodão em caroço, são removidos do solo em média, cerca de 50 a 85 kg ha<sup>-1</sup> de N, 12 a 26 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 43 a 88 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, 29 a 47 kg ha<sup>-1</sup> de CaO, 22 a 35 kg ha<sup>-1</sup> de MgO e 4 a 8 kg ha<sup>-1</sup> de S.

Analisando os valores de índice SPAD apresentados na Tabela 2, observou-se que esta variável foi influenciada pela aplicação das subdoses de glifosato promovendo efeito significativo nas leituras SPAD de clorofila, com redução dos valores até a subdose 78 g e.a. ha<sup>-1</sup>. O índice SPAD fornece subsídio para explicar o comportamento de outras variáveis, uma vez que está relacionado ao conteúdo de clorofila na folha, um dos pilares centrais do complexo energético da planta. Logo, o índice SPAD é uma variável que quando sofre redução, 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).

Com relação à produtividade de algodão em caroço (Tabela 2), verificou-se efeito significativo pela utilização das subdoses de glifosato, obtendo-se ajuste quadrático das médias, tendo como ponto máximo de produtividade a subdose de 65 g e.a. ha<sup>-1</sup>, com um aumento de aproximadamente 693 kg ha<sup>-1</sup> em relação ao tratamento controle. Pelas médias apresentadas e pelo ajuste dos resultados, verificou-se que a maior subdose utilizada (130 g e.a. ha<sup>-1</sup>) não gerou aumento na produtividade de algodão em caroço, sendo observado, portanto, efeito fitotóxico desta subdose sobre as plantas de algodão. Neves (2009) avaliando o efeito da aplicação de subdoses de glifosato variando de 0 a 72 g e.a. ha<sup>-1</sup> nas cultivares de algodoeiro FMT 701 em Selvíria-MS e BRS Cedro em Costa Rica-MS, concluiu que a aplicação de glifosato incrementou em 13% a produtividade de algodão em caroço na subdose de 29 g e.a. ha<sup>-1</sup> para a c.v. FMT 701 em relação ao controle. Porém, para a c.v. BRS Cedro em Costa Rica-MS, o autor não verificou diferença estatística significativa, apontando que esta cultivar priorizou o crescimento vegetativo em detrimento à produtividade.

## CONCLUSÕES

Houve aumento nos teores foliares de potássio até a subdose 130 g e.a. ha<sup>-1</sup>. Houve diminuição no índice SPAD de clorofila até a dose 78 g.e.a. ha<sup>-1</sup>. A produtividade de algodão em caroço aumentou até a subdose de 52 g e.a. ha<sup>-1</sup>.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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 Agronômico, 1983. 48 p. (Boletim Técnico, 78).

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.

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

CASSMAN, K. G. Cotton. In: BENNETT, W. F. (Ed). **Nutrient deficiencies & toxicities in crop plants**. Saint Paul: APS Press, 1993. cap. 10, p. 111-119.

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.

CORDÃO SOBRINHO, F. P.; ARAÚJO, J. M. de; SILVA, M. B. da. Avaliação do sistema de cultivo do algodoeiro herbáceo integrado a indústria de beneficiamento ano 2002. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 4., 2003, Goiania, GO. **Algodão: um mercado em evolução: resumos**. Campina Grande: Embrapa Algodão; [Goiania]: Fundação GO, 2003. 1. CD-ROM.

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**, New York, p. 29-33, 2006.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, DF; São Paulo, 1999. 370 p.

GODOY, M. C. Efeitos do glifosato sobre o crescimento e absorção de fósforo pela soja. 2007. 53 f. **Dissertação** (Mestrado) – Curso de Agronomia, Universidade Estadual Paulista (UNESP) - Faculdade de Ciências Agrárias (FCA), Botucatu, 2007.

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

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**, Brasília, D.F, v. 5, n. 2, p. 313-317, 2001.

MINOLTA CAMERA Co. Ltda **Manual for chlorophyll meter SPAD 502**. Osaka: Minolta, Radiometric Instruments divisions, 1989. 22 p.

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

RAIJ, B. V.; QUAGGIO, J. A. **Métodos de análises de solos para fins de fertilidade**. Campinas, Instituto Agrônomo, 1983, 31 p. (boletim técnico 81).

ROSOLEM, C. A. **Problemas em nutrição mineral, calagem e adubação do algodoeiro**. Botucatu: Unesp, 16 p. 2001. (Informações Agrônomicas, n.95.)

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 Agrônomo/Fundação IAC, 1997. cap.16, 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 glifosato. 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	42,26	3,34	8,86	27,74	6,64	5,94
26,0	42,49	3,41	7,60	28,35	6,44	5,32
52,0	40,53	3,48	9,58	29,16	6,89	5,68
78,0	42,00	3,90	8,46	28,17	6,57	6,53
104,0	42,05	3,67	8,53	28,09	6,51	5,08
130,0	41,86	3,71	12,12	21,91	6,63	6,18
p>F (linear)	0,803	0,053	0,040*	0,174	0,933	0,752
p>F (quadrática)	0,468	0,412	0,077	0,135	0,858	0,769
r <sup>2</sup> (linear %)	2,06	59,42	37,24	38,84	0,35	1,77
r <sup>2</sup> (quadrática %)	19,74	69,03	63,90	86,43	1,95	5,30
<b>Equação Polinomial</b>						
$Y = 7,910833 + 0,019712x$						

\* Significativo ao nível de 5% 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 glifosato. Selvíria-MS, ano agrícola 2010/11.

SUBDOSES (g e.a. ha <sup>-1</sup> )	ÍNDICE SPAD	PRODUTIVIDADE (kg ha <sup>-1</sup> )
	0,0	50,53
26,0	47,60	3322,19
52,0	48,60	3919,96
78,0	47,00	3801,07
104,0	47,10	3521,08
130,0	49,68	3042,19
p>F (linear)	0,340	0,998
p>F (quadrática)	0,010*	0,022*(2)
r <sup>2</sup> (linear %)	7,37	0,000
r <sup>2</sup> (quadrática %)	72,32	88,23
<b>Equações Polinomiais</b>		
$(1) Y = 50,364286 - 0,090151x + 0,000631x^2$		
$(2) Y = 3050,960536 + 23,446766x - 0,180360x^2$		

\* Significativo ao nível de 5% pelo Teste F da análise de variância.