

Rendimento de cana-de-açúcar inoculada com *Bacillus subtilis* e cultivo em solo infestado por fitonematoides.

Fabio Fernando de Araujo⁽¹⁾; **Rita de Cássia Lima Mazzuchelli**⁽²⁾; **Eduardo Henrique Lima Mazzuchelli**⁽³⁾.

⁽¹⁾ Professor Doutor da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade do Oeste Paulista UNOESTE, Rod Raposo Tavares Km 572, P. Prudente, SP, CEP: 19067-175 fabio@unoeste.br; ⁽²⁾ Engenheira Agrônoma Mestranda do Curso de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade do Oeste Paulista UNOESTE; ⁽³⁾ Engenheiro Agrônomo.

RESUMO: As alternativas no controle de doenças como fitonematoides, podem ser efetivadas com a utilização de produtos químicos e biológicos. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a resposta dos parâmetros de rendimento e da qualidade industrial de dois genótipos de cana-de-açúcar. O experimento foi realizado em uma usina de açúcar e álcool localizada no município de Caiabu – SP. O delineamento empregado foi de blocos casualizados com cinco repetições no esquema fatorial 2x4x5 (dois genótipos, quatro tratamentos e cinco repetições) totalizando 40 parcelas. Cada parcela possuía 6 metros de largura, por 10 metros de comprimento com cinco sulcos espaçados a 1,5 m. A cana-de-açúcar foi colhida aos 481 dias após o plantio. Os dados obtidos foram analisados estatisticamente pelo programa SISVAR, sendo utilizado o teste Tukey a 1 e 5% para comparação das médias. Os tratamentos para controle de fitonematoides realizados não apresentaram diferenças significativas no rendimento da cana-de-açúcar. Em relação aos parâmetros tecnológicos, houve efeito apenas na variedade SP 81-3250, que apresentou maior teor de brix e pol(%) quando inoculada com *Bacillus subtilis* ou tratada com o nematicida.

Termos de indexação: *Saccharum*, *Pratylenchus*, *Meloidogyne*.

INTRODUÇÃO

No Brasil a cultura da cana-de-açúcar obteve avanços nas últimas décadas, sendo atualmente referência mundial nas tecnologias para a produção de açúcar e álcool. As pesquisas realizadas permitiram prolongar a vida útil do canavial, a utilização dos insumos e mão de obra mais eficiente, consequentemente aumenta a sustentabilidade e a competitividade da atividade sucroalcooleira (Oliveira et al., 2012).

Dentre as bactérias envolvidas na supressividade dos solos *Bacillus subtilis* é a mais estudada (Bettiol et al., 2009). A bactéria *Bacillus subtilis* é habitante natural do solo, produz enzimas, e fitohormônios que proporcionam benefícios para as plantas, é descrita como promotora de crescimento de plantas, pode produzir os antibióticos bulbiformina, micosubtilina,

bacilomicina, bacilizina, funginicina, também podem inibir fitopatógenos (Araújo, 2008; Silveira, 2001; Araújo & Hungria, 1999).

A inoculação de bactérias nos canaviais pode contribuir de forma positiva, resultando em ganhos em produtividades, sendo que sua contribuição é diferente entre variedades e entre as estirpes inoculadas, havendo assim uma interação entre estes fatores (Pereira et al., 2013).

Usualmente muitos produtores utilizam também nematicidas em soqueiras, principalmente pelos bons resultados obtidos em cana planta, porém os incrementos de produtividade decorrentes do controle químico de nematoides em cana soca são geralmente mais modestos do que os resultados observados em cana planta, porém economicamente são viáveis em muitas situações (Dinardo-Miranda, 2005).

Atualmente existe uma demanda crescente por métodos alternativos no controle de nematoides. Estas alternativas podem substituir o controle químico, reduzindo às implicações toxicológicas e ambientais e aumentando o interesse do cultivo da cana-de-açúcar, em sistema orgânico de produção (Ambrosano et al., 2011).

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a resposta dos parâmetros de rendimento e da qualidade industrial de dois genótipos de cana-de-açúcar.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em parceria com a Usina Alto Alegre – Unidade Floresta – Presidente Prudente, em uma área com histórico de infestação de nematoides, no município de Caiabu a uma latitude 22°00'44" sul e a uma longitude 51°14'08" oeste, a uma altitude de 520 metros.

A análise de solo da área apresentou o seguinte perfil de fertilidade pH em CaCl₂=4,6; M.O.= 9 g dm⁻³; P = 10 mg dm⁻³; K = 0,6 mmolc dm⁻³; Ca = 11 mmolc dm⁻³; Mg = 6 mmolc dm⁻³; H+Al = 13 mmolc dm⁻³; Al = 0 mmolc dm⁻³; SB = 18 mmolc dm⁻³; CTC = 31 mmolc dm⁻³; V% = 58%; M%= 0%.

Foram retiradas amostras de solo e analisadas quanto a presença de nematoides encontrando-se 280 nematoides em 100g de solo, sendo 180 do gênero *Meloidogyne*, 100 do gênero *Pratylenchus*.

Foram utilizadas no experimento duas variedades de cana-de-açúcar susceptíveis a ação de nematoides, SP 81-3250 e RB 867515. O delineamento empregado foi de blocos casualizados com cinco repetições no esquema fatorial 2x4x5 (dois genótipos, quatro tratamentos e cinco repetições) totalizando 40 parcelas. Cada parcela possuía 6 metros de largura, por 10 metros de comprimento com cinco sulcos espaçados a 1,5 m. A área total para cada variedade possui 62 metros de comprimento por 31,5 metros de largura.

A aplicação do controle biológico foi efetivada por duas formas: aplicação da rizobactéria no sulco de plantio, e aplicação trinta dias após o plantio. Como referência de controle de nematoides foi efetivado o tratamento químico com carbofuran no sulco de plantio. Foi também conduzido um tratamento sem aplicação de controle químico ou biológico.

Para efetivação do controle biológico a suspensão de células bacterianas (100 mL) obtida anteriormente foi dissolvida em 12,5 litros de água, aplicando-se 0,250 litros para 10 metros lineares de sulco. O tratamento químico com carbofuran foi realizado dissolvendo 0,6 litros do produto comercial, em 18 litros de água, aplicando 0,360 litros para 10 metros lineares de sulco.

Para o plantio da cana-de-açúcar, foram distribuídos nos sulcos os dois colmos, cruzando a ponta de um colmo com o pé do outro, proporcionando uma distribuição de 17 a 20 gemas por metro linear de sulco. As mudas de cana depositadas no fundo do sulco foram cortadas em toletes com 2 a 3 gemas, aplicados os tratamentos e após o recobrimento com máquina. A avaliação final foi realizada com obtenção do rendimento final na colheita, para isto pesou-se três linhas centrais de cada parcela com auxílio de balança. Em seguida procederam-se os cálculos para determinação da produção por hectare.

Foi determinada a qualidade da cana-de-açúcar, através dos parâmetros tecnológicos, retirando uma amostra composta por dez colmos coletados das três linhas centrais de cada parcela.

As análises das variáveis industriais foram feitas utilizando-se os métodos padrões da agroindústria açucareira (Fernandes, 2003). Como o Brix (porcentagem de sólidos solúveis, incluindo a sacarose, no caldo), o PolPC na cana (porcentagem aparente de sacarose contida na cana), TPolH (tonelada de Pol por hectare), e ATR (açúcar total recuperável que é representada da quantidade de açúcares redutores totais – ART recuperáveis da cana até o xarope, expresso em toneladas por hectare).

Os dados obtidos foram analisados estatisticamente pelo programa SISVAR, sendo utilizado o teste Tukey a 5% para comparação das médias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na avaliação tecnológica e de rendimento (Tabela 1 e 2) efetuada no momento da colheita verificou-se que a variedade SP81-3250 apresentou maiores teores de sólidos solúveis, contidos em uma solução pura de sacarose (Brix). Também foi constatado, nessa variedade, que todos os tratamentos conduzidos tiveram desempenho superior ao controle. A variedade RB867515 não apresentou diferenças significativas neste parâmetro, em todos os tratamentos realizados. Isto confirma o que foi encontrado por Barela & Christoffoleti (2006) que não observaram acréscimos nos valores do Brix em experimento de controle de nematoides utilizando-se variedade RB867515.

A concentração de polissacarídeos totais que representa a porcentagem aparente de sacarose contida em uma solução (Pol), na cana-de-açúcar (SP81-3250) também foi significativamente maior nos tratamentos com a introdução da rizobactéria na pós-emergência da cultura e no sulco de plantio, quando comparado ao controle. Dinardo-Miranda et al. (2002) realizando experimentos, com diferentes nematicidas em cana-de-açúcar, constataram acréscimos na avaliação de Pol na variedade SP80-1816, tratadas com nematicidas em comparação ao controle. Entretanto, na variedade SP80-1842 os tratamentos não apresentaram diferenças significativas nesse quesito (Tabela 2).

Em relação aos teores de ATR (açúcar total recuperável), utilizado no cálculo para o pagamento da cana-de-açúcar, os tratamentos realizados para o controle de nematoides, não proporcionaram aumentos significativos em ambos os genótipos utilizados (Tabela 2). Chaves et al. (2009) também avaliando produtos alternativos no controle de nematoides no genótipo RB813804 não encontraram diferenças no ATR, mesmo com os tratamentos controlando o aumento de nematoides do gênero *Pratylenchus*

Ravaneli et al. (2011) estudando o ataque de cigarrinha das raízes (*Mahanarva fimbriolata*) na qualidade da cana-de-açúcar, constatou que o ataque da praga causou significativas reduções na qualidade da cana, ao diminuir teores de sólidos solúveis, teores de sacarose, açúcares redutores totais e pH, e aumentar os compostos fenólicos e a acidez total e volátil do caldo.

A avaliação de rendimento final da cultura não apresentou diferenças significativas ($P>0,05$) entre os tratamentos. Barela & Christoffoleti (2006) também não observaram efeitos no rendimento da cana-de-açúcar em experimento com avaliação de controle de nematoides com uso de nematicidas na variedade RB867515. De forma semelhante, Dias-Arieira et al. (2010) não observaram diferenças significativas na produtividade de cana-de-açúcar, na mesma variedade, tratadas com carbofuran, comparadas a áreas não tratadas com o nematicida.

TABELA 1 - Rendimento da cana-de-açúcar (SP81-32504 e RB867515) após tratamento com nematicidas no sulco e na pós-emergência

Tratamentos	- Mg ha ⁻¹ -	
	SP81-3250	RB867515
Carbofuran	122,73 a	99,51 a
<i>B. subtilis</i> (sulco)	105,54 a	96,25 a
<i>B. subtilis</i> (pós-emergência)	126,91 a	96,05 a
Controle	125,87 a	99,37 a

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste Tukey (5%)

CONCLUSÕES

A inoculação do *Bacillus subtilis* no sulco ou em pós-emergência aumenta os teores de brix e pol no genótipo SP 81-3250 de cana-de-açúcar.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a usina Alto Alegre pela bolsa concedida para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- AMBROSANO, E.J.; CANTARELLA, H.; AMBROSANO, G.M.B.; SCHAMMAS, E.A.; DIAS, F.L.F.; ROSSI, F.; TRIVELIN, P.C.O.; MURAOKA, T.; SACHS, R.C.C.; AZCÓN, R. Produtividade da cana-de-açúcar após o cultivo de leguminosas. *Bragantia*, vol.70, n.4, pp. 810-818. 2011.
- ARAÚJO, F.F. Inoculação de sementes com *Bacillus subtilis*, formulado com farinha de ostra e desenvolvimento de milho, soja e algodão. *Ciência e agrotecnologia*, Lavras, v.2, p. 456-462. 2008.
- ARAÚJO, FF & HUNGRIA, M.A. Nodulação e rendimento de soja co-infectada com *Bacillus subtilis* e *Bradyrhizobium japonicum* / *Bradyrhizobium elkanii*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.34, n.9, p.1633-1643. 1999.
- BARELA, J. F. & CHRISTOFFOLETI, P. J. Seletividade de herbicidas aplicados em pré-emergência da cultura da cana-de-açúcar (RB867515) tratada com nematicidas. *Planta Daninha*, v. 24, n. 2, p. 371-378, 2006.
- BETTIOL, W.; GHINI, R.; MARIANO, R.R.L.; MICHEREFF, S.J.; MATTOS, L.P.V.; ALVARADO, I.C.M.; PINTO, Z.V. Supressividade a fitopatógenos habitantes do solo. In: BETTIOL, W; MORANDI, M.A.B. *Biocontrole de doenças de plantas: Uso e perspectivas*. Jaguariúna: EMBRAPA. 2009. p.187-208.
- CHAVES, A.; PEDROSA, E.M.R.; GUIMARÃES, L.M.P.; MARANHÃO, S.R.V.L.; OLIVEIRA, M.K.R.S. Utilização de produtos alternativos no manejo de nematoides da cana-de-açúcar no estado de Pernambuco. *Nematologia brasileira*, v. 33, n. 3, p. 260-264, 2009.
- DIAS-ARIEIRA, C. R.; SANTANA, S. D. M.; ARIEIRA, J. D. O.; RIBEIRO, R. C.; VOLK, L. Efeito do carbofurano na população de nematoides e no rendimento da cana-de-açúcar em solos arenosos do Paraná. *Nematologia brasileira*, 34(2), 118-122. 2010.
- DINARDO-MIRANDA, L.L.; GARCIA, V.; PARAZZI, V.J. Efeito de inseticidas no controle de *Mahanarva fimbriolata* (Stal)(Hemiptera: Cercopidae) e de nematoides fitoparasitos na qualidade tecnológica e na produtividade da cana-de-açúcar. *Neotropical Entomology*, v. 31, n. 4, p. 609-614, 2002.
- DINARDO-MIRANDA, L.L. Nematoides e pragas de solo em cana-de-açúcar. *Encarte informações agrônomicas Nº 110. Potafos*. 2005. p.25-32.
- FERNANDES, A.C. Cálculos na Agroindústria da Cana-de-açúcar. 2ª. ed. Edição do Autor, Piracicaba (SP), 2003. 215 p.
- OLIVEIRA, T.B.A.; SELIG, P.M.; BARBOSA, V.M.; CAMPOS, L.M.S.; BORNIA, A.C.; OLIVEIRA, M.W. Tecnologia e custos de produção de cana-de-açúcar: um estudo de caso em uma propriedade agrícola. *Latin American Journal of business management*. Taubaté-SP. v3, n. 1, p. 150-172, jan-jun/2012.
- PEREIRA, W.; LEITE, J.M.; HIPÓLITO, G.S.; SANTOS, C.L.R.; REIS, V.M. Acúmulo de biomassa em variedades de cana-de-açúcar inoculadas com diferentes estirpes de bactérias diazotróficas. *Revista Ciência Agronômica*, v. 44, n. 2, p. 363-370, 2013.
- RAVANELI, G.C.; GARCIA, D.B.; MADALENO, L.L.; MUTTON, M.A.; STUPIELLO, J.P.; MUTTON, M.J.R. Spittlebug impacts on sugarcane quality and ethanol production. *Pesquisa agropecuária brasileira*, v. 46, n. 2, p. 120-129, 2011.
- SILVEIRA, E.B. Bactérias promotoras de crescimento de plantas e biocontrole de doenças. In: MICHEREFF, S.J.; BARROS, R. *Proteção de plantas na agricultura sustentável*. Recife: UFRPE, Imprensa Universitária. 2001. p. 70- 100.

TABELA 1 - Análise tecnológica da cana-de-açúcar (SP81-32504 e RB867515.) após tratamento com nematicidas no sulco e na pós-emergência.

Tratamentos	Brix		POL (%)		TPoIH (ton ha ⁻¹)		ATR (ton ha ⁻¹)	
	SP81-3250	RB867515	SP81-3250	RB867515	SP81-3250	RB867515	SP81-3250	RB867515
Carbofuran	20,92 a	23,59 a	15,89 ab	17,94 a	19,48 a	17,86 a	19,33 a	17,61 a
B. s. (sulco)	20,89 a	23,51 a	15,99 a	17,67 a	16,92 a	17,04 a	16,77 a	16,83 a
B. s. (p. em.)	21,00 a	23,58 a	16,10 a	17,73 a	20,38 a	17,02 a	20,21 a	16,82 a
Controle	18,96 b	23,63 a	14,23 b	17,87 a	18,87 a	17,76 a	19,33 a	17,54 a

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste Tukey (5%)

B. s. (sulco) = *Bacillus subtilis* aplicado no sulco de plantio

B. s. (p. em.) = *Bacillus subtilis* aplicado em pós-emergência.