

ABSORÇÃO DE SILÍCIO E INCIDÊNCIA DE BROCA-DO-COLMO EM DUAS SOQUEIRAS DE VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR

SILICON ABSORPTION AND STALK BORER INCIDENCE BY SUGARCANE VARIETIES IN TWO RATOONS

Mônica Sartori de CAMARGO¹; Gaspar Henrique KORNDÖRFER²; Dulcinéia Elizabete FOLTRAN³

1. Pesquisador Científico, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios – APTA, Pólo Centro Sul, Piracicaba, SP, Brasil. mscamarg@yahoo.com.br; 2. Professor Titular, Instituto de Ciências Agrárias – ICIAG, Universidade Federal de Uberlândia, MG, Brasil, Bolsista de Produtividade do CNPQ; 3. Pesquisador Científico, APTA - Pólo Centro Sul/UPD de Tietê, Tietê, SP, Brasil.

RESUMO: Embora estudos sobre silício (Si) e cana-de-açúcar tenham sido realizados no Brasil há várias décadas, ainda são escassas as informações sobre sua absorção pela parte aérea de variedades de cana-de-açúcar e se há associação com danos da broca *D. saccharalis* em condições de campo. O objetivo deste estudo foi avaliar a absorção da parte aérea (folha + colmo) e a incidência da broca-do-colmo de variedades em duas soqueiras de cana-de-açúcar. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições, sendo avaliadas nove variedades (IAC 86-2480, IAC 91-1099, IAC 87-3396, IACSP 94-4004, IACSP 93-6006, IACSP 93-3046, IACSP 94-2094, IACSP 94-2101, RB 86-7515) cultivadas em solo com alto teor de Si (Argissolo Vermelho Amarelo). Foram avaliados o teor de Si na folha +1 (primeira com aurícula visível) e, na colheita, a produtividade de colmos, absorção de Si pela parte aérea (palha + colmo) e incidência de broca-do-colmo. A variedade IAC 91-1099 apresentou maior produtividade de colmos (123.6 e 106.1 t ha⁻¹), absorção de Si na parte aérea (165.6 e 240.9 kg ha⁻¹) e nas folhas diagnósticas (15.2 e 17.9 g kg⁻¹ Si) e menor incidência de broca (3.7 e 5.8%) nas primeira e segunda soqueiras, respectivamente. A absorção de Si média de todas as variedades, pela parte aérea das soqueiras de cana-de-açúcar foi reduzida para 44% da obtida na cana-planta. O menor teor de Si na folha +1 (primeira com aurícula visível) aos 6 meses foi relacionado com maior incidência de *D. saccharalis* para IAC 94-4004.

PALAVRAS-CHAVE: Nutrição. Diagnose foliar. Elemento benéfico. *Diatraea saccharalis*.

INTRODUÇÃO

A relevância econômica da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) é inegável para o Brasil, que é o maior produtor mundial, tendo alcançado 560 milhões de toneladas na safra 11/12 (CONAB, 2013). Dentre os estados produtores, São Paulo é destaque em produtividade, que tem sido crescente ao longo dos anos devido a vários fatores, especialmente, à obtenção de novas variedades.

Uma característica peculiar da cana-de-açúcar é a alta absorção de silício (Si), sendo considerada acumuladora desse elemento. Seus teores variam entre os órgãos, sendo maiores nas folhas que nos colmos (KEEPING; MEYER, 2006; KEEPING et al., 2009; BERTHELSEN et al., 1999). Ao final do seu ciclo (12 meses), a absorção de Si pela parte aérea pode atingir valores entre 307 kg ha⁻¹ e 500 kg ha⁻¹ Si (SAMUELS, 1967; ROSS et al., 1974; SAVANT et al., 1999), valores maiores que nitrogênio, mostrando sua relevância na composição dessa planta.

Embora esse elemento não seja considerado um nutriente, inúmeros estudos tem mostrado os benefícios do Si podem promover para a cultura da cana-de-açúcar (EPSTEIN, 2009) devido à sua

deposição na epiderme das folhas para formar uma dupla camada de cutícula e sílica, nos tecidos vasculares e nos colmos (ELAWAD; GREEN, 1979; EPSTEIN, 2009; KEEPING; MEYER, 2006). Sua absorção proporciona melhoria da arquitetura da planta e da capacidade fotossintética (CHEONG, 1982; ELAWAD et al., 1982), redução do estresse hídrico (HATTORI et al., 2005) e da incidência de doenças e pragas, especialmente insetos herbívoros (GOUSSAIN et al., 2002; KEEPING et al., 2009).

A análise da folha +1 (primeira com aurícula visível) é um ótimo indicador do teor dos nutrientes e do Si, sendo que o nível crítico é 10 g kg⁻¹ Si (ANDERSON; BOWEN, 1992). Estudos recentes feitos com solos orgânicos na Flórida (Mc GRAY et al., 2010) e em solos com textura arenosa a argilosa na Austrália (BERTHELSEN et al., 2003) obtiveram valores de, respectivamente, 6 e 5,3 g kg⁻¹ Si na folha +1, sendo estes menores aos teores obtidos por Anderson e Bowen (1992). Entretanto, poucos são as informações para variedades de cana-de-açúcar em solos tropicais como o de Korndörfer et al. (2000), trabalhando com solo arenoso, mostraram que os teores de Si nas folhas+3 foram 7; 10,4; 11,4 g kg⁻¹ de Si para RB72-454, SP79-1011 e SP71-6163, respectivamente. Mais tarde, Rocha et

al. (2011) obtiveram teores inferiores a 5 g kg^{-1} Si na cana planta e superiores a 5 g kg^{-1} Si nas folhas+1 para IAC 87-3396 e SP 89-1115 cultivados em solo com baixo teor de Si. As diferenças entre os teores obtidos nas pesquisas estão relacionadas, além das variedades, ao teor de Si no solo e ao tipo de folha amostrada.

As variedades de cana-de-açúcar podem apresentar, também, diferenças na absorção de Si ao final do ciclo nas folhas (DEREN et al., 1993; KORNDÖRFER et al., 2000) e nos colmos (KEEPING; MEYER, 2002). Essas diferenças entre variedades na absorção de Si pelas folhas diagnósticas e ao final do ciclo (folhas e colmos) poderiam estar correlacionadas com resistência ao ataque de pragas, conforme confirmaram Keeping et al. (2009). Esses autores mostraram que variedades resistentes à broca *Eldana saccharina* apresentaram maior absorção de Si na folha e no colmo sem aplicação desse elemento (KEEPING; MEYER, 2006; KVEDARAS; KEEPING, 2007).

Na maioria da área cultivada com cana-de-açúcar no Brasil, a broca-do-colmo *Diatraea saccharalis*, que é da mesma família da *E. saccharina*, tem causado prejuízos aos produtores, sendo que 1% de broca tem a capacidade de reduzir 1,5% da produção (ARRIGONI, 2002). O seu controle pode ser feito com variedades resistentes e controle biológico, porém, informações sobre susceptibilidade ou resistência de variedades novas ainda é escassa (DINARDO-MIRANDA et al., 2012). Recentemente, Dinardo-Miranda et al. (2002), avaliando a preferência de oviposição de *D. saccharalis*, observaram que as variedades IACSP 94-2101, IACSP 94-2042 e IACSP 94-2094 apresentaram maiores resistências ao ataque do inseto. Esses autores também mostraram que ao final do experimento realizado em vasos, a porcentagem de broca foi maior para IACSP 94-4004 (73%), enquanto IACSP94-2094, IAC 91-1099, IAC87 3396 e 3046 apresentaram valores de 17,8%; 34,9%, 36 e 37,8%, respectivamente. A redução dos danos de *D. saccharalis*, em estudo em vaso, foi verificada com aumento da absorção de Si pela cultura da cana-de-açúcar (ELAWAD et al., 1982). É possível que variedades com maior capacidade de acumulação de silício apresentem danos menores de *D. saccharalis* à exemplo do que ocorre com a broca da África do Sul, *E. saccharina* (KEEPING et al., 2009).

Entretanto, poucos são os trabalhos sobre absorção de Si de variedades de cana-de-açúcar e sua associação com danos de *D. saccharalis* em condições de campo durante seu ciclo com exceção de alguns trabalhos como o de Keeping et al. (2012)

para *E. saccharina*. Considerando a relevância e escassez de informações sobre o assunto, o objetivo deste estudo foi avaliar a absorção de silício e a incidência da broca-do-colmo em nove variedades de cana-de-açúcar em duas soqueiras.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em duas soqueiras de cana-de-açúcar (safra 2008/2009 e 2009/2010) cultivadas em um ARGISSOLO VERMELHO AMARELO no município de Tietê, São Paulo. Esse solo foi escolhido por conter teor de alto, conforme classificação de Berthelsen et al. (2002). Foi realizada a amostragem de solo na camada de 0-25 cm e as características químicas foram as seguintes: pH (CaCl_2)=5,0; matéria orgânica (g dm^{-3})=12; Si-ácido acético $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ (AA) e CaCl_2 $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ Si (mg kg^{-1} Si) = 27,5 e 11,5; P resina (mg dm^{-3})=20; K, Ca, Mg, CTC ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$)=4,4; 17; 12; 61,4, respectivamente; saturação por bases = 54 %.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições, sendo avaliadas nove variedades (IAC 86-2480; IAC 91-1099; IAC 87-3396; IACSP 94-4004; IACSP 93-6006; IACSP 93-3046; IACSP 94-2094; IACSP 94-2101; RB 86-7515), provenientes dos programas de melhoramento do IAC (IAC), Centro de Tecnologia Canavieiro, antigo Coopersucar (SP) e Ridesa (RB).

A escolha das variedades foi baseada nas suas características de produtividade média a alta, materiais novos de recente lançamento (Tabela 1) e/ou resistência à broca-do-colmo *D. saccharalis*. Dentre elas, IAC87-3396 (LANDELL et al., 1997) e IAC 93-6006 apresentam resistência moderada a broca-do-colmo. A 'RB 86 7515' (MARQUES; SILVA, 2008) foi escolhida por ser a mais plantada no Centro Sul (Conab, 2012), além da sua rusticidade e adaptabilidade a vários tipos de solos. As variedades IACSP94-4004, IACSP93-3046 e IAC94-2094 e IACSP94-2101 são altamente produtivas, rústicas e IAC86-2480 é para uso como cana forrageira e pouco rústica (LANDELL, 2002).

Antes da instalação desse estudo, ocorreu o plantio da cana-planta em março de 2007, utilizando-se 600 kg ha^{-1} da fórmula 4-30-16 (N-P₂O₅-K₂O) no sulco e 600 kg ha^{-1} da fórmula 20-05-15 (N-P₂O₅-K₂O) em cobertura. Após a colheita da cana-planta (21/07/08), o presente estudo foi iniciado, sendo aplicados em cobertura 115 kg ha^{-1} de nitrogênio na forma de uréia(45% N) e 90 kg ha^{-1} de K₂O na forma de cloreto de potássio (60% K₂O) nas duas soqueiras. Cada parcela constituída de quatro linhas de oito metros, espaçadas de 1,4m, conforme descrito por Camargo et al. (2010).

Tabela 1. Características das variedades utilizadas no experimento.

Cultivar	Origem	Ambiente de Produção	de Produtividade	Rústica	Colheita
IACSP 93-3046	Jaú	A2-C2	Alta	Sim	Jun-ago.
IACSP 93-6006	Assis	B2-D2	Alta	----	Mai-ago
IACSP 94-4004	Mococa	A1-C2	Alta	----	Jul-out.
IAC 87-3396	Jaú	C1-D2	Média	Sim	Jun-set.
IAC 91-1099	Piracicaba	A2-D2	Muito alta	----	Jun-ago.
IAC 86-2480	Ribeirão Preto	A-B	Alta	Não	Mai-nov.
IACSP 94-2094	Ribeirão Preto	C1-E1	Média	----	Jun-nov.
IACSP 94-2101	Ribeirão Preto	A1-C1	Alta	----	Jun-nov
RB 86-7515	----	C-E	Alta	Sim	Jun-set.

Adaptado de Landell et al. (2002); Landell et al. (1997); Landell et al. (2005), Marques e Silva (2008).

Aos 6 meses após a brotação das soqueiras foram amostradas folhas +1 (primeira com aurícula visível-TVD) de dez plantas em cada parcela, retirando-se os 20 cm centrais da folha+1 sem nervura, que é o padrão utilizado para avaliação desse elemento na cana-de-açúcar (ANDERSON; BOWEN, 1992).

Após a colheita da parte aérea da primeira (21/07/09) e segunda soqueira (05/10/10), as plantas foram divididas em palha (folha + palmito) e colmos. A produção de colmos foi efetuada pela pesagem de 4 m lineares de cada parcela, realizando-se a estimativa de peso por meio de biometria. Para avaliação da incidência (I) de broca-

da-cana foi feita a contagem de número de entrenós totais (T) e atacados (A), utilizando, posteriormente, a fórmula: $I (\%) = (A/T) * 100$. Nessa ocasião, também foram avaliados os teores de fibra da cana (Consecana, 2006), utilizando-se 10 colmos por parcela. O material vegetal foi seco, pesado e moído, sendo realizada a determinação do Si (ELLIOTT; SNYDER, 1991). A pluviosidade e temperaturas média mensal durante a cana-planta e soqueiras foram registrados mensalmente em estação metereológica localizada dentro da fazenda experimental, onde foi realizado esse estudo (Figura 1).

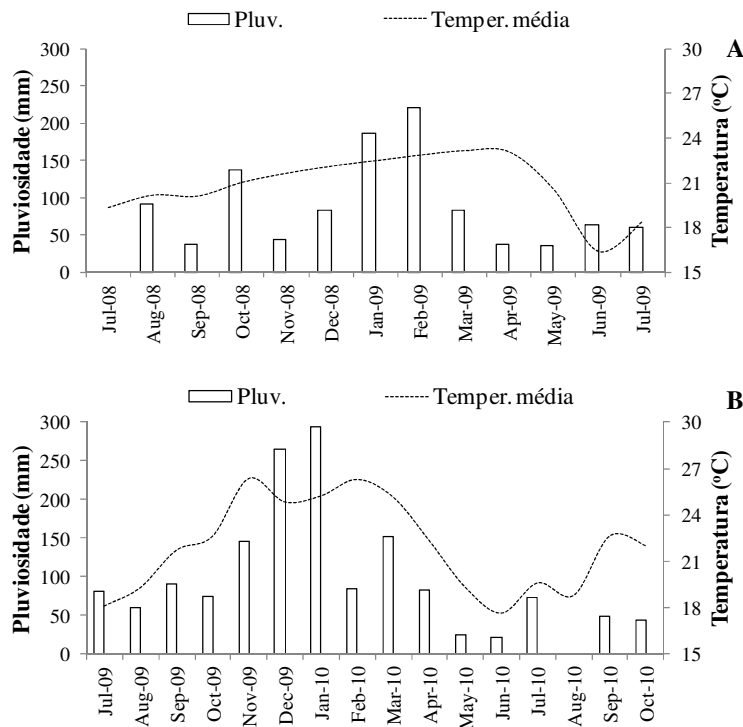


Figura 1. Pluviosidade e temperatura média ao longo da primeira (A) e segunda soqueira (B) de cana-de-açúcar. Tietê (2008-2010).

As variáveis avaliadas foram analisadas pelo teste F para análise de variância e teste Tukey a 5% com o auxílio do programa SAS (Statistical Analysis System).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produtividade da cana-de-açúcar ($t\ ha^{-1}$) foi maior para IAC 91-1099 nas duas soqueiras (Tabela 2), conforme também ocorreu na cana-planta (CAMARGO et al., 2010). As variedades RB 86-7515, IACSP 94-2101, IACSP 93-3046 não apresentaram diferença entre si com valores superiores à produtividade média do estado de São

Paulo na safra 2010/2011 ($82,4\ t\ ha^{-1}$). Embora a RB 86-7515 seja a mais plantada no País (CONAB, 2013), sua produtividade foi inferior à produtividade das soqueiras de IAC 91-1099, cuja superioridade é devido à região de seleção dessa variedade (Piracicaba, Tabela 1) ser a mesma do local do experimento (Tietê). Entretanto, todas as variedades apresentaram produtividade superior à média nacional ($67\ t\ ha^{-1}$) da safra 2011/2012, mostrando bom potencial produtivo, com exceção das variedades IAC 86-2480 na segunda soqueira, cuja finalidade é alimentação animal, e da IACSP 94-2094 nas duas soqueiras.

Tabela 2. Produtividade de colmos e teores de silício em folhas diagnósticas (primeira com aurícula visível) coletadas aos 6 meses de variedades de cana-de-açúcar em duas soqueiras. Tietê, SP.

Cultivar	Produtividade		Teor de Si na folha	
	2008/2009	2009/2010	2008/2009	2009/2010
	----- $t\ ha^{-1}$ -----		----- $g\ kg^{-1}$ -----	
IAC 91-1099	123,6 a	106,1 a	15,2 a	17,9 a
RB 86-7515	89,4 ab	81,7 ab	10,3 b	13,9 ab
IACSP 94-4004	77,1 bc	75,6 ab	10,7 b	2,8 d
IAC 86-2480	78,9 bc	47,8 b	13,4 ab	8,6 bcd
IACSP 93-3046	88,1 ab	82,2 ab	11,8 ab	12,2 abc
IACSP 93-6006	75,0 bc	73,1 ab	11,4 ab	14,3 ab
IAC 87-3396	70,1 bc	67,7 b	9,3 b	12,4 abc
IAC 91-2101	91,5 ab	70,9 b	11,0 ab	11,4 abc
IACSP 94-2094	43,2 c	48,8 c	9,3 b	6,6 cd
CV(%)	20,6	22,1	19,8	23,0
DMS*	43,5	36,8	4,7	6,5

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

As diferenças no teor de silício das folhas diagnósticas foram encontradas entre variedades nas duas soqueiras de cana-de-açúcar (Tabela 2), corroborando com trabalhos do exterior (DEREN et al., 1993) e do Brasil (KORNDÖRFER et al., 2000; VITTI et al., 2000; CAMARGO et al., 2009; ROCHA et al., 2011). Os teores de Si para IAC91-1099 foram considerados adequados ($>15\ g\ kg^{-1}$) enquanto a maioria das variedades apresentou valores acima do nível crítico ($10\ g\ kg^{-1}$ Si), segundo Anderson e Bowen (1992) com exceção de IACSP94-4004, IAC 86-2480 e IACSP 94-2094 na segunda soqueira. Embora tem sido utilizado a recomendação de nível crítico para folha+1 (primeira com lígula visível), segundo Anderson e Bowen (1992), resultados recentes têm mostrado valores menores. Outros trabalhos em campo (MAC GRAY et al., 2010; BERTHELSEN et al., 2003), apenas IACSP94-4004 está com teor abaixo do nível crítico de $6\ g\ kg^{-1}$, indicando sua baixa capacidade de absorção de Si. Isso porque na época de coleta da primeira (janeiro/2009) e segunda

soqueira (janeiro/2010), as condições foram adequadas para absorção de Si pelas plantas, pois a pluviosidade foi superior a 180 mm (Figura 1) e o teor de Si no solo foi adequado ($> 10\ mg\ kg^{-1}$ Si- $CaCl_2\ 0,01\ mol\ L^{-1}$), conforme Berthelsen et al. (2002).

Na colheita, a absorção de Si pela palha (folha+palmito) foi superior a de colmos nas duas soqueiras (Tabela 3), concordando com vários trabalhos (BERTHELSEN et al., 1999; CAMARGO et al., 2013). Os maiores valores foram obtidos para IAC91-1099, concordando com sua maior produtividade e teor de Si nas folhas diagnósticas (Tabela 2). Embora haja grande quantidade de tricômas nas folhas de IAC 91-1099 e IACSP 94-2101, conforme Dinardo-Miranda et al. (2012), apenas as folhas do primeiro são cortantes ao contato manual. Isso indicaria um maior acúmulo de Si (EPSTEIN, 2009), que foi verificado no seu maior teor nas folhas diagnósticas (Tabela 2) e absorção pela palha (Tabela 3). Ao contrário disso, a menor absorção desse elemento benéfico foi obtida

para IACSP 94-4004 nas soqueiras, conforme também ocorreu com o teor nas folhas diagnósticas

nas soqueiras (Tabela 2) e na cana planta (CAMARGO et al., 2010).

Tabela 3. Absorção de silício na palha (folha+palmito) e colmos de variedades de cana de-açúcar em três cortes consecutivos. Tietê (2007-2010).

Cultivar	2007/2008 ¹		2008/2009		2009/2010		Total	
	Colmo	Palha	Colmo	Palha	Colmo	Palha	Colmo	Palha
	-----kg ha ⁻¹ -----							
1*	146,4a	91,1a	34,3a	70,3a	22,5a	79,5a	165,6a	240,9a
2	107,1bc	47,4bc	38,0a	35,6abc	23,4a	43,6ab	171,9a	126,7abc
3	98,0bc	35,3c	21,5abc	22,2c	19,8a	23,9b	139,2a	81,4c
4	125,1b	53,9bc	22,9abc	51,3ab	15,5a	49,8ab	158,a	155,0abc
5	97,0bc	65,7b	21,8abc	35,0bc	17,3a	35,3ab	118,7a	136,0abc
6	97,3bc	46,3b	31,7ab	31,1bc	25,7a	61,6ab	148,8a	139,0abc
7	83,8bc	49,3bc	34,0a	37,4bc	32,9a	46,9ab	145,9a	133,6abc
8	90,9bc	52,3bc	16,4bc	59,8ab	13,1a	55,0ab	108,6a	167,0ab
9	67,75c	51,5bc	8,1c	47,7bc	12,8a	44,7ab	99,9a	143,9abc
CV(%)	19,3	18,0	23,0	21,9	22,0	21,2	22,7	22,7
DMS ²	47,1	24,7	17,6	29,0	24,54	50,22	79,2	80,4

* 1= IAC 91-1099; 2=RB 86-7515; 3= IACSP 94-4004; 4= IAC 86-2480; 5= IACSP 93-3046; 6=IACSP 93-6006; 7=IAC 87-3396; 8= IACSP 94-2101; 9=IACSP 94-2094; ¹ Calculado com base em Camargo et al.(2010); ² Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p< 0,05).

Nos colmos, houve diferença entre variedades na absorção de Si (Tabela 4), concordando com a literatura (KEEPING; MEYER, 2002; KVEDARAS; KEEPING, 2007). Na primeira soqueira, resultados superiores foram obtidos para IAC 91-1099 e para RB 86-7515 e a

menor absorção ocorreu para IACSP 94-2094, o que está associada à sua baixa produtividade de colmos nesse experimento (Tabela 2). Entretanto, não houve diferença entre variedades na segunda soqueira devido à sua menor produtividade em relação a primeira soqueira (Tabela 2).

Tabela 4. Teor de fibra e incidência de broca do colmo em variedades de cana-de-açúcar em duas soqueiras. Tietê, SP.

Cultivar	Fibra		Broca	
	2008/2009	2009/2010	2008/2009	2009/2010
	-----%		-----%	
IAC 91-1099	12,2 b	13,2 b	3,7 bc	5,8 bc
RB 86-7515	13,7 b	12,9 b	4,9 bc	10,7 bc
IACSP 94-4004	12,6 b	12,1 b	24,6 a	38,4 a
IAC 86-2480	13,1 b	13,9 b	10,6 b	17,5 b
IACSP 93-3046	13,6 b	13,8 b	2,4 bc	3,04 bc
IACSP 93-6006	13,0 b	13,2 b	4,8 bc	9,0 bc
IAC 87-3396	16,2 a	17,0 a	2,7 bc	6,9 bc
IAC 91-2101	13,8 b	13,5 b	2,6 bc	8,3 bc
IACSP 94-2094	16,6 a	17,2 a	1,8 c	1,11
CV(%)	12,1	13,3	30,0	29,0
DMS*	2,0	2,0	7,3	15,9

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p< 0,05).

Ao longo dos ciclos, a absorção de Si pela parte aérea foi reduzida, assim como ocorreu com a produtividade de colmos, corroborando os resultados obtidos por Berthelsen et al.(1999). Essa redução da absorção de Si nas soqueiras de cana-de-açúcar pode ser atribuída à redução do vigor da planta ao longo do tempo, conforme Anderson et

al.(1991). A absorção de Si pela parte aérea (palha+colmo) na cana-planta (CAMARGO et al., 2010) e nas duas soqueiras (Tabela 3) foi de 406,5 e 298,6 kg ha⁻¹ para IAC 91-1099 e RB86-7515, sendo diferentes de outras variedades. Esses valores são inferiores aos obtidos em outros trabalhos onde não houve adubação com Si. Isso é devido às variedades

utilizadas e tipos de solos, que influem fortemente na absorção de Si pelas plantas (SAVANT et al., 1999). Em solos argilosos com alto teor de óxidos e de Si solúvel encontrados no Havaí, a absorção total encontrada foi entre 307 a 400 kg ha⁻¹ (ROSS et al., 1974; SAMUELS et al., 1969) em apenas um ciclo. Na Austrália, a média entre 12 variedades cultivadas em solos com textura média e arenoso (teor baixo de Si solúvel, conforme Berthelsen et al., 2002) foi de 85 kg ha⁻¹ Si na segunda soqueira (BERTHELSEN et al., 1999). E na Índia, valores entre 215,4 a 795 kg ha⁻¹ Si foram encontrados em 30 genótipos (THANGAVELUS; RAO, 2002). Embora a extração total de Si no presente experimento seja inferior aos trabalhos anteriores, isso poderia ser problemático em solos com baixo teor de Si disponível às plantas ao longo do tempo (BERTHELSEN et al., 1999) se não for deixada a palha sobre o solo após a colheita.

Diferenças entre variedades na porcentagem de incidência de broca-do-colmo foram observadas nas duas soqueiras (Tabela 4), assim como ocorreu na cana-planta (CAMARGO et al., 2010). Na primeira soqueira, os valores encontrados para IAC 91-1099, IACSP93-3046, IAC87-3396 e IAC 91-2101 foram inferiores aos níveis 2-4% de danos econômicos propostos por Botelho e Macedo (2006), que não foram diferentes de RB 86-7515, IACSP93-6006, cujos danos foram inferiores a 5%. Houve diferença entre essas variedades e IACSP94-2094 e IACSP 94-4004. A incidência da broca do colmo foi maior na segunda soqueira, sendo superiores para IACSP 94-4004 e inferiores para IACSP94-2094 e IAC 86-2480, não ocorrendo diferença entre as demais variedades, cujos valores variaram entre 3 a 10,7%.

Nas duas soqueiras, a menor porcentagem de broca (< 2%) de IACSP 94-2094 está associada à sua baixa produtividade (Tabela 2) e, também, à sua resistência a *D. saccharalis* (DINARDO-MIRANDA et al., 2012). Ao contrário disso, os valores superiores de incidência de broca de IACSP 94 4004, cujas médias foram superiores a 25% nas soqueiras (Tabela 4), concordam com Dinardo-Miranda et al. (2012). Esses autores obtiveram maior porcentagem de entrenós brocados (73%) para IACSP94-4004 em estudo com inoculação artificial, o que atribuíram ao seu lento crescimento.

Embora a *D. saccharalis* penetre pelo colmo, não ocorreu diferença entre a absorção de Si pelo colmo nas duas soqueiras, o que deve estar relacionado ao seu baixo teor, que foi, em média, 2 g kg⁻¹ Si. Ao contrário disso, o teor de Si na folha diagnóstica indica o nível do elemento na planta estava adequado. Como a coleta das folhas foi feita

aos 6 meses, quando as condições de umidade e temperatura, são favoráveis à eclosão dos ovos da *D. saccharalis* depositados nas folhas, pode-se dizer que o menor teor de Si nas folhas diagnósticas de IACSP94-4004 pode estar associado à maior incidência de *D. saccharalis*, conforme já mostrado para cana-planta (CAMARGO et al., 2010).

Vários estudos mostram que a deposição de Si nas folhas (EPSTEIN, 2009) protegem contra o ataque de insetos herbívoros (GOUSSAIN et al., 2002; KEEPING et al., 2009). O modo de ação não se resume apenas a presença de tricômas nas folhas, que podem atrasar o primeiro instar na eclosão dos ovos, aumentando a exposição a fatores ambientais e biológicos adversos e a morte larval. Dinardo-Miranda et al. (2012) estudando duas variedades com pouca quantidade de tricômas nas folhas, verificaram que um apresentou menor quantidade de formas biológicas (IACSP 96-3060) em relação à IACSP94-2094. Esses autores sugeriram, assim, que haveria outro mecanismo que desfavorece o desenvolvimento das formas biológicas em IACSP94-2094. Isso pode estar relacionado à presença de Si em nível adequado nas plantas. Assim, o menor teor de Si nas folhas de IACSP94-4004, resultado do seu lento crescimento e capacidade de absorção de Si, podem ter ocasionado maior dano de *D. saccharalis*.

Outro fator importante para menor dano de broca do colmo é o maior teor de fibra das variedades, que possui relação direta com aumento da dureza do anel do colmo para redução do ataque da broca *E. saccharia* (RUTHERFORD et al., 1993), o que também pode ocorrer com *D. saccharalis*. Embora na cana-planta, Camargo et al. (2010) tenham verificado uma redução significativa entre teor de fibra e incidência de broca, isso não ocorreu nas soqueiras. Os maiores teores de fibra nas soqueiras foram para IAC 87-3396 e IACSP 94-2094, as quais não apresentam semelhança quanto à incidência de broca. Além disso, para IACSP94-4004, não houve menor teor de fibra que justificasse seu maior ataque de broca. Considerando as informações obtidas no presente experimento, a determinação do teor de Si na folha diagnóstica pode indicar a susceptibilidade de variedades de cana-de-açúcar à *D. saccharalis*, mas estudos em condições controladas para determinar essa relação.

CONCLUSÕES

A variedade IAC 91-1099 apresentou maior produtividade de colmos (123.6 e 106.1 t ha⁻¹), absorção de Si na parte aérea (165.6 e 240.9 kg ha⁻¹) e nas folhas diagnósticas (15.2 e 17.9 g kg⁻¹ Si) e

menor incidência de broca (3.7 e 5.8%) na primeira e segunda soqueiras., respectivamente.

A absorção de Si média de todas as variedades pela parte aérea das soqueiras de cana-de-açúcar foi reduzida para 44% da obtida na cana-planta.

O menor teor de Si na folha +1 (primeira com aurícula visível) aos 6 meses foi relacionado com maior incidência de *D. saccharalis* para IAC 94-4004.

ABSTRACT: Although silicon and sugarcane have been studied for decades in Brazil, there is little information regarding Si absorption by cultivars over time the relationship borer stalk incidence under field conditions. The objective of this study was to evaluate silicon uptake by above-ground dry mass and stalk borer incidence in nine sugarcane cultivars in two ratoon crops of sugarcane. The experiments were conducted in two ratoons in randomized complete blocks design with four replications and nine varieties (IAC 86-2480, IAC 91-1099, IAC 87-3396, IACSP 94-4004, IACSP 93-6006, IACSP-93-3046, IACSP-94-2094, IACSP 94-2101, RB 86-7515) in soil with high soluble Si (Kandiustalf). Silicon concentration on leaves +1 (TVD, top visible dewlap), sugarcane yield, Si uptake by above-ground dry mass and stalk borer incidence. The IAC91-1099 showed highest cane yield (123.6 e 106.1 t ha⁻¹), silicon uptake by above-ground dry mass (165.6 e 240.9 kg ha⁻¹) and Si concentration on leaves+1 (15.2 e 17.9 g kg⁻¹ Si) and the least level of stalk borer incidence (3.7 e 5.8%) in first and second ratoons, respectively. The average of Si uptake by above ground dry mass of all varieties in ratoon crops were reduced to 44% from observed to plant cane The lowest Si concentration on TVD-leaves collected at 6 months was related with *D. saccharalis* incidence observed to IAC 94-4004.

KEY WORDS: Nutrition. Foliar diagnosis. Benefic element. *Diatraea saccharalis*.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, D. L. Soil and leaf nutrient interactions following application of calcium silicate slag to sugarcane. *Fertilizer Research*, Netherlands, v. 30, n. 1, p. 9-18, 1991.

ANDERSON, D. L.; BOWEN, J. E. **Nutrição da cana de açúcar**. Piracicaba: Potafós, 1992. 40 p.

ARRIGONI, E. B. Broca da cana-de-açúcar- importância econômica e situação atual. In: ARRIGONI, E.de B.; DINARDO-MIRANDA, L; ROSSETTO, R. **Pragas da cana-de-açúcar-- importância econômica e enfoques atuais**. Piracicaba: STAB, 2002, p. 1-4.

BERTHELSEN, S.; NOBLE, A. D.; GARSIDE, A. L. An Assessment of soil and plant silicon levels in North Queensland. **Proceedings Australian Sugar Cane Technologists**, Townsville, v. 21, n. 1, p. 92-100, 1999.

BERTHELSEN, S.; NOBLE, A.; KINGSTON, G.; HURNEY, A.; RUDD, A. Effect of Ca-silicate amendments on soil chemical properties under a sugarcane cropping system. In: SILICON IN AGRICULTURE CONFERENCE, 2., 2002, Tsuruoka, Japão. **Proceedings...** Tsuruoka: Japanese Society of Soil Science and Plant Nutrition, 2002, p. 57.

BERTHELSEN, S.; NOBLE, A.; KINGSTON, G.; HURNEY, A.; RUDD, A.; GARSIDE, A. **Improving yield and CCS in sugarcane through the application of silicon based amendments**: Final Report-SRDC Project CLW009. Sugar Research and Development Corporation: Townsville, Austrália: CSIRO Land and Water. 138 p.

BOTELHO, P. S. M.; MACEDO, N. *Cotesia flavipes* para o controle de *Diatraea saccharalis*. In: PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORREA-FERREIRA, B. S.; PINTO, A. S.; GARCIA, J. F.; OLIVEIRA, H. N. Manejo das principais pragas da cana-de-acucar. In: SEGATO, S. V.; PINTO, A. S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. M. de. (Org.). **Atualização em produção de cana-de-acucar**. Piracicaba, 2006. p. 257-280.

CAMARGO, M. S.; WYLER, P.; KORNDÖRFER, G. H. 2009. Silicon absorption by sugarcane: effect of soils type and silicate fertilization. **Proceedings of International Plant Nutrition Colloquium**. Disponível em: <http://escholarship.org/uc/item/8kh8h1vj>. Acesso em 30 de setembro de 2009.

CAMARGO, M. S.; KORNDÖRFER, G. H.; FOLTRAN, D. E.; HENRIQUE, C. M.; ROSSETTO, R. Absorção de silício, produtividade e incidência de *Diathraea saccharalis* em cultivares de cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p. 937-944, 2010.

CHEONG, B. T. Some significant functions of silicon to higher plants, **Journal Plant Nutrition**, Athens, v. 5, n. 4, p. 1345-1353, 1982.

CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: cana-de-açúcar**, quarto levantamento, abril/2013. Brasília: Conab, 2013.

CONSECANA. **Manual de Instruções**. Piracicaba: Conselho dos Produtores de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo, 2006. 112p.

DEREN, C. W.; GLAZ, B.; SNYDER, G. H. Leaf-tissue silicon content of sugarcane genotypes grown on Everglades Histosols. **Journal Plant Nutrition**, Athens v. 16, n. 11, p. 2273-2280, 1993.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; ANJOS, I. A.; COSTA, V. P.; FRACASSO, J. V. Resistance of sugarcane cultivars to *Diatraea saccharalis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 1, p. 1-7, 2012.

ELAWAD, S. H.; GREEN JR., V. E. Silicon and the rice plant environment: a review of recent research. *Revista Il Riso*, Milano, v. 28, n. 11, p. 235-253. 1979.

ELAWAD, S. H.; STREET, J. J.; GASCHO, G. J. Response of sugarcane to silicate source and rate. I. Growth and yield. **Agronomy Journal**, Madison, v. 74, n. 3, p. 481-484, 1982.

ELLIOTT, C. L.; SNYDER, G. H. Autoclave-induced digestion for the colorimetric determination of silicon in rice straw. **Journal of Agricultural Food and Chemistry**, Davis, v. 39, n. 6, p. 1118-1119, 1991.

EPSTEIN, E. Silicon: its manifold roles in plants Silicon. **Annals of Applied Biology**, Oxford, v. 155, n. 2, p. 155-160, 2009.

GOUSSAIN, M. M.; MORAES, J. C. CARVALHO, J. G.; NOGUEIRA, N. L.; ROSSI, M. L. Efeito da aplicação de silício em plantas de milho no desenvolvimento biológico da lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera:Noctuidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 31, n. 5, p. 305-310, 2002.

HATTORI, T.; INANAGA, S.; ARAKI, H.; MORITA, S.; LUXOVA, M.; LUX, A. Application of silicon enhanced drought tolerance in *Sorghum bicolor*. **Physiologia Plantarum**, Maldem, v. 123, n. 4, p. 459-466, 2005.

KEEPING, M. G.; MEYER, J. H. Application of silicon enhances resistance of sugarcane to stalk borer *Eldana saccharina* Walker. *Proceedings of the 12th Congress Entomological Society*, 1999.

KEEPING, M. G.; MEYER, J. H. Calcium silicate enhances resistance of sugarcane to the African stalk borer *Eldana saccharina* Walker (Lepidoptera: Pyralidae). **Agricultural and Forest Entomology**, Malden, v. 4, n. 4, p. 265-274, 2002.

KEEPING, M. G.; MEYER, J. H. Silicon-mediated resistance of sugarcane to *Eldana saccharina* Walker (Lepidoptera: Pyralidae): effects of silicon source and cultivar. **Journal of Applied Entomology**, Malden, v. 130, n. 8, p. 410-420, 2006.

KEEPING, M. G.; MEYER, J. H.; SEWPERSAD, C. Soil silicon amendments increase resistance of sugarcane to stalk borer *Eldana saccharina* Walker (Lepidoptera: Pyralidae) under field conditions. **Plant Soil**, Malden, v. 363, n. 1-2, p. 297-318, 2012.

KEEPING, M. G.; KVEDARAS, O. L.; BRUTON, A. G. Epidermal silicon in sugarcane: cultivar differences and role in resistance to sugarcane borer *Eldana saccharina*. **Environmental and Experimental Botany**, Lancaster, v. 66, n. 1, p. 54-60, 2009.

KORNDÖRFER, G. H.; BENEDINI, M.; PAULA, F. B.; CHAGAS, R. C. S. Cimento como fonte de silício para a cana-de-açúcar. **Stab**, Piracicaba, v. 19, n. 2, p. 30-33, 2000.

KVEDARAS, O. L.; KEEPING, M. G. Silicon impedes stalk penetration by the borer *Eldana saccharina* in sugarcane **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Edinburgh, v. 125, n. 1, p. 103-110. 2007.

LANDELL, M. G. A.; CAMPANA, M. P.; FIGUEIREDO, P.; ZIMBACK, L.; SILVA, M. A.; PRADO, H. **Novas Variedades de cana-de-açúcar**. 1997. 28p. (Boletim técnico IAC, 169).

LANDELL, M. G. **A variedade IAC 86-2480 como nova opção de cana-de-açúcar para fins forrageiros: Manejo de produção e uso na produção animal**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2002, 193p.

LANDELL, M. G. A.; CAMPANA, M. P.; FIGUEIREDO, P.; VASCONCELOS, A. C. M.; XAVIER, M. A.; BIDOIA, M. A. P.; PRADO, H.; SILVA, M. A.; DINARDO-MIRANDA, L. L.; SANTOS, A. S.; PERECIN, D.; ROSSETTO, R.; SILVA, D. N.; MARTINS, A. L. M.; GALLO, P. B.; KANTHACK, R. A. D.; CAVICHIOLI, J. C.; VEIGA FILHO, A. A.; ANJOS, I. A.; AZANIA, C.A. M.; PINTO, L. R.; SOUZA, L. C. **Variedades de cana-de-açúcar para o Centro-Sul do Brasil :15a liberação do programa cana IAC (1959-2005)**. Campinas, 197p. (Série Tecnologia APTA, Boletim técnico IAC, 197).

MCGRAY, J. M.; SHANGNING, J. Calibration of sugarcane response to calcium silicate on Florida Histosols. **Journal of Plant Nutrition**, Athens, v. 35, n. 8, p. 1192-1209, 2012.

MARQUES, T. A.; SILVA, W. H. Crescimento e maturação em três cultivares de cana-de-açúcar. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 54-60, 2008.

ROCHA, G.; CAMARGO, M. S.; GOMES JÚNIOR, A. R.; KORNDÖRFER, G. H. Doses de silicato e variedades de cana-de-açúcar: efeito nos teores de Si das folhas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., Uberlândia, 2011. **Anais**. Uberlândia. CD-Rom.

ROSS, L.; NABABSING, P.; CHEONG, W. Y. Residual effect of calcium silicate applied to sugarcane soils. **Proceedings of XV International Congress of the Society Sugarcane Technology**, Durban, v. 15, p. 539-542, 1974.

RUTHERFORD, R. S.; MEYER, J. H.; SMITH, G. S.; VAN STADEN, J. Resistance to *Eldana saccharina* (Lepidoptera: Pyralidae) in sugarcane and some phytochemical correlations. **Proceedings of the South African Sugar Technologists Association**, Durban, v. 67, p. 82-87, 1993.

SAMUELS, G. Silicon and sugar. **Sugar y Azucar**, v. 66, n. 1, p. 25-29, 1969.

SAVANT, N. K.; KORNDÖRFER, G. H.; DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H. Silicon Nutrition and Sugarcane Production: a Review. **Journal Plant Nutrition**, Athens, v. 22, n. 12, p. 1853-1903, 1999.

SPIRONELLO, A.; RAIJ, B. van; PENATTI, C. P.; CANTARELLA, H.; MORELLI, J. L.; ORLANDO FILHO, J.; LANDELL, M. G. A.; ROSSETTO, R. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: IAC/Fundação IAC, 1997, 285 p.

Absorção de silício...

CAMARGO, M. S.; KORNDÖRFER, G. H.; FOLTRAN, D. E.

THANGAVELUS, RAO, K. C. Uptake of silicon in sugarcane genetic stocks and its association with the uptake of other nutrients and cane and sugar yield. **Indian Sugar**, New Delhi, v. 51, n. 12, p. 859-864, 2002.

VITTI, G. C. **Avaliação de diferentes fontes e doses de silício na cultura da cana-de-açúcar em relação à produtividade e pol/ha.** Piracicaba:FEALQ, 2000,39 p.