



TEORES FOLIARES DE MACRONUTRIENTES, ÍNDICE SPAD E PRODUTIVIDADE DO ALGODOEIRO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE SUBDOSES DE PARAQUAT¹

Carlos Eduardo Rosa¹; Enes Furlani Júnior²; Samuel Ferrari³; Ana Paula Portugal Gouvêa Luques⁴;
João Vitor Ferrari⁵; Danilo Marcelo Aires dos Santos⁶; Luis Fernando Vertuan⁷;
Halisson Sodré da Silva Vieira⁸

¹ Discente do curso de Agronomia da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP, c.eduardorosa@hotmail.com; ² Docente do Curso de Agronomia da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP, enes@agr.feis.unesp.br; ³ Docente do Curso de Agronomia do Campus Experimental de Registro - UNESP, ferrari@registro.unesp.br; ⁴ Mestranda em Sistemas de Produção da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, apluques@hotmail.com; ⁵ Mestrando em Sistemas de Produção da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, jaounesp@hotmail.com; ⁶ Pós - Doutorando em Agronomia da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, dmaires@hotmail.com; ⁷ Discente do curso de Agronomia da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, lvertuan@hotmail.com; ⁸ Discente do curso de Agronomia da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, halisson_vieira@hotmail.com

RESUMO – Tendo em vista a importância da cotonicultura e para que o algodoeiro expresse todo o seu potencial produtivo, há sempre busca por novas técnicas que possibilitem o melhor aproveitamento dos recursos disponíveis. O presente trabalho teve por objetivo estudar os efeitos da aplicação de subdoses de paraquat 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 – 4,8 – 9,6 – 14,4 – 19,6 – 24,0 g de equivalente ácido (e.a.) ha⁻¹, aplicadas no estágio de desenvolvimento B₄, contando com quatro repetições. Em função dos resultados obtidos, verifica-se que a aplicação de subdoses crescentes de paraquat promoveu diminuição nos teores de cálcio e magnésio. Os teores de fósforo e enxofre foram incrementados até a dose 14,4 g e.a. ha⁻¹. O índice SPAD de clorofila e a produtividade de algodão em caroço não sofreram alterações pela aplicação das subdoses.

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 856 mil hectares, o que coloca o país no quinto lugar no ranking mundial de área colhida (LERAYER, 2009).

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

Substâncias que por definição são consideradas tóxicas às plantas, em doses muito menores do que a utilizada pode estimular o desenvolvimento vegetal pela alteração de alguns processos metabólicos, o que pode resultar em melhorias de algumas características desejáveis. Este efeito de estímulo é conhecido como “hormese ou efeito hormético” e 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 (CALABRESE; BALDWIN, 2002).

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).

Respostas a estímulos sobre o crescimento observado em características morfológicas, em baixas concentrações de uma fitotoxina dependem do produto químico que está sendo testado e/ou espécies vegetais expostos ao composto. Alguns mecanismos fisiológicos podem representar tentativas de “fugir” para compensar o estresse químico. As plantas também podem escapar das condições de crescimento desfavoráveis produzindo mais sementes, dando à próxima geração uma maior oportunidade de germinar em condições mais favoráveis.

No entanto, nem todas as alterações metabólicas são prejudiciais, e um grande desafio é distinguir as repostas que representam sintomas acidentais ou injuriosos da condição estressante, e as respostas que são verdadeiramente adaptativas, que favorecem o crescimento contínuo durante o estresse ou na recuperação.

Em face ao exposto, este trabalho teve por objetivo estudar os efeitos da aplicação de subdoses de paraquat 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 (CaCl₂) = 5,1; P_{resina} = 34 mg dm⁻³;

M.O.= 23 g dm⁻³; K⁺= 2,8 mmol_c dm⁻³; Ca⁺²= 23 mmol_c dm⁻³; Mg⁺²= 17 mmol_c dm⁻³; H+Al= 28 mmol_c dm⁻³; Al = 0 mmol_c dm⁻³; CTC= 70,8 mmol_c dm⁻³; 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 paraquat, sendo: 0,0 – 4,8 – 9,6 – 14,4 – 19,6 – 24,0 g de equivalente ácido (e.a.) ha⁻¹, aplicadas no estágio de desenvolvimento B₄ (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⁻¹ da formulação 08-28-16 e a de cobertura com 60 kg ha⁻¹ 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 Rajj (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 produtividade. 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

Analisando os valores obtidos (Tabela 1), observou-se que as subdoses de paraquat não promoveram alterações significativas nos teores foliares de nitrogênio, e potássio das plantas. Entretanto, para os teores de cálcio e magnésio encontraram-se diferenças significativas, verificando-

se uma diminuição linear dos teores foliares destes nutrientes com o aumento das subdoses, representando uma diferença de 5,48 g kg⁻¹ comparando a dose 24,0 g e.a. ha⁻¹ com o controle para o cálcio e 0,57 g kg⁻¹ para o magnésio. Com relação aos teores de fósforo e enxofre (Tabela 1), também se verificou efeito significativo pela utilização das subdoses em estudo, com ajuste quadrático das médias, tendo incremento máximo na subdose de 12,6 g e.a. ha⁻¹ e 13,2 g e.a. ha⁻¹ para fósforo e enxofre, respectivamente, com um aumento de 0,18 g kg⁻¹ e 0,48 g kg⁻¹ em relação ao controle.

Pela análise dos dados de índice SPAD (Tabela 2), verificou-se que esta variável não foi influenciada significativamente. Apesar do mecanismo de ação do paraquat dar-se pelo bloqueio do fluxo de elétrons na cadeia transportadora da fotossíntese, impedindo a redução do NADP⁺ à NADPH₂, no fotossistema I, ocorrendo um acúmulo de elétrons e de radicais tóxicos no cloroplasto, não se encontrou diferenças para esta variável, evidenciando que não ocorreram danos ao cloroplasto 15 dias após a aplicação das subdoses de paraquat (CHAGAS, 2007). O índice SPAD é um dos pilares centrais do complexo energético da planta e como tal, fornece subsídios pra explicar o comportamento de outras variáveis. Porém, quando ocorrem alterações, no 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).

Com relação à produtividade de algodão em caroço (Tabela 2), não se verificou efeito significativo pela utilização das subdoses em estudo, não sendo observado, portanto, efeito das subdoses de paraquat sobre as plantas de algodão.

CONCLUSÃO

A aplicação de subdoses crescentes de paraquat promoveu diminuição nos teores foliares de cálcio e magnésio com o aumento das subdoses em estudo. Os teores de fósforo e enxofre foram incrementados até a dose 14,4 g e.a. ha⁻¹. O índice SPAD de clorofila e a produtividade de algodão em caroço não sofreram alterações pela aplicação das subdoses.

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

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

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.

CHAGAS, R. M. Alterações fotossintéticas e respostas oxidativas em plantas de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) tratadas com paraquat. 2007. 82 p. **Dissertação** (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 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**, New York, p. 29-33, 2006.

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

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

LERAYER, A. **Guia do algodão: tecnologia no campo para uma indústria de qualidade**. 2009. Disponível em: <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**, Campina Grande, 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 glyphosate 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).

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 paraquat. Selvíria-MS, ano agrícola 2010/11.

SUBDOSES (g e.a. ha ⁻¹)	MACRONUTRIENTES (g kg ⁻¹)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
0,0	40,74	3,35	13,10	26,00	6,54	5,54
4,8	40,27	3,36	12,08	25,92	6,88	5,44
9,6	40,99	3,52	13,35	21,81	6,60	5,50
14,4	41,25	3,67	13,98	20,82	6,24	6,37
19,6	39,55	3,33	13,77	20,00	5,92	5,73
24,0	41,42	3,39	13,39	20,52	5,97	4,86
p>F (linear)	0,910	0,786	0,112	0,010 ⁽²⁾	0,039 ⁽³⁾	0,247
p>F (quadrática)	0,916	0,043 ⁽¹⁾	0,604	0,384	0,540	0,002 ⁽⁴⁾
r ² (linear %)	0,67	0,73	32,31	81,76	73,21	7,44
r ² (quadrática %)	1,25	47,60	35,49	89,26	78,84	83,37
Equações Polinomiais						
⁽¹⁾ Y= 3,307139+0,035774x-0,001424x ²			⁽²⁾ Y=25,835414-0,272911x			
⁽³⁾ Y=6,792750-0,035808x			⁽⁴⁾ Y=4,469390+0,234635x-0,008874x ²			

* 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 paraquat. Selvíria-MS, ano agrícola 2010/11.

SUBDOSES (g e.a. ha ⁻¹)	ÍNDICE SPAD	PRODUTIVIDADE (kg ha ⁻¹)
0,0	50,20	2687,75
4,8	46,35	2559,97
9,6	46,60	3101,08
14,4	48,90	3199,97
19,6	48,78	2915,53
24,0	47,03	2881,08
p>F (linear)	0,440	0,303
p>F (quadrática)	0,276	0,198
r ² (linear %)	5,09	21,26
r ² (quadrática %)	15,45	55,06

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