

Influência do uso de um mix de bactérias diazotróficas na biometria e no conteúdo de clorofila de plantas de cana-de-açúcar**Use of a mix of diazotrophic bacteria on the biometrics and chlorophyll content of sugarcane plants**

DOI:10.34117/bjdv6n2-141

Recebimento dos originais: 30/12/2019

Aceitação para publicação: 13/02/2020

Ester Schiavon Matoso

Engenheira Agrônoma

Instituição: Universidade Federal de Pelotas

Endereço: Campus Universitário, S / N, Capão do Leão - RS, 96160-000

e-mail: ester_schiavon@hotmail.com

Anita Ribas Avancini

Engenheira Ambiental e Sanitarista

Instituição: Universidade Federal de Pelotas

Endereço: Campus Universitário, S / N, Capão do Leão - RS, 96160-000

e-mail: anita.avancini@hotmail.com

Karoline Farias Koloszuki Maciel

Engenheira Ambiental e Sanitarista

Instituição: Universidade Federal de Pelotas

Endereço: Campus Universitário, S / N, Capão do Leão - RS, 96160-000

e-mail: karoline-maciel@hotmail.com

Marina Costa Alves

Bióloga

Instituição: Universidade Federal de Pelotas

Endereço: Campus Universitário, S / N, Capão do Leão - RS, 96160-000

e-mail: mari.bio.alves@gmail.com

Elis Daianni Timm Simon

Bióloga

Instituição: Universidade Federal de Pelotas

Endereço: Campus Universitário, S / N, Capão do Leão - RS, 96160-000

e-mail: elisdaianni@hotmail.com

Mariana Teixeira da Silva

Gestora Ambiental

Instituição: Universidade Federal de Pelotas

Endereço: Campus Universitário, S / N, Capão do Leão - RS, 96160-000

e-mail: marianats1@hotmail.com

Nathael Laufer Dias

Técnico Agrícola

Instituição: Instituto Federal de Pelotas – Campus CAVG

Endereço: Av. Engenheiro Ildefonso Simões Lopes, 2791 - Três Vendas, Pelotas - RS, 96060-290

e-mail: laufernathael19@gmail.com

Sergio Delmar dos Anjos e Silva

Engenheiro Agrônomo

Instituição: Embrapa Clima Temperado

Endereço: Rodovia BR 392, km 78, 9º Distrito, Pelotas – RS

e-mail: sergio.anjos@embrapa.br

RESUMO

A cana-de-açúcar é uma cultura com grande potencial econômico para o Brasil, sendo o país responsável por mais de 25% da produção mundial. A região de São Paulo é a maior produtora, ficando o Rio Grande do Sul responsável por menos de 5% do total produzido, isso porque a produtividade média do estado é baixa, devido ao uso de variedades antigas que geralmente apresentam baixo rendimento e pouca adaptação às condições ambientais. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos do uso de um mix de cinco espécies de bactérias diazotróficas nas características biométricas e conteúdo de clorofila de plantas de cana-de-açúcar. O trabalho foi desenvolvido na Embrapa Clima Temperado, sob ambiente protegido, tipo telado. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com 6 repetições, onde cada parcela foi representada por três plantas de cana-de-açúcar. Os fatores foram arrançados em esquema bifatorial (5x2), ao testar cinco variedades de cana-de-açúcar e o uso de bactérias diazotróficas (com e sem uso de inoculante bacteriano), totalizando 10 tratamentos. Aos 120 dias foram realizadas as avaliações de número de folhas, número de gemas, altura de planta, diâmetro de colmo e índice de clorofila (SPAD). Pode-se concluir que o uso de bactérias diazotróficas no cultivo de cana-de-açúcar promove aumentos significativos em características importantes, como altura de planta, diâmetro de colmo e índice de clorofila. E através da fixação biológica de nitrogênio, pode melhorar o estado nutricional das plantas, levando ao uso de menor quantidade de fertilizantes nitrogenados, o que diminui os impactos ambientais da utilização desses insumos e torna o cultivo da cana-de-açúcar mais sustentável.

Palavras-chave: Saccharum sp, inoculante bacteriano, fixação biológica de nitrogênio, crescimento vegetativo

ABSTRACT

Sugar cane is a crop with great economic potential for Brazil, being the country responsible for more than 25% of world production. The São Paulo region is the largest producer of the culture being Rio Grande do Sul responsible for less than 5% of the total produced. The state's average productivity is low due to the use of old varieties that generally have low yield and little adaptation to environmental conditions. This work aimed to evaluate the effects of using a mix of five species of diazotrophic bacteria on the biometric characteristics and chlorophyll content of sugarcane plants. The work was developed at Embrapa Temperate Climate, under protected environment, screened type. The experimental design used was randomized blocks with 6 replications, where each plot was represented by three sugar cane plants. The factors were arranged in a bifactorial scheme (5x2), by testing five sugarcane varieties and the use of diazotrophic bacteria (with and without the use of bacterial inoculant), totaling 10 treatments. At 120 days, leaf number, bud number, plant height, stem diameter and chlorophyll index (SPAD) were evaluated. It can be concluded that the use of diazotrophic bacteria in sugarcane cultivation promotes significant increases in important characteristics such as plant height, stem diameter and chlorophyll index. Through biological nitrogen fixation, it can improve the nutritional status of plants, leading to the use of less nitrogen fertilizers,

which reduces the environmental impacts of using these inputs turning sugarcane cultivation more sustainable.

Keywords: Saccharum sp, bacterial inoculant, biological nitrogen fixation, vegetative growth

1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) é uma planta pertencente à família Poaceae, que perfilha de maneira abundante na fase inicial do desenvolvimento e em seguida vai formando touceiras, compostas por partes aéreas e subterrâneas. E por possuir uma estrutura tipo rizoma, constituída por nós, entrenós e gemas, rebrota sempre que a parte aérea é cortada, sendo a nova brotação conhecida como soqueira. Após o plantio a primeira vegetação é denominada cana-planta, enquanto as soqueiras são denominadas de cana de primeira soca, segunda soca e assim por diante. As soqueiras são de grande importância, pois é delas que se retira o maior retorno econômico dessa cultura (MATSUOKA; STOLF, 2012).

A importância da cana-de-açúcar está na sua ampla utilidade, pois além de açúcar refinado e álcool, ela pode ser empregada na alimentação animal ou como matéria prima para a fabricação de produtos agroindustriais e artesanais como rapadura, melaço, melado, açúcar mascavo e aguardente. Seus resíduos também tem grande importância econômica, pois a vinhaça pode ser utilizada como adubo nitrogenado e o bagaço queimado, para geração de energia. (COUTO, 2013).

O Brasil é responsável por mais de 25% da produção mundial de cana-de-açúcar, é também o primeiro do mundo na produção de açúcar e conquista, cada vez mais, o mercado externo com o uso do etanol como alternativa energética (OECD/FAO, 2018). No país a região de São Paulo é a maior produtora, mas no Rio Grande do Sul (RS) possui vasta área de aptidão ao cultivo canavieiro apresentada no zoneamento agroclimático para o estado (MANZATTO; BACA; PEREIRA, 2010), e no estado está concentrado 40% das agroindústrias de produtos derivados de cana-de-açúcar (VERÍSSIMO et al., 2012). Entretanto, a produtividade média do estado é de 40 Mg.ha⁻¹, aproximadamente 50% da média nacional (CONAB, 2018), o que ocorre devido ao uso de variedades antigas que geralmente apresentam baixo rendimento e pouca adaptação às condições ambientais, o que leva à cultura a não resistir a situações de geadas no inverno e falta de chuva no verão que comumente ocorrem na região. Contudo, a grande importância da cultura canavieira no estado tem levado à busca por ganhos produtivos, que trás a tona uma preocupação com os impactos ambientais que esta situação pode causar (CEZARINO; LIBONI, 2012). Neste sentido, tem sido desenvolvidos estudos que visam o aumento da produtividade através de um cultivo mais sustentável, sendo eles no âmbito da utilização de cultivares adaptadas às diferentes condições de clima e solo (ANTUNES et al., 2017), aproveitamento de resíduos da cultura (MENDES et. al., 2012) e uso de bactérias

promotoras de crescimento (PEDULA et. al., 2016; OLIVER; SILVA, 2018; OLIVEIRA et al., 2018).

Bactérias endofíticas diazotróficas habitam o interior das plantas de cana-de-açúcar e auxiliam na obtenção de nutrientes, através do aumento das raízes, assimilação de CO₂ e número de folhas (SCHULTZ et at., 2014). Além disso, atuam em outros processos como a solubilização de fosfatos e zinco (ESTRADA et al., 2013) e a produção de auxinas, giberilinas e citocininas (LIN et al., 2012). Outro aspecto importante é a fixação biológica de nitrogênio (FBN), pois diante dos impactos ambientais decorrentes das práticas da cultura canavieira, a menor utilização da adubação química de nitrogênio pode proporcionar uma melhoria da qualidade do solo, dos mananciais e de outros componentes ambientais. A FBN está incluída em um plano estratégico do Brasil, o da Agricultura de Baixo Carbono (ABC), que foi desenvolvido devido à crescente demanda global por uma agricultura sustentável (BRASIL, 2012). Bactérias diazotróficas são capazes de reduzir o nitrogênio atmosférico, tornando-o assimilável pelas plantas, por isso a inoculação desses microrganismos pode substituir, total ou parcialmente, o uso de fertilizante nitrogenado na cultura da cana-de-açúcar. Mas assim como na adubação nitrogenada, as respostas à inoculação dependem da variedade empregada (SCHULTZ et al. 2012; URQUIAGA et al., 2012; PEREIRA et al., 2013) e costumam ser mais frequentes em solos de média e baixa fertilidade (GOSAL et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2006). Entretanto, estudos sobre o cultivo sustentável da cana-de-açúcar ainda são escassos, principalmente no que tange ao uso de bactérias diazotróficas para promoção de crescimento. Diante disto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos do uso de um mix de cinco espécies de bactérias diazotróficas nas características biométricas e índice de clorofila de plantas de cana-de-açúcar.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido sob ambiente protegido (telado) na Embrapa Clima Temperado (sede), localizada no município de Pelotas, no Rio Grande do Sul, com latitude 52°26'25" Oeste e 31°40'41" Sul e altitude de 60 metros. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com 6 repetições, onde cada parcela foi representada por três plantas de cana-de-açúcar. Os fatores foram arrançados em esquema bifatorial (5x2), com o objetivo de testar cinco variedades de cana-de-açúcar e o uso de bactérias diazotróficas (com e sem uso de inoculante bacteriano), totalizando 10 tratamentos. As variedades de cana-de-açúcar utilizadas foram: RB867515; RB966928; RB016814; RB016818 e RB016819 e o inoculante bacteriano utilizado continha cinco estirpes de bactérias diazotróficas, sendo elas: BR11281T = PAL-5T de *Gluconacetobacter diazotrophicus* descrita por Cavalcante e Döbereiner (1988); BR11335 = HRC54 de *Herbaspirillum seropedicae*, descrita por Baldani et al. (1986); BR11504 = HCC103 de *Herbaspirillum*

rubrisubalbicans, descrita por Baldani et al. (1996); BR11366T = PPe8T de *Paraburkholderia tropica*, anteriormente pertencente ao gênero *Burkholderia*, descrito por Reis et al. (2004) e recentemente reclassificado por Oren e Garrity (2015); e BR11145 = CBAMc de *Nitrospirillum amazonense*, anteriormente pertencente ao gênero *Azospirillum*, descrito por Magalhães et al. (1983) e reclassificado por Lin et al. (2014). Essas bactérias foram previamente testadas e selecionadas por Oliveira et al. (2002, 2006) e foram fornecidas pela Coleção de Bactérias Diazotróficas da Embrapa Agrobiologia - CBR Johanna Döbereiner.

A propagação da cana-de-açúcar foi feita através da produção de mudas, a partir da utilização de minitoletes, baseado no manual desenvolvido na Índia pelo ICRISAT (2009) e semelhante à metodologia de Landell et al. (2012). Onde foram coletados colmos de cana-de-açúcar inteiros no campo com o auxílio de um “podão” e feita a despalha desses. Em seguida os colmos foram cortados em toletes de uma gema, também conhecidos como minitoletes ou minirrebolos, separando as gemas viáveis e sem o ataque de pragas. Para o corte e preparo destes minitoletes foi utilizado um sistema de guilhotina com lâmina dupla devidamente desinfestado (XAVIER et al., 2008). Com intuito de eliminar microrganismos já presentes na cana e para evitar uma possível interferência com as estirpes de bactérias, os minitoletes foram submetidos à termoterapia por 30 minutos a 52 °C (SANGUINO; MORAES; CASAGRANDE, 2006) e tratamento com fungicida de ação sistêmica a base de piraclostrobina por 3 minutos. A inoculação foi realizada através da imersão dos minitoletes tratados, por 30 minutos em solução bacteriana turfosa, contendo um mix das cinco estirpes de bactérias diazotróficas, sendo plantados em seguida em tubetes contendo substrato (PEREIRA et al., 2013). As bandejas de tubetes com volume de 290 cm³ cada, foram mantidas sob ambiente protegido por um período de aproximadamente 30 dias, para que ocorresse a brotação das gemas. Após este período, as mudas foram transplantadas para sacos plásticos pretos de cinco litros, contendo substrato de marca comercial, a base de turfa e casca de arroz carbonizada e então, as plantas foram transferidas para telado, onde foi realizado o experimento.

Aos 90 dias após a transferência das plantas para o telado, foram realizadas as avaliações das características biométricas das plantas em fase adulta, priorizando-se o colmo principal e desbastados os demais perfilhos. O número de folhas e de gemas foram realizados através da contagem dos mesmos, a altura da planta foi medida com o auxílio de uma régua graduada em centímetros e o diâmetro do colmo, em milímetros, foi medido com o auxílio de um paquímetro digital na porção intermediária do mesmo. O índice de clorofila foi observado na porção intermediária das folhas +3, através do medidor de clorofila ClorofiLOG, da marca FALKER, modelo CFL 1030. Esse equipamento usa três faixas de frequência de luz, permitindo uma análise detalhada que pode ser visualizada instantaneamente ou armazenada no computador. A medição ótica analisa a absorção de

luz pela folha, indicando a presença de clorofila em valores SPAD (Soil Plant Analysis Development).

Os resultados obtidos foram analisados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk, à homocedasticidade pelo teste de Hartley e a independência dos resíduos foi verificada graficamente. Posteriormente, foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$) e em caso de significância estatística, compararam-se os efeitos das variedades pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) e do uso de bactérias diazotróficas pelo teste t ($p \leq 0,05$).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a aplicação do teste F na análise da variância, identificou-se a significância da interação bifatorial (variedades x uso de bactérias diazotróficas) para todas as variáveis avaliadas. Assim, os efeitos isolados dos fatores foram desconsiderados e analisaram-se detalhadamente as interações (Tabelas 1 até 3).

O uso de bactérias diazotróficas proporcionou um aumento no número de folhas da variedade RB016819 e no número de gemas da RB966928 (Tabela 1). Observou-se ainda, que dentre as variedades, de forma geral a RB016819 independente do uso de bactérias diazotróficas, foi a que apresentou os maiores números de folhas e de gemas. Conforme Falconer (1987), o número de folhas sofre variação genética e ambiental, ou seja, pode ser influenciado pela variedade de cana-de-açúcar e também pelas condições em que a planta se encontra. A importância da cobertura foliar das plantas é amplamente conhecida por ser um indicativo de produtividade e fitomassa nos cultivos (FIGUEIREDO et al., 2010). O número de gemas também é uma característica extremamente influenciada por fatores genéticos, mas sofreu influência do uso de bactérias. Esse aumento é bastante importante, tendo em vista o sistema de produção de mudas pré-brotadas que vem sendo utilizado no cultivo de cana-de-açúcar atualmente (LANDELL et al., 2012).

Tabela 1. Número de folhas e número de gemas de plantas de cana-de-açúcar em função das variedades e do uso de bactérias diazotróficas. Embrapa Clima Temperado, 2019.

Variedade de cana-de-açúcar	Número de folhas				Número de gemas			
	Sem BD		Com BD		Sem BD		Com BD	
RB867515	5,83	ab ^{ns}	5,67	b	4,83	ab ^{ns}	5,33	ab
RB966928	6,67	a ^{ns}	6,83	ab	3,66	bc *	4,67	ab
RB016814	4,83	b ^{ns}	6,16	b	3,16	c ^{ns}	3,83	b
RB016818	6,16	ab ^{ns}	6,50	ab	5,17	a *	3,83	b
RB016819	6,67	a *	8,33	a	5,67	a ^{ns}	6,17	a

Média	6,03	6,70	4,50	4,77
CV (%)	15,9	16,3	10,5	19,3

^{/1}Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), comparando as variedades de cana-de-açúcar sem e com o uso de bactérias diazotróficas. * e ns significativo e não significativo, pelo teste t ($p \leq 0,05$), quando comparado o uso de bactérias diazotróficas, dentro de cada variedade de cana-de-açúcar. BD: Bactérias diazotróficas.

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados de altura de planta e diâmetro de colmo das plantas. A variedade RB966928 foi a única que respondeu ao uso de bactérias diazotróficas, para os dois parâmetros observados. Nos tratamentos com uso de bactérias, não houve diferença na altura das plantas entre as variedades, enquanto que sem o uso, a variedade RB016819 se destacou entre as demais, com altura acima de 120 centímetros. Em relação ao diâmetro de colmo, os maiores valores foram observados nas variedades RB867515 e RB016818, sendo a média dos tratamentos com bactérias, superior aos tratamentos sem. Os parâmetros biométricos de plantas de cana-de-açúcar produzidas a partir de minitoletes têm sido estudados por diversos autores, uma vez que, o potencial de acúmulo de sacarose por plantas de cana-de-açúcar está mais relacionado às medidas de dimensões lineares, como a altura e o diâmetro do colmo (MARAFON et al., 2012). Além disso, Landell & Silva (2004) salientam que o diâmetro de colmos é um dos principais componentes analisados para a formação do potencial agrícola, pois está relacionado à produtividade. A disponibilidade de nutrientes está diretamente ligada ao desenvolvimento de parte aérea, portanto, a inoculação de bactérias diazotróficas também promove o crescimento das mudas de cana-de-açúcar, pois torna os nutrientes disponíveis para as plantas.

Tabela 2. Altura de planta e diâmetro de colmo de plantas de cana-de-açúcar em função das variedades e do uso de bactérias diazotróficas. Embrapa Clima Temperado, 2019.

Variedade de cana-de-açúcar	Altura de planta (cm)				Diâmetro de colmo (mm)			
	Sem BD		Com BD		Sem BD		Com BD	
RB867515	108,00	b ^{ns/1}	123,67	a	19,88	a ^{ns}	21,70	a
RB966928	82,00	b*	105,83	a	14,35	b*	17,36	bc
RB016814	86,33	b ^{ns}	98,93	a	16,88	ab ^{ns}	17,76	bc
RB016818	105,83	b ^{ns}	104,67	a	19,13	a ^{ns}	18,49	b
RB016819	123,50	a ^{ns}	118,17	a	14,89	b ^{ns}	16,21	c

Média	101,13	110,13	17,03	18,30
CV (%)	13,1	17,8	10,6	6,6

^{/1}Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), comparando as variedades de cana-de-açúcar sem e com o uso de bactérias diazotróficas. * e ns significativo e não significativo, pelo teste t ($p \leq 0,05$), quando comparado o uso de bactérias diazotróficas, dentro de cada variedade de cana-de-açúcar. BD: Bactérias diazotróficas.

O índice de clorofila foi influenciado pelo uso de bactérias diazotróficas nas variedades RB867515, RB966928 e RB016819, sendo que essa última se destacou por apresentar o maior conteúdo de clorofila dentre os tratamentos (Tabela 3). O nitrogênio (N) é o nutriente absorvido em maior quantidade pelas plantas em geral, e é utilizado na síntese de compostos celulares, como a clorofila, sendo, portanto, o seu teor nas folhas da planta, proporcional à quantidade de nitrogênio que ela absorveu. Dessa forma, conhecendo o índice de clorofila é possível saber se as plantas estão com deficiência de N (BLACKMER; SCHEPERS, 1994). Alguns autores ao observar o índice de clorofila (SPAD) em plantas de milho, concluíram que valores por volta de 45 são considerados ótimos para gramíneas (FONSECA et al., 2012), estando, portanto, as plantas do presente estudo, com deficiência de N. Contudo, diante das diferenças entre os tratamentos com e sem o uso de bactérias diazotróficas, pode-se observar que a fixação biológica de nitrogênio é eficiente em algumas variedades, aumentando a disponibilidade do nutriente para as plantas de cana-de-açúcar.

Tabela 3. Índice de clorofila (SPAD) de plantas de cana-de-açúcar em função das variedades e do uso de bactérias diazotróficas. Embrapa Clima Temperado, 2019.

Variedade de cana-de-açúcar	Índice de clorofila (SPAD)	
	Sem BD	Com BD
RB867515	19,87 b ^{*/1}	28,50 b
RB966928	22,37 ab *	27,63 b
RB016814	27,20 a ^{ns}	28,08 b
RB016818	25,08 ab ^{ns}	28,67 b
RB016819	25,27 ab *	35,63 a
Média	23,96	26,83
CV (%)	13,5	13,4

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), comparando as variedades de cana-de-açúcar sem e com o uso de bactérias diazotróficas. * e ns significativo e não significativo, pelo teste t ($p \leq 0,05$), quando comparado o uso de bactérias diazotróficas, dentro de cada variedade de cana-de-açúcar. BD: Bactérias diazotróficas.

4 CONCLUSÕES

O uso de bactérias diazotróficas no cultivo de cana-de-açúcar promove aumentos significativos em características importantes, como altura de planta, diâmetro de colmo e índice de clorofila, que reflete o conteúdo de nitrogênio. Portanto, pode-se concluir que o uso de bactérias diazotróficas melhora o estado nutricional das plantas, podendo levar ao uso de menor quantidade de fertilizantes nitrogenados, o que diminui os impactos ambientais da utilização desses insumos e torna o cultivo da cana-de-açúcar mais sustentável. No entanto, as respostas positivas ao uso das bactérias são variáveis, sendo algumas variedades de cana-de-açúcar, mais responsivas que outras. As variedades RB867515 e RB966928 estão entre as mais cultivadas no Brasil, sendo os resultados do presente estudo extremamente positivos.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à Embrapa Clima Temperado pela estrutura e materiais disponíveis para o desenvolvimento do trabalho e à Embrapa Agrobiologia pelo envio dos inoculantes bacterianos. Também à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsas de estudo que possibilitaram aos alunos desenvolver a pesquisa. E por fim, a Universidade Federal de Pelotas, especialmente ao Programa de Pós-graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar por tornarem possível a realização de trabalhos e a divulgação destes, através dos cursos de mestrado e doutorado.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, W. R.; SCHÖFFEL, E. R.; SILVA, S. D. A.; HÄRTER, A.; CAMPOS, A. D. S.; MONTERO, C. R. S. Productive performance of early sugarcane genotypes in Rio Grande do Sul state, Brazil. *Revista Scientia Agraria*, v. 18, n. 2, p. 136-142, 2017. <http://dx.doi.org/10.5380/rsa.v18i2.50533>.

BALDANI, J. I.; BALDANI, V. L. D.; SELDIN, L.; DÖBEREINER, J. Characterization of *Herbaspirillum seropedicae* gen. nov., sp. nov., a root-associated nitrogen-fixing bacterium. *International Journal of Systematic and Evolutionary Bacteriology*, v. 36, p. 86–93, 1986. <https://doi.org/10.1099/00207713-36-1-86>.

BALDANI, J. I.; POT, B.; KIRCHHOF, G.; FALSEN, E.; BALDANI, V. L. D.; OLIVARES, F. L.; HOSTE, B.; KERSTERS, K.; HARTMANN, A.; GILLIS, M.; DÖBEREINER, J. Emended description of *Herbaspirillum*; inclusion of [*Pseudomonas*] *rubrisubalbicans*, a mild plant pathogen, as *Herbaspirillum rubrisubalbicans* comb. nov.; and classification of a group of clinical isolates EF group 1 as *Herbaspirillum* species 3. *International Journal of Systematic and Evolutionary Bacteriology*, v. 46, p. 802–810, 1996. <https://doi.org/10.1099/00207713-46-3-802>.

BLACKMER, T. M.; SCHEPERS, J. S. Techniques for monitoring crop nitrogen status in corn. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v. 25, p. 1791-1800, 1994. <https://doi.org/10.1080/00103629409369153>.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura. Brasília, DF, 2012, 173 p.

CAVALCANTE, V.; DÖBEREINER, J. A new acid-tolerant nitrogen-fixing bacterium isolated from sugarcane. *Plant and Soil*, v. 108, p. 23–31, 1988. <https://doi.org/10.1007/BF02370096>.

CEZARINO, L. O.; LIBONI, L. B. Impactos sociais e ambientais da indústria da cana-de-açúcar. *Future Studies Research Journal*, v. 4, n. 1, p. 202-230, 2012. <https://doi.org/10.24023/FutureJournal/2175-5825/2012.v4i1.101>.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acomp. safra bras. cana, v. 5 - Safra 2017/18, n. 1 - Primeiro levantamento, maio de 2018.

COUTO, S. A importância da cana-de-açúcar no Brasil. Grupo de Mecatrônica da USP, São Paulo, 2013.

ESTRADA, G. A.; BALDANI, V. L. D.; OLIVEIRA, D. M.; URQUIAGA, S.; BALDANI, J. I. Selection of phosphate-solubilizing diazotrophic *Herbaspirillum* and *Burkholderia* strains and their effect on rice crop yield and nutrient uptake. *Plant and Soil*, v. 369, p. 115-129, 2013. <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1550-7>.

FALCONER, D. S. *Introdução à genética quantitativa*. Viçosa: UFV. 1987, 359 p.

FIGUEIREDO, R. T.; GUISTEM, J. M.; CHAVES, A. M. S.; AGUIAR JUNIOR, D. A.; SILVA, A. G. P.; PAIVA, J. B. P., SANTOS, F. N. Relação entre a área foliar, número de folhas e biomassa seca e fresca da planta de rúcula. *Horticultura Brasileira*, v. 28, p. 913-918, 2010.

GOSAL, S. K.; KALIA, A.; UPPAL, S. K.; KUMAR, R.; WALIA, S. S.; SINGH, K.; SINGH, H. Assessing the benefits of *Azobacter* bacterization in sugarcane: a field appraisal. *Sugar Tech*, v. 14, n. 1, p. 61-67, 2012. <https://doi.org/10.1007/s12355-011-0131-z>.

ICRISAT – International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. Sustainable Sugarcane Initiative. Training Manual. Andhra Pradesh, Índia, 2009.

LANDELL, M. G.; CAMPANA, M. P.; FIGUEIREDO, P.; XAVIER, M. A.; ANJOS, I. A.; DINARDO-MIRANDA, L. L.; SCARPARI, M. S.; GARCIA, J. C.; BIDÓIA, M. A. P.; SILVA, D. N.; MENDONÇA, J. R.; KANTHACK, R. A. D.; CAMPOS, M. F.; BRANCALÃO, S. R.; PETRI, R. H.; MIGUEL, P. E. M. Sistema de multiplicação de de cana-de-açúcar com uso de mudas pré-brotadas (MPB), oriundas de gemas individualizadas. Ribeirão Preto: Instituto Agronômico de Campinas (Documentos IAC, 109), 2012. 17 p.

LANDELL, M. G. A.; SILVA, M. A. As estratégias de seleção da cana em desenvolvimento no Brasil. *Visão Agrícola*, v. 1, p. 18-23, 2004. <https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/cana-melhoramento-genetico.pdf>. 13 Jan. 2020.

LIN, S. Y.; HAMEED, A.; SHEN, F. T.; LIU, Y. C.; HSU, Y. H.; SHAHINA, M.; LAI, W. A.; YOUNG, C. C. Description of *Niveispirillum fermenti* gen. nov., sp. nov., isolated from a fermentor in Taiwan, transfer of *Azospirillum irakense* 1989 as *Niveispirillum irakense* comb. nov., and

reclassification of *Azospirillum amazonense* 1983 as *Nitrospirillum amazonense* gen. nov. Antonie van Leeuwenhoek v. 105, p. 1149–1162, 2014. <https://doi.org/10.1007/s10482-014-0176-6>.

MAGALHÃES, F. M.; BALDANI, J. I.; SOUTO, S. M.; KUYKENDALL, J. R.; DÖBEREINER, J. A new acid-tolerant *Azospirillum* species. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 55, p. 417–430, 1983.

MANZATTO, C. V.; BACA, J. F. M.; PEREIRA, S. E. M. Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar: abordagem metodológica para integração temática de grandes áreas territoriais. In: PRADO, R. B.; TURETTA, A. P. D.; ANDRADE, A. G. (Org.). *Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010, 486 p.

MARAFON, A. C. Análise quantitativa de crescimento em cana-de-açúcar: uma introdução ao procedimento prático. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros (Documentos 168), 2012, 29 p.

MATSUOKA, S.; STOLF, R. Sugarcane tillering and ratooning: key factors for a profitable cropping. In: *Sugarcane: Production, Cultivation and Uses*. Nova Science Publishers, 2012, 21 p.

MENDES, R. F.; GUIMARÃES JUNIOR, J. B.; SANTOS, R. C.; CÉSAR, A. A. S. Efeito da associação de bagaço de cana, tipo e teor de adesivo na produção de painéis aglomerados com madeira de pinus. *Ciência Florestal*, v. 22, p. 187-196, 2012. <http://dx.doi.org/10.5902/198050985088>.

OECD/FAO. *Agricultural Outlook 2018-2027*. OECD Publishing, Paris/Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2018. https://doi.org/10.1787/agr_outlook-2018-en.

OLIVEIRA, A. L. M.; CANUTO, E. L.; URQUIAGA, S.; REIS, V. M.; BALDANI, J. I. Yield of micropropagated sugarcane varieties in different soil types following inoculation with diazotrophic bacteria. *Plant and Soil*, v. 284, p. 23-32, 2006. <https://doi.org/10.1007/s11104-006-0025-0>.

OLIVEIRA, A. L. M.; URQUIAGA, S.; DÖBEREINER, J.; BALDANI, J. I. The effect of inoculating endophytic N₂-fixing bacteria on micropropagated sugarcane plants. *Plant and Soil*, v. 242, p. 205-215, 2002. <https://doi.org/10.1023/A:1016249704336>.

OLIVEIRA, H. P.; MELO, R. O.; BALDOTTO, M. A.; ANDRADE, M. A.; BALDOTTO, L. E. B. Performance of pre-sprouted sugarcane seedlings in response to the application of humic acid and plant growth-promoting bacteria. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, v. 39, n. 3, p. 1365-1370, 2018. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2018v39n3p1365>.

OLIVER, R.; SILVA, M. A. Interaction between diazotrophic bacteria and N-fertilizer doses on sugarcane crop. *Journal of Plant Nutrition*, v. 41, p. 722-736, 2018. <https://doi.org/10.1080/01904167.2018.1425436>.

OREN, A.; GARRITY, G. M. Notification that new names of prokaryotes, new combinations, and new taxonomic opinions have appeared, of the IJSEM. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, v. 65, p. 1397–1399, 2015. <https://doi.org/10.1099/ijms.0.000142>.

PEDULA, R. O.; SCHULTZ, N.; MONTEIRO, R. C.; PEREIRA, W.; ARAÚJO, A. P.; URQUIAGA, S.; REIS, V. M. Growth analysis of sugarcane inoculated with diazotrophic bacteria and nitrogen fertilization. *African Journal of Agricultural Research*, v. 11, n. 30, p. 2786-2795, 2016. <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11141>.

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, p. 363-370, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902013000200020>.

REIS, V. M.; SANTOS, P. E.; TENORIO-SALGADO, S.; VOLGEL, J.; STROFFELS, M.; GUYON, S.; MAVINGUI, P.; BALDANI, V. L. D.; SCHMID, M.; BALDANI, J. I.; BALANDREAU, J.; HARTMANN A.; CABALLERO-MELLADO, J. *Burkholderia tropica* sp. nov., a novel nitrogen-fixing, plant-associated bacterium. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. v. 54, p. 2155-2162, 2004. <https://doi.org/10.1099/ijms.0.02879-0>.

SANGUINO, A.; MORAES, V. A.; CASAGRANDE, M. V. Curso de formação e condução de viveiros de mudas de cana-de-açúcar, 2006, 43 p.

SCHULTZ, N.; MORAIS, R. F.; SILVA, J. A.; BAPTISTA, R. B.; OLIVEIRA, R. P.; LEITE, J. M.; PEREIRA, W.; CARNEIRO JR.; J. B.; ALVES, B. J. R.; BALDANI, J. I.; BODDEY, R. M.;

URQUIAGA, S.; REIS, V. M. Avaliação agronômica de variedades de cana-de-açúcar inoculadas com bactérias diazotróficas e adubadas com nitrogênio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 47, n. 2, p. 261-268, 2012. <http://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/11413>. 13 Jan. 2020.

SCHULTZ, N.; SILVA, J. A.; SOUSA, J. S.; MONTEIRO, R. C.; OLIVEIRA, R. P.; CHAVES, V. A.; PEREIRA, W.; SILVA, M. F.; BALDANI, J. I.; BODDEY, R. M.; REIS, V. M.; URQUIAGA, S. Inoculation of sugarcane with diazotrophic bacteria. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 38, n. 2, p. 407–414, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832014000200005>.

URQUIAGA, S.; XAVIER, R. P.; MORAIS, R. F.; BATISTA, R. B.; SCHULTZ, N.; LEITE, J. M.; SÁ, J. M.; BARBOSA, K. P.; RESENDE, A. S.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M. Evidence from field nitrogen balance and ¹⁵N natural abundance data for the contribution of biological N₂ fixation to Brazilian sugarcane varieties. *Plant and Soil*, v. 356, p. 5-21, 2012. <https://doi.org/10.1007/s11104-011-1016-3>.

VERISSIMO, M. A. A.; SILVA, S. D. A.; AIRES, R. F.; DAROS, E.; PANZIERA, W. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos precoces de cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 47, p. 561-568, 2012. <http://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/12106>. 13 Jan. 2020.

XAVIER, M. A.; MENDONÇA, J. R.; SANGUINO, A. Viveiros de mudas. In: DINARDO MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M; LANDELL, M. G. A. (Ed.). *Cana-de-açúcar*. Campinas: Instituto Agrônomo, p. 535-546, 2008.