

## INFLUÊNCIA DO SILÍCIO SOBRE O CRESCIMENTO, A FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA A E NA INCIDÊNCIA DE INSETOS-PRAGAS EM GENÓTIPOS DE CACAU

*Carlos Alberto Spaggiari Souza<sup>1</sup>; Diego Guimarães Pinto<sup>2</sup>; Marco Antonio Galeas Aguilar<sup>1</sup>; Raisol Lemos Coelho<sup>2</sup>; Alcemar José Gasparini Júnior<sup>3</sup>; Jelber Rigato Cao<sup>2</sup>; Thiago Zorzanelli Braga<sup>2</sup>; Paulo Roberto Siqueira<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> CEPLAC/GERES/ESFIP, Linhares, Espírito Santo, Brasil. ceplacesfip@gmail.com; <sup>2</sup>Unilinhares, Avenida São Mateus 1458, 29901-396, Linhares, Espírito Santo, Brasil; <sup>3</sup>Professor da Faculdade Pitágoras, Linhares, Espírito Santo, Brasil

Os aspectos fisiológicos influenciados pelo silício e que condicionam reações de resistência a pragas ainda são pouco conhecidos no cacau. Objetivou-se avaliar o efeito do silício no crescimento, na cinética de emissão da fluorescência da clorofila e na incidência de insetos-praga em genótipos de *T. cacao*. O experimento foi instalado em campo na Estação Experimental Filogônio Peixoto (ESFIP/CEPLAC), Linhares-ES, no delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições, em arranjo fatorial 3x5, constituído de três genótipos (TSH 1188, Híbrido e CCN 51), três doses de silicato de potássio (1,5 mL/L, 3,0 mL/L e 12,0 mL/L) e um controle pulverizado com Parathion-metílico e outro com água. Foi avaliado o diâmetro do caule, o número de folhas, o índice de clorofila, a fluorescência da clorofila e o nível de dano foliar provocado por insetos-praga. O genótipo CCN 51 apresentou maior crescimento e eficiência fotoquímica quando comparado ao TSH 1188 e ao Híbrido. As doses de silicato de potássio aumentaram o diâmetro do caule no TSH 1188 e CCN 51 e a eficiência fotoquímica, já o menor nível de dano foliar ocorreu na dose 5,42 mL/L. A aplicação de silício mostra-se como fonte alternativa promissora ao uso de agroquímicos no cacau.

**Palavras-chave:** silicato de potássio, *Theobroma cacao*, nutrição mineral, Parathion-metílico.

**Influence of silicon on the growth, the fluorescence of the chlorophyll A and in the incidence of insect pests in cacao genotypes.** The physiological aspects influenced by the silicon and reactions that influence resistance to pests are still little known in the cocoa. The objective was to evaluate the effect of silicon on growth, the kinetics of fluorescence emission from chlorophyll in the incidence of insect pests in genotypes of *T. cacao*. The experiment was conducted in field at the Experimental Station Filogônio Peixoto (ESFIP/CEPLAC), Linhares-ES, in a randomized block design with four replications in a factorial arrangement 3x5, consisting of three genotypes (TSH 1188, Hybrid and CCN 51), three doses of potassium silicate (1,5 mL/L, 3,0 mL/L e 12,0 mL/L) and a control sprayed with Parathion-methyl and the other with water. We evaluated the stem diameter, leaf number, chlorophyll content, chlorophyll fluorescence and the level of leaf damage caused by insect pests. The genotype CCN 51 had higher growth and photochemical efficiency when compared to TSH 1188 and the Hybrid. The doses of potassium silicate increased stem diameter in TSH 1188 and CCN 51 and photochemical efficiency, the lowest level of leaf damage occurred at a dose 5,42 mL/L. The application of silicon shows promise as an alternative source to the use of agrochemicals in the cocoa.

**Key words:** potassium silicate, *Theobroma cacao*, mineral nutrition, Parathion-methyl.

## Introdução

O cacauieiro (*Theobroma cacao* L.) pode sofrer redução em sua produção tanto pelo ataque de insetos-praga quanto por fitopatógenos. Em relação aos danos provocados, as pragas mais graves são tripes, besouros, lagartas, pulgões entre outras, que destroem raízes, caules, folhas e frutos, afetando a fisiologia da planta e, conseqüentemente, prejudicando seu desenvolvimento e produção (Gramacho et al., 1992). Atualmente, o controle químico ainda é o mais utilizado no combate a esses insetos, no entanto, devido seu amplo espectro de ação, elevado custo na produção e a questão ambiental, há necessidade de buscar novas alternativas de controle menos danosas ao meio ambiente.

Sendo assim, entre os elementos minerais, o silício esta despertando bastante interesse na agricultura, principalmente após a sua inclusão como micronutriente na legislação de fertilizantes pelo Ministério da Agricultura (Brasil, 2004), pois tem proporcionado resultados promissores no controle de insetos-praga e doenças, sendo benéfico para várias culturas (Korndörfer et al., 2004). Além disso, tem promovido melhora na arquitetura da planta, aumento das taxas fotossintéticas e maior produtividade (Mauad et al., 2003), resultado do aumento da rigidez estrutural dos tecidos reduzindo desta forma a susceptibilidade ao acamamento (Barbosa Filho et al., 2000), regulando a evapotranspiração (Botelho et al., 2005) e aumentando a atividade radicular, promovendo a absorção de água e nutrientes, principalmente nitrogênio, fósforo e potássio (Lima Filho et al., 1999).

Entretanto, no caso do cacau, embora já existam algumas pesquisas utilizando silício, estas foram direcionadas no sentido de verificar o efeito desse elemento sobre doenças e não sobre insetos-praga. Por outro lado, os aspectos fisiológicos influenciados pelo silício e que condicionam reações de resistência a pragas ainda são pouco conhecidos. Sendo assim, a pesquisa teve como objetivo avaliar o efeito do silício sobre o crescimento, a cinética de emissão da fluorescência da clorofila *a* e na incidência de insetos-pragas em genótipos de *T. cacao*.

## Material e Métodos

O experimento foi instalado em condições de campo, sob um sistema agroflorestal constituído por pupunha e

cacaueiros, na Estação Experimental Filogônio Peixoto – ESFIP, pertencente à CEPLAC, localizada no município de Linhares, ES, Brasil (19°24'55"S e 40°03'53"W), com altitude média de 28 metros, precipitação anual de 1277 mm e temperatura média em torno de 23°C. O ensaio foi conduzido com mudas de cacau com aproximadamente 120 dias, plantadas em sacolas de polietileno de 28x15cm contendo substrato utilizado conforme recomendado pela ESFIP/CEPLAC, no traço 3:1:1 de terra, areia e esterco de curral, mais 700g de superfosfato simples.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, em arranjo fatorial 3 x 5, constituído de três genótipos: TSH 1188 (seminal), Híbrido comercial (seminal) e CCN 51 (clonal); três doses de silicato de potássio contendo 10% Si e 15% K<sub>2</sub>O (1,5 mL/L, 3,0 mL/L e 12,0 mL/L) e dois controles, um pulverizado com inseticida Parathion Metílico (Folisuper®) adotado como padrão de controle de pragas e outro com água para cada genótipo.

De cada tratamento foram realizadas quatro aplicações da solução com intervalos de 15 dias, aspergida via foliar com borrifador manual na face abaxial e adaxial, num total de 20 borrifadas por planta, equivalente a 11 mL de solução/planta até o ponto de escorrimento sem o uso de adjuvantes. Para aplicação do inseticida utilizou-se cinco borrifadas por planta (3,0 mL) conforme recomendado pelo fabricante.

As avaliações do crescimento do caule e do número de folhas foram realizadas no 10º e 90º dia após instalação do experimento em campo, obtendo-se assim, o incremento do diâmetro do caule e do número de folhas por planta. Avaliou-se o diâmetro do caule utilizando paquímetro de precisão realizando duas medições num ângulo de 90º na base do “colete”, já a contagem do número de folhas foi realizada manualmente.

Os parâmetros da fluorescência da clorofila *a* foram medidos na primeira folha completamente madura, a partir do ápice do ramo ortotrópico utilizando-se um fluorômetro portátil HandyPEA (Plant Efficiency Analyzer, Hanstech, King's Lynn, Norkfolk, UK). As folhas foram inicialmente adaptadas ao escuro por 30 minutos usando um clipe foliar e, em seguida, submetidas a um pulso saturante de luz vermelha de cerca de 3000 µmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> com duração de 5 segundos (pico de 650 nm). Foram avaliados os parâmetros de

fluorescência rápida: fluorescência inicial (Fo), fluorescência máxima (Fm), fluorescência variável (Fv) e eficiência fotoquímica do fotossistema II (Fv/Fm). Foram determinados também os parâmetros relacionados ao fluxo de energia por secção transversal pré-excitada (CS) do Fotossistema II (FSII), como absorção de energia luminosa (ABS/CS), captura de energia de excitação (TRo/CS), transporte de elétrons (ETo/CS), dissipação de energia (DIO/CS) e quantidade de centros de reação por secção transversal do FSII (RC/CSO).

A avaliação dos teores de clorofila total foi realizada com auxílio do clorofilômetro portátil SPAD – 502 (Minolta), na mesma folha onde foi avaliada a fluorescência, em cinco posições diferentes e os resultados foram expressos em índice de clorofila. Das cinco leituras, calculou-se a média por planta para cada folha amostrada com o próprio medidor.

Para determinação do nível de dano provocado por insetos-praga, foi realizada a contagem de folhas lesionadas por insetos mastigadores (*Colaspis sp.*, *Peosina mexicana*; *Sylepta prorrogata*) e atacadas por pulgões (*Toxoptera aurantii* B.) antes da primeira e após última aplicação dos tratamentos, obtendo-se assim o incremento do número de folhas atacadas por parcela. Os dados foram transformados em porcentagem antes de proceder à análise de variância.

Após as avaliações, submeteu-se os resultados às análises de variância e de regressão e as médias foram comparadas pelo teste Scott-Knott 5%, fazendo-se uso do sistema de análise estatístico SAEG (Euclides, 1983). Na análise de regressão, a escolha do modelo que melhor se ajustou aos dados foi baseada no maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ). Para o diâmetro do caule, fluorescência e nível de dano provocado por insetos-praga obtiveram-se os pontos de máximo calculando-se a derivada primeira das equações de regressão que foi igualada a zero e em seguida resolveu-se o sistema de equações obtidas.

## Resultados e Discussão

### Crescimento

Para os teores de clorofila total e incremento do número de folhas, foram observadas diferenças intergenotípicas ( $P < 0,05$ ), com destaque para o genótipo CCN 51 (Tabela 1). Esta diferença pode estar

Tabela 1 – Índice de clorofila total (média  $\pm$  erro padrão) e incremento do número de folhas (média  $\pm$  erro padrão) de três genótipos de *T. cacao*.

Genótipo	Variáveis	
	Índice de Clorofila Total	Nº de Folhas
TSH 1188	30,9 $\pm$ 1,11 B	0,70 $\pm$ 0,20 B
HIBRIDO	33,1 $\pm$ 1,10 B	0,80 $\pm$ 0,27 B
CCN 51	45,3 $\pm$ 1,02 A	4,41 $\pm$ 0,49 A

Médias seguidas por mesmas letras nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott 5%.

relacionada à sua constituição genética, pois é uma cultivar obtida por propagação vegetativa que apresenta ganhos genéticos obtidos por melhoramento, aumentando assim a velocidade de crescimento, floração e colheita, além disso, a propagação vegetativa permite a multiplicação de progênies obtidas pelos programas de melhoramento (Hartmann et al., 1997), mantendo assim uma população mais uniforme em termos fenotípicos e de desenvolvimento mais acelerado do que os genótipos seminais obtidos pelo melhoramento genético convencional.

Não foram observadas diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) entre as doses de silicato de potássio para o índice de clorofila total e incremento do número de folhas (Dados não apresentados), no entanto de acordo com Silva et al. (2003) em outras espécies vegetais, a aplicação do silício promove aumento nas concentrações de clorofila por unidade foliar, significando que a planta pode tolerar níveis baixos e mais altos de luz disponível.

Observou-se aumento quadrático no incremento do diâmetro do caule até a dose 6,0 mL/L de silicato de potássio no TSH 1188 e 7,3 mL/L no CCN 51, sendo que para o Híbrido ocorreu redução do crescimento com o aumento das doses. Porém, a partir da dose ótima houve decréscimo no diâmetro do caule para os respectivos genótipos (Figura 1).

Marschnner (1995), afirma que o silício pode estimular o crescimento e a produção vegetal através de várias ações como, formação de folhas mais eretas como consequência diminuição do auto-sombreamento, aumentando a produção de fotoassimilados devido ao incremento nas taxas fotossintéticas. Do mesmo modo Neri et al. (2009) verificaram que plantas de milho

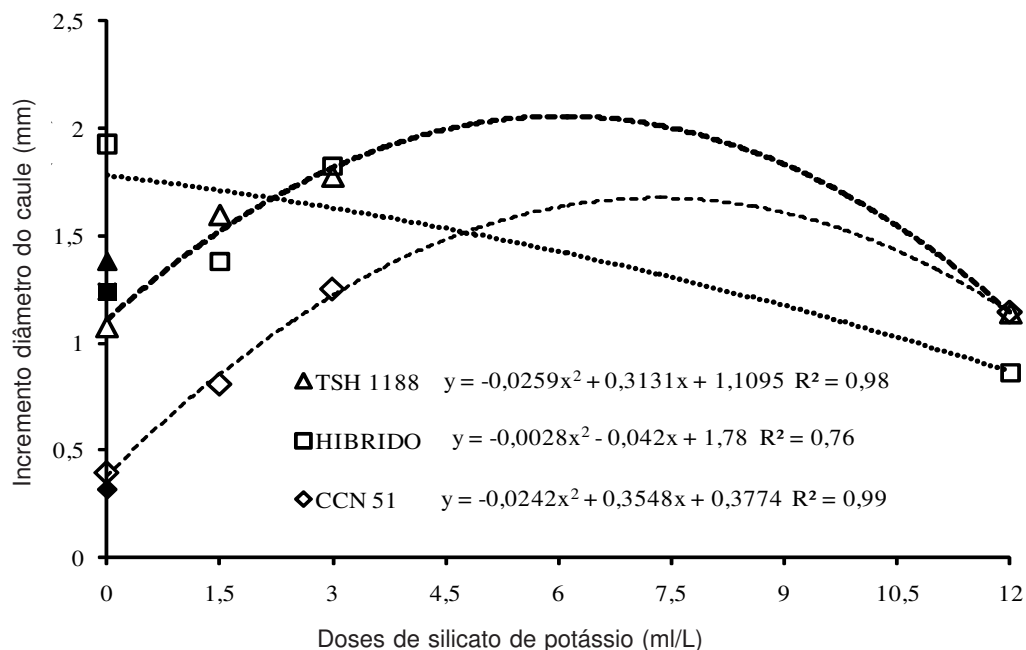


Figura 1 – Incremento do diâmetro do caule de três genótipos de *T. cacao* em função de diferentes doses de silicato de potássio. (▲) Representa a média do Inseticida Parathion Metílico para TSH 1188, (■) Híbrido e (◆) CCN 51.

tratadas com silício apresentaram maior diâmetro do caule do que as não tratadas com esse elemento, o que promove o fortalecimento da estrutura da planta.

#### Fluorescência da clorofila *a*

O genótipo CCN 51 apresentou significativamente ( $P < 0,05$ ) menor fluorescência inicial ( $F_o$ ) quando comparado ao TSH 1188 e Híbrido (Tabela 2). De acordo com Krause e Weis (1991), a fluorescência inicial ( $F_o$ ) é definida como a intensidade de fluorescência quando todos os centros de reação do fotossistema II (FS II) estão abertos. No entanto,

considerando que a fluorescência inicial ( $F_o$ ) expressa inversamente o potencial máximo do uso da energia de excitação no processo fotoquímico (Bolhàr-Nordenkamp e Öquist, 1993) os baixos valores de  $F_o$  do CCN 51, indicam um melhor aproveitamento de energia luminosa para realização das atividades fotossintéticas, ao contrário dos valores elevados de  $F_o$  nos genótipos seminais.

A fluorescência máxima ( $F_m$ ), definida como a intensidade máxima de emissão de fluorescência em que todos os centros de reação do FSII estão abertos (Baker e Rosenqvist, 2004), não apresentou

Tabela 2 – Parâmetros de emissão fluorescência rápida (média  $\pm$  erro padrão) em três genótipos de *T. cacao*. Fluorescência inicial ( $F_o$ ), Fluorescência máxima ( $F_m$ ), Fluorescência variável ( $F_v$ ) e Razão  $F_v/F_m$ .

Genótipo	Variáveis			
	$F_o$	$F_m$	$F_v$	$F_v/F_m$
TSH 1188	923,9 $\pm$ 42,05 A	3332,4 $\pm$ 52,38 A	2408,6 $\pm$ 77,11 B	0,717 $\pm$ 0,016 B
HIBRIDO	886,8 $\pm$ 31,44 A	3401,4 $\pm$ 38,45 A	2514,7 $\pm$ 57,70 AB	0,736 $\pm$ 0,011 B
CCN 51	715,9 $\pm$ 14,75 B	3356,9 $\pm$ 46,50 A	2641,1 $\pm$ 44,68 A	0,786 $\pm$ 0,004 A

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott- Knott 5%.

comportamento significativo entre os genótipos, ao contrário da fluorescência variável (Fv), diferença entre Fm e Fo, que distinguiu-se entre os genótipos, com destaque para o clone CCN 51 (Tabela 2).

Bacarin e Mosquim (2002), também encontraram valores similares de Fm em dois genótipos de feijoeiro, podendo estar relacionados à semelhança de distribuição da energia entre os complexos coletores de luz do FSII, centros de reação e o aceptor final do FSII dos genótipos, podendo caracterizar possíveis diferenças entre materiais genéticos. Krause e Winter (1996) também afirmam que o decréscimo no valor de Fm pode indicar a existência de danos nos centros de reação do FSII associados com a diminuição na capacidade de transporte fotossintético de elétrons.

A razão entre a fluorescência variável e a máxima (Fv/Fm) expressa a eficiência quântica máxima de transporte de elétrons através do FSII, quando todos os centros de reação do FSII estão abertos (Krause e Weis, 1991), sendo utilizada para detectar perturbações no sistema fotossintético causada por estresses

ambientais e bióticos, de modo que a diminuição deste parâmetro indica inibição da atividade fotoquímica da planta. A eficiência do fotossistema II (Fv/Fm), foi estatisticamente maior para o clone CCN 51 (Tabela 2), esses resultados evidenciam um melhor aproveitamento de energia luminosa para realização das atividades fotossintéticas, indicando que este genótipo possui a maquinaria fotossintética mais eficiente do que o TSH 1188 e Híbrido, o que possibilita a este genótipo uma maior disponibilidade de fotoassimilados para as rotas envolvidas na defesa contra insetos e patógenos. Além disso, o aumento de Fv/Fm neste genótipo pode estar relacionado aos elevados teores de clorofila (Tabela 1), pigmentos estes responsáveis pela captação da radiação luminosa, necessária aos processos fotoquímicos. Em sorgo (Peixoto et al., 2002), citros (Pereira et al., 2000) e trigo (Moustakas et al., 1997), comparando cultivares tolerantes e sensíveis ao alumínio também verificaram reduções significantes de Fv/Fm nas plantas sensíveis a este elemento.

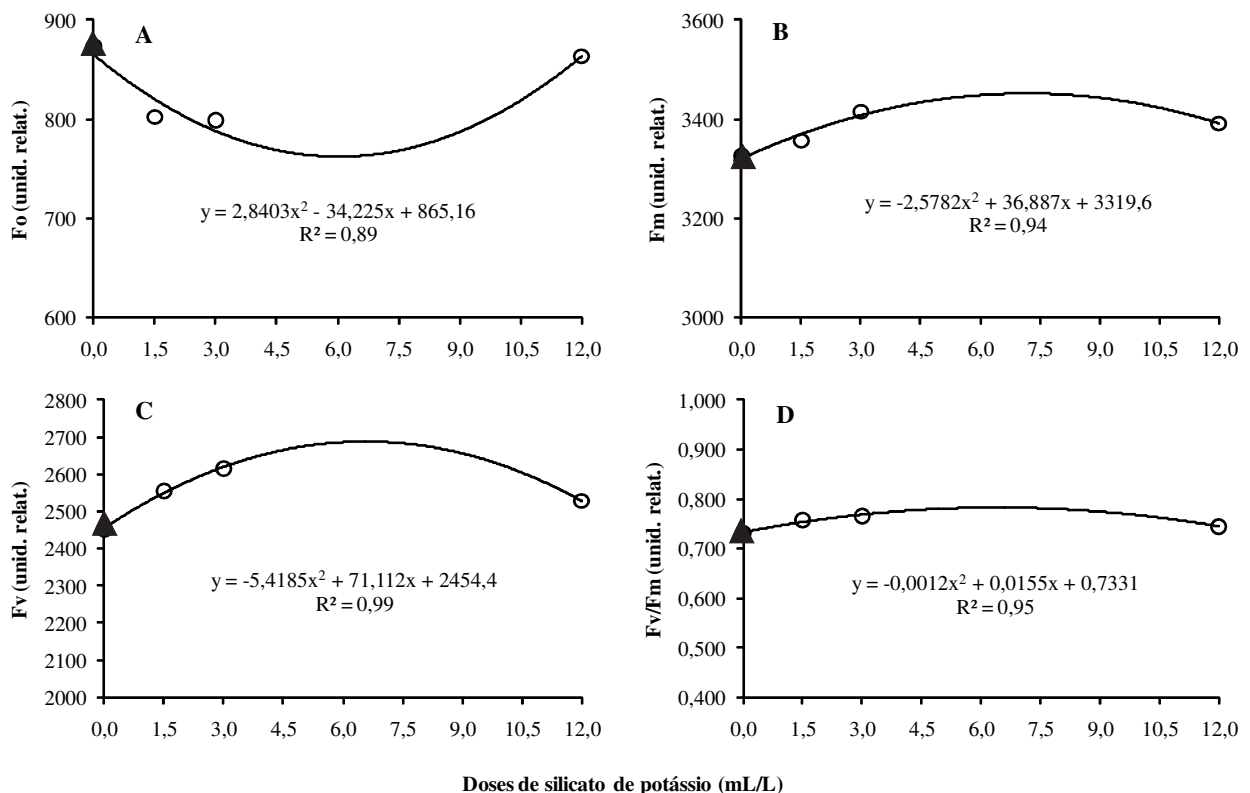


Figura 2 – Parâmetros de emissão de fluorescência da clorofila em função das doses de silicato de potássio. (A) Fluorescência inicial (Fo), (B) Fluorescência máxima (Fm), (C) Fluorescência variável (Fv) e (D) Razão Fv/Fm. (▲) Representa a média do Inseticida Parathion Metílico.



Para as doses de silicato de potássio (Figura 2 A), o melhor aproveitamento de energia de excitação ( $F_o$ ) estimado pela equação de regressão, ocorreu na dose 6,0 mL/L de silicato de potássio, sendo cerca de 12% maior em relação à testemunha e ao Parathion Metílico, no entanto a partir desta dose, a eficiência na captação de luz passou a ser reduzida, elevando  $F_o$ , indicando inativação do FSII ou a inibição da transferência da excitação dos complexos antenas ao centro de reação pela dose elevada de silício (12,0 mL/L).

Para os valores de fluorescência máxima ( $F_m$ ), a dose 7,15 mL/L conferiu cerca de 4% de diferença em relação aos controles (Figura 2 B), já a dose 6,5 mL/L apresentou aumento de 9,3 e 6%, para os parâmetros  $F_v$  e  $F_v/F_m$ , respectivamente, em relação aos controles (Figura 2 (C) e (D)).

Cassol, Falqueto e Bacarin (2007) verificaram que a adição de nitrogênio em cultivares de arroz também causou um aumento na eficiência de captação da energia luminosa e na eficiência quântica do fotossistema II. Em contrapartida Madeiros et al. (2008), observaram que a aplicação de silício não inferiu diferenças significativas na eficiência quântica máxima do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ) em cinco cultivares de algodão.

Do total de fluxo de fótons absorvidos pelos pigmentos do complexo antena (ABS), parte da energia de excitação é dissipada na forma de calor e na emissão de fluorescência. Outra parte é canalizada como fluxo de captura (TRo) para o centro de reação (RC) e é, então, convertida em energia redox, mediando o transporte de elétrons (ETo) que leva finalmente a fixação de  $CO_2$  (Strasser e Strasser, 1995).

Na Tabela 3, percebe-se que não há diferença entre o número de centros de reação (RC/CSO) dos diferentes genótipos, entretanto, para taxa de captura de elétrons (TRo/CS), absorção (ABS/CS) e dissipação da energia

luminosa (DIO/CS) os menores valores foram observados para o genótipo CCN 51, mostrando que, apesar da baixa absorção e de uma menor captura de energia pelo FSII, a sua dissipação é baixa, possibilitando elevada eficiência fotoquímica do FSII ( $F_v/F_m$ ) (Tabela 2). A maior probabilidade de transporte de elétrons excitados (ETo/CS) também foi encontrado neste genótipo.

Tais resultados mostram que ao contrário do CCN 51, mudas seminais do TSH 1188 e do Híbrido possuem baixo aproveitamento de energia pelo FSII o que pode interferir na eficiência fotossintética destes genótipos, conseqüentemente influenciando no crescimento e na redução da produção de metabólitos de defesa contra insetos. Zamperlini et al. (2008) comparando três cultivares de abacaxi observaram que nas cultivares "Pérola" e "Gold", mesmo com alta absorção e captura de energia pelo FSII, grande parte dessa energia era dissipada, resultando em baixo desempenho de seu aparato fotossintético.

As dosagens de silicato de potássio não apresentaram resultados significativos entre a maioria dos parâmetros fluxo de energia por secção transversal pré-excitada do FSII: captura (TRo/CS), transporte de elétron (ETo/CS), absorção (ABS/CS), número de centros de reação ativos (RC/CSO) quando comparados ao testemunha e ao Parathion Metílico. No entanto, com base na derivação da equação, a menor dissipação de energia luminosa (DIO/CS) ocorreu para a dose 6,4 mL/L (Figura 3), indicando aumento da eficiência no aproveitamento da energia absorvida pelos centros de reação do FSII para realização da etapa fotoquímica nesta dose. Force, Critchley e Van Rensen (2003) também sugerem que menores taxas de TRo/CS podem implicar na dissipação da energia absorvida indicando algum estresse. No entanto, como observado

Tabela 3 – Parâmetros de fluxo de energia por secção transversal pré-excitada do FSII (média  $\pm$  erro padrão) em três genótipos de *T. cacao*. Captura de energia de excitação (TRo/CS), absorção de energia luminosa (ABS/CS), dissipação de energia (DIO/CS), transporte de elétron (ETo/CS), número de centros de reação por secção transversal do FSII (RC/CSO).

Genótipos	Variáveis				
	TRo/CS	ABS/CS	DIO/CS	ETo/CS	RC/CSO
TSH 1188	644,8 $\pm$ 15,26 A	923,9 $\pm$ 42,05 A	278,9 $\pm$ 29,75 A	145,2 $\pm$ 11,95 B	242,7 $\pm$ 3,77 A
HIBRIDO	642,1 $\pm$ 12,89 A	886,8 $\pm$ 31,45 A	244,6 $\pm$ 19,30 A	158,5 $\pm$ 09,04 B	242,8 $\pm$ 3,45 A
CCN 51	559,2 $\pm$ 08,61 B	715,9 $\pm$ 14,75 B	156,6 $\pm$ 06,82 B	197,6 $\pm$ 05,82 A	243,9 $\pm$ 2,50 A

Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott 5 %.

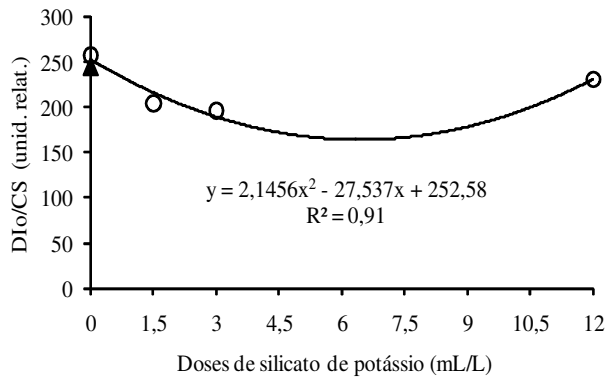


Figura 3 – Dissipação de energia (DIO/CS) por secção transversal pré-excitada do FSII em função das doses de silicato de potássio. (▲) Representa a média do Inseticida Parathion Metílico.

aqui neste experimento a aplicação de silicato de potássio, não proporcionou diferenças na captura de energia, mas redução da dissipação de energia até dose 6,0 mL/L.

### Incidência de insetos-praga

Independente da dose de silicato de potássio aplicada verificou-se diferenças intergenotípicas em relação ao número de folhas atacadas, sendo que o clone CCN 51 apresentou uma redução significativa ( $P > 0,05$ ) nos valores dessa variável quando comparada com os demais genótipos (Figura 4).

Essa maior resistência e/ou tolerância a insetos apresentada pelo cultivar CCN 51 pode estar relacionada a fatores genéticos, pois a propagação vegetativa ou clonagem constitui uma estratégia mais rápida e seletiva de melhoramento para se canalizar 100% de ganho do patrimônio genético mantendo assim a integridade do genótipo dos indivíduos clonados (Dias, 2001). Já para os genótipos seminais, o aumento do nível de dano foliar, deve-se ao processo fecundação cruzada onde os genes se segregam independentemente, desse modo pode haver a não expressão das características de resistência a pragas e a outros estresses. Por outro lado, embora a resistência e tolerância a estresses sejam geneticamente governadas, estas também podem ser influenciadas pelo estado nutricional da planta (Polanczyk et al., 2008), o que foi verificado neste trabalho para a maioria das variáveis fisiológicas avaliadas que foram superiores no clone CCN 51.

Com relação às doses, a porcentagem de folhas atacadas por parcela decresceu com o aumento das doses de silicato de potássio, até a dose de 5,42 mL/L (Figura 5). A partir desta dose, a aplicação deste mineral não apresentou efeito positivo na redução dos danos foliares. Os mecanismos pelos quais o silício pode conferir resistência a insetos pode estar relacionada à formação de uma barreira estrutural, devido à associação da sílica à parede celular, constituindo assim uma barreira física à penetração de patógenos e ataque de insetos-praga (Rodrigues et al., 2003). Além disso, o silício pode também ativar enzimas responsáveis pela síntese de compostos de defesa da planta, com ação

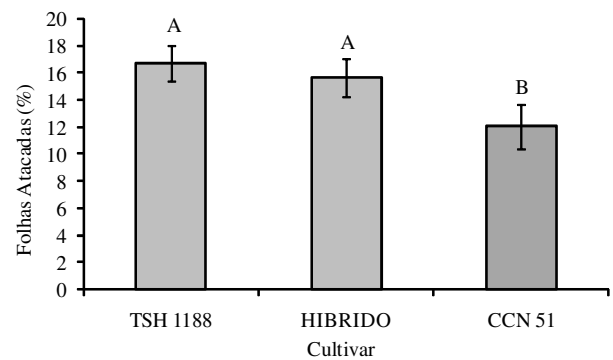


Figura 4 – Porcentagem de folhas atacadas por insetos-praga em função dos genótipos estudados. Médias seguidas por mesmas letras maiúsculas não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott 5 %. Barras verticais nos valores médios representam o erro-padrão da média.

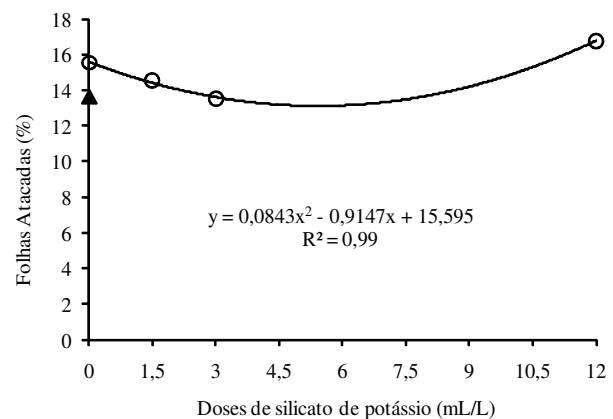


Figura 5 – Porcentagem de folhas atacadas por insetos-praga em função das doses de silicato de potássio testadas. (▲) Representa a média do inseticida Parathion Metílico.

antibiótica e de repelência, diminuindo assim a preferência por estes insetos (Samuels et al., 1991).

Analisando o efeito do inseticida Parathion Metílico, não houve diferença significativa entre a dose 6,0 mL/L e o mesmo, no entanto, o silício é um elemento natural não tóxico ao homem que permite o surgimento dos inimigos naturais, já os inseticidas apresentam amplo espectro de ação, quando aplicados indiscriminadamente podem provocar o surgimento de biótipos resistentes, o desaparecimento dos inimigos naturais, como consequência maior número de aplicações e doses mais altas, ocasionando um maior impacto ao meio ambiente e ao homem (Costa et al., 2007).

### Conclusões

A aplicação de silício mostra-se como fonte alternativa promissora ao uso de agroquímicos no cacau, uma vez que proporciona aumento no crescimento, na eficiência fotoquímica da planta e reduz os danos provocados por insetos-pragas. No entanto, torna-se necessária a condução de novas pesquisas, para se obterem subsídios que possam viabilizar ou não, a recomendação do silício no controle de insetos-pragas no cacau.

### Literatura citada

- BACARIN, M. A.; MOSQUIM, P. R. 2002. Cinética de emissão de fluorescência das clorofilas de dois genótipos de feijoeiro. *Ciência e Agrotecnologia* 26 (4): 705 - 710.
- BAKER, N. R.; ROSENQVIST, E. 2004. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. *Journal Experimental of Botany* 55: 1607-1621.
- BARBOSA FILHO, M. P. et al. 2000. Importância do silício para a cultura do arroz (uma revisão de literatura). *Informações Agronômicas*, Piracicaba, 89: 1-8.
- BOLHÀR-NORDENKAMPF, H. R.; OQUIST, G. 1993. Chlorophyll fluorescence as a tool in photosynthesis research. In Hall, D. O. et al. Photosynthesis and production in a changing environment: a field and laboratory manual. London, Chapman & Hall. pp. 193-206.
- BOTELHO, D. M. S. et al. 2005. Intensidade da cercosporiose em mudas de cafeeiro em função de fontes e doses de silício. *Fitopatologia Brasileira* 30 (6): 582 – 588.
- BRASIL. Decreto nº 2954. 2004. Aprova o regulamento da lei 6894 de 16 de janeiro de 1980, que dispõe sobre inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura, e da outras providências. *Normas Jurídicas (Texto Integral)* – DEC 4954, 14 jan., 27p.
- CASSOL, D.; FALQUETO, A. R.; BACARIN, M. A. 2007. Influência da adubação nitrogenada nas características da fluorescência da clorofila em Arroz. *Revista Brasileira de Biociências* 5(2): 573 - 575.
- COSTA, R. R., MORAES, J. C., ANTUNES, C. S. 2007. Resistência induzida em trigo ao pulgão *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) (Hemiptera: Aphididae) por silício e acibenzolar-s-methyl. *Ciência e Agrotecnologia (Brasil)* 31(2): 393 - 397.
- DIAS, L. A. S. 2001. Melhoramento genético do cacau. Viçosa, Funape. 578p.
- EUCLYDES, R. F. 1983. Manual de utilização do programa SAEG (Sistema para análises estatística e genética). Viçosa, Universidade Federal de Viçosa. 59p.
- FORCE, L.; CRITCHLEY, C.; VAN RENSEN, J. J. S. 2003. New fluorescence parameters for monitoring photosynthesis in plants. 1: The effect of illumination on the fluorescence parameters of the JIP-test. *Photosynthesis Research* 78: 17 - 33.
- GRAMACHO, I. C. P. et al. 1992. Cultivo e beneficiamento do cacau. Ilhéus, CEPLAC – MAPA. pp. 66-73.
- HARTMANN, H.T. et al. 1997. Plant propagation: principles and practices. 6.ed. New Jersey, Prentice-Hall. pp.276-501.



- KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; CAMARGO, M.S. 2004. Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura. 3ed. Uberlândia, GPSi/ICIAG/UFU. Boletim Técnico nº1. 23p.
- MADEIROS, L. B.; et al. 2005. Fisiologia do algodoeiro herbáceo submetido à adubação silicatada. *In*: Congresso Brasileiro de Algodão, 5º. Salvador - BA.
- KRAUSE, G. H.; WINTER, K. 1996. Photoinhibition of photosynthesis in plants growing in natural tropical forest gaps: a chlorophyll fluorescence study. *Botanica Acta* 109 (6): 456 - 462.
- KRAUSE, G. H.; WEIS, E. 1991. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 42: 313 - 349.
- LIMA FILHO, O. F. de; LIMA, M. T. G.; TSAI, S. M. 1999. O Silício na Agricultura. Piracicaba, POTAFOS, Informações agronômicas nº 87. pp.1-7.
- MARSCHNER, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2ed. London, Academic Press. 889p.
- MAUAD, M. et al. 2003. Teores de silício no solo e na planta de arroz de terras altas com diferentes doses de adubação silicatada e nitrogenada. *Revista Brasileira de Ciência e Solo* 27(5): 867 - 873.
- MOUSTAKAS, M.; ELEFTHERIOU, E.P.; OUZOUNIDOU, G. 1997. Short-term effects of aluminum at alkaline pH on the structure and function of the photosynthetic apparatus. *Photosynthetica* 34: 169 - 177.
- NERI, D. K. P. et al. 2009. Influência do silício na suscetibilidade de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) ao inseticida lufenuron e no desenvolvimento de plantas de milho. *Ciência Rural* (Brasil) 39(6): 1633 - 1638.
- PEIXOTO, P. H. P.; DA MATTA, F. M.; CAMBRAIA, J. 2002. Responses of the photosynthetic apparatus to aluminum stress in two sorghum cultivars. *Journal of Plant Nutrition* 25: 821 - 832.
- PEREIRA, W. E. et al. 2000. Gas exchange and chlorophyll fluorescence in four citrus rootstocks under aluminium stress. *Journal of Plant Physiology* 157: 513 - 520.
- POLANCZYK, R. A. et al. 2008. Indução de resistência à Mosca minadora em crisântemo usando composto silicatado. *Horticultura Brasileira* 26(2): 240 - 243.
- RODRIGUES, F. A. et al. 2003. Ultrastructural and cytochemical aspects of silicon-mediated rice blast resistance. *Phytopathology* 93: 535 - 546.
- SAMUELS, A. L. et al. 1991. Mobility and deposition of silicon in cucumber plants. *Plant, Cell and Environment* 14: 485 - 492.
- SILVA, U. C. DA et al. 2003. Eficiência de fungicidas orgânicos e silício em feijoeiro, para controle de oídio, mancha angular, antracnose. *Revista Ecosistema* (Brasil) 28(1,2).
- STRASSER, B. J.; STRASSER, R. J. 1995. Measuring fast fluorescence transients to address environmental questions: The JIP-test. *In* Mathis, P. Photosynthesis: from light to biosphere, V. The Netherlands, Kluwer Academic Publishers. pp.977-980.
- ZAMPERLINI, G. P. et al. 2008. Estudo da eficiência fotossintética em três cultivares de abacaxizeiro (*Ananas comocus* L. Merrill). *In*: Congresso Brasileiro de Fruticultura. 20º. Vitória/ES.