

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 10/02/2021.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**ABSORÇÃO DE NITROGÊNIO E FÓSFORO EM MILHO,
SOJA E CANA-DE-AÇÚCAR INOCULADAS COM
BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS EM DIFERENTES NÍVEIS
DE ADUBAÇÃO**

Fernanda Cristina do Nascimento
Química

Jaboticabal
2020

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ABSORÇÃO DE NITROGÊNIO E FÓSFORO EM MILHO, SOJA E
CANA-DE-AÇÚCAR INOCULADAS COM BACTÉRIAS
DIAZOTRÓFICAS EM DIFERENTES NÍVEIS DE ADUBAÇÃO**

**Fernanda Cristina do Nascimento
Orientador: Prof. Dr. Everlon Cid Rigobelo**

**Tese apresentada à Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias –
Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como
parte das exigências para a obtenção do
título de Doutora em Microbiologia
Agropecuária.**

2020

N244a

Nascimento, Fernanda Cristina

Absorção de Nitrogênio e Fósforo em Milho, Soja e Cana-de-açúcar inoculadas com bactérias diazotróficas em diferentes níveis de adubação / Fernanda Cristina Nascimento. -- Jaboticabal, 2020
89 p. : tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientador: Everlon Cid Rigobelo

1. Absorção nutricional. 2. Inoculação. 3. Interações
microrganismos e plantas. 4. Bactérias promotoras de crescimentos de
plantas. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

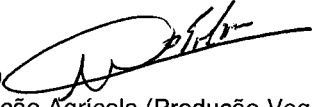
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: ABSORÇÃO DE NITROGÊNIO E FÓSFORO EM MILHO, SOJA E CANA-DE-AÇÚCAR INOCULADAS COM BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS EM DIFERENTES NÍVEIS DE ADUBAÇÃO


AUTORA: FERNANDA CRISTINA DO NASCIMENTO


ORIENTADOR: EVERLON CID RIGOBEL

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em MICROBIOLOGIA AGROPECUÁRIA, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. EVERLON CID RIGOBEL 
Departamento de Ciências da Produção Agrícola (Produção Vegetal /Fitotecnia) / FCAV - UNESP - Jaboticabal

Profa. Dra. JOYCE DÓRIA 
Universidade Federal de Lavras-UFLA / Lavras/MG

Prof. Dr. BRENER MAGNABOSCO MARRA 
Universidade Federal de São João del-Rei / Ouro Branco/MG

Profa. Dra. MARIANA CARINA FRIGIERI SALARO 
Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza / FATEC - Jaboticabal/SP

Prof. Dr. FÁBIO CAMILOTTI 
Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza / FATEC - Jaboticabal/SP

Jaboticabal, 10 de agosto de 2020

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

FERNANDA CRISTINA DO NASCIMENTO – Nascida em 31 de outubro de 1987, em Sertãozinho, estado de São Paulo, filha de Sergio Luiz do Nascimento e Gasparina Luzia Ramos do Nascimento, casada com Samuel Guidi Pinotti e mãe do Lucas Nascimento Guidi Pinotti. Tornou-se Licenciada em Química em dezembro de 2012, pelo Instituto Federal de São Paulo –IFSP, Câmpus de Sertãozinho, SP. Ingressou no programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agropecuária, iniciado em agosto de 2014 sob orientação do Prof. Dr. Everlon Cid Rigobelo, obtendo o título em Mestra em Microbiologia Agropecuária em 2016 e posteriormente dando sequencia ao Doutorado na mesma área.

*“Aprimorar a paciência requer
algo que nos permita praticar a tolerância”*

À Samuel Guidi Pinotti
Aos que vivem de verdade entre nós
E aos que viveram
Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente á Deus, pela oportunidade alcançada e pela força e fé de todos os dias para que o trabalho fosse concretizado.

O meu imenso amor as duas pessoas mais importantes da minha vida, Lucas e Samuel (in memorian), ao qual sem vocês não teria motivo para tentar fazer deste um mundo melhor, pois vocês fizeram meu mundo melhor.

Aos meus Pais Sergio e Gasparina pela educação que me deram e pelo exemplo de vida que sempre serão pra mim.

A minha família, irmãos e irmãs, aos meus sogros Eva e Ricardo, Maria Teresa A os demais que com cada gesto de colaboração ajudou com que os meus dias fossem prazerosos.

Ao Prof. Dr. Everlon, pela confiança e paciência ao longo de todo o trabalho e pela colaboração intelectual que foi muito importante e agregou muito valor e conhecimento na elaboração dos experimentos.

As minhas amigas, que com o passar dos anos, a nossa amizade continua a mesma, independente do tempo que passamos juntas.

Aos amigos do Laboratório LSM pela colaboração prestada ao longo da realização do experimento e toda ajuda sempre que necessário.

A todos os envolvidos no projeto com a Usina Santo Ângelo, toda a experiência foi válida pessoal e profissional.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Ao longo de todo esse período de mestrado e doutorado, foram tantas pessoas que cruzaram o meu caminho, tantas histórias vividas, experiências compartilhadas e muito conhecimento adquirido. Não seria justo aqui colocar o nome de cada um e acabar esquecendo de alguém, mas saibam que guardo em meus pensamentos todos aqueles que fizeram parte desde processo que foi crucial em minha vida de forma pessoal e profissional.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente colaboraram para que o trabalho fosse concluído, meu muito obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO.....	9
ABSTRACT.....	10
CAPÍTULO 1- CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	11
1.1. Agricultura e os impactos ambientais e econômicos do uso de insumos agrícolas.....	14
1.2. Fatores ambientais que afetam a cultura do milho.....	15
1.3. Fatores ambientais que afetam a cultura da soja.....	16
1.4. Fatores ambientais que afetam a cultura da cana-de-açúcar.....	17
CAPÍTULO 2- PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL COM A UTILIZAÇÃO DE BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO DE PLANTAS.....	19
Resumo.....	19
Introdução.....	19
Produção de Fitohormônios.....	23
Produção de Sideróforos.....	25
Produção de antibióticos.....	26
Fixação Biológica do Nitrogênio.....	27
Solubilização de nutrientes.....	28
Futuro e Perspectivas.....	30
Referências.....	31
CAPÍTULO 3- EFFECT OF PLANT GROWTH-PROMOTING BACTERIA ON MAIZE NUTRITIONAL STATUS IN HIGH AND LOW SOIL FERTILITY CONDITIONS.....	41
Abstract.....	41
Introduction.....	42
Materials and methods.....	43
Results.....	46
Discussion.....	48
Conclusion.....	51
References.....	52

CAPÍTULO 4 - PRODUÇÃO DE SOJA COM REDUÇÕES DE DOSES DE ADUBAÇÃO QUÍMICA E APLICAÇÃO DE <i>Bacillus subtilis</i>	57
Resumo.....	57
Introdução.....	57
Materiais E Métodos.....	59
Resultados E Discussão.....	63
Conclusão.....	67
Referências.....	67
CAPÍTULO 5 - BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO DE PLANTAS NA CANA-DE-AÇÚCAR COM DIFERENTES ADUBAÇÕES.....	73
Resumo.....	73
Introdução.....	74
Materiais E Métodos.....	75
Resultados.....	78
Discussão.....	79
Conclusão.....	81
Referencias.....	82
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86

ABSORÇÃO DE NITROGÊNIO E FÓSFORO EM MILHO, SOJA E CANA-DE-AÇÚCAR INOCULADAS COM BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS EM DIFERENTES NÍVEIS DE ADUBAÇÃO

RESUMO - O uso de bactérias promotoras de crescimento de plantas na agricultura vem sendo muito difundido, pois estas bactérias se estabelecem na rizosfera, produzem fitohormônios, fixam o nitrogênio, solubilizam o fósforo e combatem patógenos de solo refletindo assim em um maior crescimento da planta e aumento de produtividade. Esta relação entre bactéria e planta, especialmente quanto aos efeitos sobre a absorção de alguns nutrientes essenciais, ainda é pouco conhecida. O objetivo do presente projeto é avaliar essa interação entre a planta e bactérias diazotróficas como *Azospirillum brasilense*, *Herbaspirillum seropedica*, *Gluconocetobacter diazotrophicus*, *Bacillus pumilus*, *B. amyloliquefaciens* e *B. subtilis* avaliando o comportamento das plantas quanto a absorção dos nutrientes nitrogênio e fósforo, desenvolvimento radicular e crescimento vegetal das plantas inoculadas comparadas com o tratamento controle em diferentes adubações nas culturas do milho (*Zea mays*) e da soja (*Glycine max*) soja e cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*). Os resultados em milho mostraram que houve pouca diferença no comportamento das bactérias em condições de baixa e elevada fertilidade do solo e que para alguns parâmetros nutricional a eficiência de extração do nutriente do solo pode ser prejudicada pela fertilização química. De acordo com os resultados verificou-se que é possível plantar soja reduzindo a adubação química em até 80% com a utilização de *B. subtilis*. Os resultados mostram que é possível reduzir a aplicação de fertilizantes químicos, incluindo adubação nitrogenada, quando se aplica microrganismos na produção de cana-de-açúcar sem diminuição da produtividade.

Palavras-chave: Absorção nutricional, inoculação, interações microrganismos-plantas.

Nitrogen and Phosphorus absorption in maize, soybeans and sugarcane inoculated with diazotrophic bacteria at different fertilization levels.

ABSTRACT - The plant growth promoting bacteria use in agriculture has been widespread due to its establishment in the rhizosphere phytohormone production, nitrogen fixing, phosphorus solubilizing and attack against pathogen thus reflecting in plant growth and yield increases. The plant-bacteria relationship especially regarding the as essential nutrient absorption is little known. The aim of the present study was to evaluate the plant-bacteria interaction of diazotrophic bacteria such as *Azospirillum brasilense*, *Herbaspirillum seropedica*, *Gluconocetobacter diazotrophicus*, *Bacillus pumilus*, *B. amyloliquefaciens* and *B. subtilis* assessing the plants behavior as nutrients absorption nitrogen and phosphorus, root and shoot development of plant inoculated with these bacteria and compared to control and different fertilization dose a the maize, soybeans and sugarcane crop. The results from maize showed lower difference of the bacteria behavior for two conditions, fertilized and no fertilized for nutritional parameters from plants and nutrient efficiency extraction can be harmed by the presence of chemical fertilization. According the results this study verified that it is possible plant soybean reducing the chemical fertilization up to 80% using *B. subtilis*. Also the results showed that was possible to reduce chemical fertilization including nitrogen fertilization when the bacteria were applied without reducing yield.

Keywords: Nutritional absorption, inoculation, plant-microorganisms interaction.

Capítulo 2. Produção Sustentável com a Utilização de Bactérias Promotoras de Crescimento de Plantas

Fernanda Cristina do Nascimento Everlon Cid Rigobelo

Programa de Pós-graduação em Microbiologia Agropecuária – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias campus de Jaboticabal.

Resumo

As práticas de agricultura convencional frequentemente utilizam uma grande quantidade de fertilizantes sintéticos e inseticidas que possuem um grande efeito adverso sobre os humanos, animais e o ambiente. Para minimizar esses efeitos, pesquisadores em todo o mundo agora estão profundamente engajados na procura de alternativas relacionadas a produção agrícola que sejam menos dependentes de adubos químicos. Uma alternativa para esse grande desafio é o uso de bactérias rizosféricas como componentes vitais da fertilidade do solo e da promoção de crescimento de plantas através de seus processos diretos e indiretos na rizosfera das plantas. Entre as bactérias mais estudadas estão os *Bacillus* sp e o *Azospirillum brasilense*. Particularmente pela produção de antibióticos, enzimas e sideróforos que são importantes habilidades das bactérias promotoras de crescimento de plantas. Apesar disso, muito informação está disponível especialmente sobre suas potencialidades na produção agrícola e sua aplicação direta envolve apenas poucas espécies bacterianas deixando a maioria das rizobactérias inexploradas. Essa revisão oferece uma pequena discussão sobre as propriedades das bactérias promotoras de crescimento de plantas, especialmente os *Bacillus* sp e o *A. brasilense* bem como seus diferentes mecanismos que se bem conhecidos podem levar a uma aplicação de sucesso e a uma produção agrícola sustentável. Além disso, esta revisão destaca alguns aspectos pouco discutidos em relação a essas importantes rizobactérias que devem ser consideradas em pesquisas futuras. Essas informações serão úteis na análise das habilidades de BPCP com o objetivo de explorar completamente seu potencial de produção agrícola e sustentabilidade ambiental.

Agradecimentos: Coordenadoria de Pesquisa de Ensino Superior- Capes código de financiamento 001

Introdução

A demanda por alimento continuará a crescer anualmente e proporcionalmente ao crescimento da população mundial (Patel and Minocheherhomji, 2018). Isto levará a uma intensificação cada vez maior da agricultura por segurança alimentar e pelo uso continuado de fertilizantes sintéticos e inseticidas para maximizar a produtividade (Kumar et al., 2010). Em

decorrência disso há muitos efeitos deletérios sobre os insetos e organismos não alvos promovendo danos ao ecossistema através do aumento da poluição (Yu et al., 2009). Pesquisas em todo mundo tem direcionado tem direcionado à busca de alternativas ambientalmente viáveis com objetivo de melhorar a produção agrícola controlando insetos pragas (Bhattacharyya and Jha, 2012), e uma das áreas mais estudadas é a utilização de interações planta-micróbios para o desenvolvimento de um sistema de produção sustentável (Naqqash et al., 2016).

A rizosfera das plantas são ambientes especiais com interações complexas entre raiz-solo-microrganismos (Jha et al., 2013). Essas complexas interações são dirigidas pela rizodeposição que atraem bactérias benéficas para as raízes das plantas (Bhattacharyya et al., 2016; Mhlongo et al., 2018; Zhang et al., 2017) e como resultado as raízes das plantas suportam um grande número de bactérias que são comumente chamadas de bactérias promotoras de crescimento das plantas ou bactérias rizosféricas (Bhattacharyya and Jha, 2012; Raza et al., 2016). Evidências sugerem que as rizobactérias são capazes de melhorar o crescimento das plantas de forma direta e indireta através e vários fatores (Patel and Minocheherhomji, 2018; Raza et al., 2016), incluindo a fixação do nitrogênio, a solubilização de nutrientes e a biossíntese de fitohormônios, antibióticos, enzimas hidrolíticas, sideróforos e indução de um sistema de resistência sistêmico contra fitopatógenos (Beneduzi et al., 2012; García-Fraile et al., 2015; Gupta et al., 2015). As rizobactérias que contribuem para a promoção de crescimento de plantas fornecendo nutrientes ou melhorando seu absorção pelas plantas como a fixação de nitrogênio, solubilização de fósforo ou a aquisição de ferro são comumente chamados de biofertilizantes (Kuan et al., 2016; Sharma et al., 2013). Os biofertilizantes são muito úteis na mobilização e solubilização de nutrientes do solo comparados com as bactérias não rizosféricas (Hayat et al., 2010), e são por isso são essenciais na fertilidade do solo (Downie, 2012).

As rizobactérias que contribuem para a supressão de fitopatógenos pelo antagonismo e competição são demoninadas de agentes de biocontrole ou bioinseticidas (Beneduzi et al., 2012; Chowdhury et al., 2013), enquanto aquelas que contribuem para a degradação de poluentes orgânicos e redução de metais potencialmente tóxicos em solos contaminados são chamadas de

biorremediadoras ou fitorremediadoras (Goswami et al., 2016). Similarmente, as rizobactérias que produzem fitohormônios tais como ácido indol acético (AIA), etileno, ácido geberélico (AG) e outros são coletivamente chamados de fitoestimuladores (Somers et al., 2004).

Alguns isolados de bactérias rizosféricas podem adentrar e colonizar internamente o tecido vegetal e são chamados de endofíticos (Verma et al., 2010), enquanto outros isolados colonizam a porção externa das raízes de plantas (Ilangumaran and Smith, 2017; Martinez-Viveros et al., 2010). As bactérias endofíticas tem sido reconhecidas uma ótimas candidatas para a promoção de crescimento de plantas devido sua relação íntima com o tecido radicular (Castanheira et al., 2017; Souza et a., 2015).

A utilização de rizobactérias tem sido considerada como uma alternativa aos fertilizantes sintéticos para uma produção agrícola sustentável (Patel and Minocheherhomji, 2018). Algumas rizobactérias muito estudadas incluem *Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Enterobacter*, *Arthrobacter*, *Alcaligenes*, *Bacillus*, *Serratia*, *Burkholderia*, *Acinetobacter* e *Klebsiella* (Bhattacharyya e Jha 2012; Adesemoye et al. 2017). Os potenciais dessas rizobactérias tem sido demonstrado em diversas culturas como trigo (Govindasamy et al., 2014), feijão (Stefan et al., 2013), batata (Dawwam et al., 2013), milho (Krey et al., 2013), pepino (Islam et al., 2016) e muito outros (Hayat et al., 2010). Todos esses estudos têm demonstrado que formulações a base de BPCP podem melhorar diferentes atributos do crescimento de plantas como raízes e parte aérea, biomassa, germinação das sementes e tamanho de folhas (Wang et al., 2016). Entretanto, ainda permanece a necessidade de um melhor entendimento não apenas dos mecanismos pelos quais as BPCP realizam seus papéis ecológicos, mas também quais habilidades podem ser utilizadas e exploradas para uma produção sustentável e conseqüentemente melhorar a segurança alimentar (Rosier et al., 2018).

Os Bacilli são as rizobactérias mais estudadas (Souza et al., 2015), depois das *Pseudomonas* principalmente por suas atividades de biocontrole (Idris et al., 2007). Os estudos indicam que os bacilos também são as bactérias mais abundantes nas rizosferas de plantas, perfazendo 95% das populações de rizobactérias Gram-positivas nas rizosferas das plantas (Prashar et al., 2013). Essas bactérias são eficientes BPCP capazes de promover o crescimento das

plantas através da produção de várias substâncias, como antibióticos e metabólitos antifúngicos (Chowdhury et al., 2013), como os sideróforos (Compant et al., 2005), enzimas líticas (Nelson, 2004). Os membros do gênero *Bacillus* são excelentes candidatos a participarem de formulações pela capacidade de esporulação.

Existem muitas evidências que sugerem que muitas das rizobactérias incluindo os *Bacillus* sp podem promover o crescimento das plantas de diversas maneiras e por uma combinação de processos. Por exemplo, *B. polymyxa* pode não apenas melhorar a disponibilidade de nutrientes para as plantas, mas também produz fitohormônios e melhora a capacidade das plantas em tolerar estresses bióticos e abióticos (Zhou et al., 2016). Apesar dessas informações, a exploração e a utilização dessas rizobactérias para a produção agrícola ainda é pouco realizada em muitas partes do mundo, especialmente considerando as muitas qualidades desejáveis que elas possuem, que as tornam adequadas para uso como biofertilizantes vegetais e bioinseticidas. De fato, essas rizobactérias recebem pouca atenção, mesmo sendo portadoras de enormes (Idris et al., 2007).

Assim como outras BPCP, os *Bacillus* sp podem colonizar os tecidos externos ou internos das raízes das plantas (Gadhawe et al., 2018). Os *Bacillus* spp. são as bactérias endofíticas mais comuns em plantas (Rajendran et al., 2008), formando relações mais íntimas com as plantas hospedeiras porque estão protegidas dentro dos tecidos vegetais (Zhao et al., 2015) aumentando seu efeito de controlar patógenos vegetais (Dey et al., 2014; Timmusk et al., 2005).

Alguns *Bacillus* spp endofíticos estão presentes em nódulos inespecíficos de plantas hospedeiras e são importantes na promoção do crescimento e da nodulação nessas plantas (Deng et al., 2011; Li et al., 2008a, 2008b; Muresu et al., 2008; Saini et al., 2013; Selvakumar et al., 2008; Stajković et al., 2009). Assim essas bactérias podem ser exploradas na produção agrícola. Um estudo recente de Zhao et al. (2018), demonstra que as cepas simbióticas de *Bacillus* de nódulos possuem valiosos atributos para serem explorados como biofertilizantes. Alguns *Bacillus* sp também têm sido utilizados como co-inoculantes aplicados juntamente com *Rhizobium* (Bai et al., 2003; Rajendran et al., 2008).

Esse potencial apresentado pelos *Bacillus* sp demonstra novas possibilidades de se aproveitar os *Bacillus* sp para formulações de inoculantes.

No entanto, mais informações são necessárias sobre a ocorrência, condições e interações de rizobactérias endofíticas com os *Bacillus* sp em diferentes sistemas agrícolas e como isso pode ser uma boa estratégia para melhores rendimentos das culturas e, também, sustentabilidade ambiental.

Conclusão

Os resultados mostram foi possível produzir cana-de-açúcar de no primeiro corte reduzindo a dose de fertilizante químico em até 30% com a aplicação de bactérias promotoras de crescimento de plantas sem detrimento da fertilidade do solo e produtividade. Além do mais, foi possível um incremento de fertilidade do solo e produtividade com a utilização do composto orgânico juntamente com a aplicação dessas bactérias.

Referências

- Ahmad M, Nadeem SM, Naveed M, Zahir ZA (2016) Potassium-solubilizing bacteria and their application in agriculture. In: Potassium solubilizing microorganisms for sustainable agriculture. Springer, pp 293-313
- Ashraf A, Bano A, Ali SA (2019) Characterisation of plant growth-promoting rhizobacteria from rhizosphere soil of heat-stressed and unstressed wheat and their use as bio-inoculant *Plant Biology* 21:762-769
- Bai Y et al. (2015) Functional overlap of the Arabidopsis leaf and root microbiota *Nature* 528:364-369
- Barbosa J, Júnior M, AgroEstat W (2015) sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos Jaboticabal: Gráfica Multipress Ltda
- Bulgarelli D, Schlaeppi K, Spaepen S, Van Themaat EVL, Schulze-Lefert P (2013) Structure and functions of the bacterial microbiota of plants *Annual review of plant biology* 64:807-838
- Castrillo G et al. (2017) Root microbiota drive direct integration of phosphate stress and immunity *Nature* 543:513-518
- Chaves VA, dos Santos SG, Schultz N, Pereira W, Sousa JS, Monteiro RC, Reis VM (2015) Desenvolvimento inicial de duas variedades de cana-de-açúcar inoculadas com bactérias diazotróficas *Revista Brasileira de Ciencia do solo* 39:1595-1602
- Coleman-Derr D et al. (2016) Plant compartment and biogeography affect microbiome composition in cultivated and native *Agave* species *New Phytologist* 209:798-811
- Edwards J et al. (2015) Structure, variation, and assembly of the root-associated microbiomes of rice *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112:E911-E920
- Gírio LAdS, Dias FLF, Reis VM, Urquiaga S, Schultz N, Bolonhezi D, Mutton MA (2015) Plant growth-promoting bacteria and nitrogen fertilization effect on the initial growth of sugarcane from pre-sprouted seedlings *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 50:33-43
- Kramer J, Özkaya Ö, Kümmerli R (2019) Bacterial siderophores in community and host interactions *Nat Rev Microbiol*:1-12
- Mesa L, López N, Cara C, Castro E, González E, Mussatto SI (2016) Techno-economic evaluation of strategies based on two steps organosolv pretreatment

and enzymatic hydrolysis of sugarcane bagasse for ethanol production
Renewable Energy 86:270-279

Mohammadi K (2012) Phosphorus solubilizing bacteria: occurrence, mechanisms and their role in crop production *Resour Environ* 2:80-85

Muthukumarasamy R, Revathi G, Vadivelu M, Aruri K (2017) Isolation of bacterial strains possessing nitrogen-fixation, phosphate and potassium-solubilization and their inoculation effects on sugarcane *Indian J Exp Biol* 55:161-170

Panke-Buisse K, Poole AC, Goodrich JK, Ley RE, Kao-Kniffin J (2015) Selection on soil microbiomes reveals reproducible impacts on plant function *The ISME journal* 9:980-989

Perez-Montano F et al. (2014) Plant growth promotion in cereal and leguminous agricultural important plants: From microorganism capacities to crop production *Microbiol Res* 169:325-336 doi:10.1016/j.micres.2013.09.011

Ryu M-H et al. (2020) Control of nitrogen fixation in bacteria that associate with cereals *Nature Microbiology* 5:314-330

Santos RM, Kandasamy S, Rigobelo EC (2018) Sugarcane growth and nutrition levels are differentially affected by the application of PGPR and cane waste *MicrobiologyOpen* 7:e00617

Schultz N et al. (2014) Inoculation of sugarcane with diazotrophic bacteria *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 38:407-414

Singh D, Ghosh P, Kumar J, Kumar A (2019) Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPRs): Functions and Benefits. In: *Microbial Interventions in Agriculture and Environment*. Springer, pp 205-227

Viero F, Bayer C, Vieira RCB, Carniel E (2015) Management of irrigation and nitrogen fertilizers to reduce ammonia volatilization *Revista Brasileira De Ciencia Do Solo* 39:1737-1743

Vurukonda SSKP, Vardharajula S, Shrivastava M, SkZ A (2016) Enhancement of drought stress tolerance in crops by plant growth promoting rhizobacteria *Microbiol Res* 184:13-24

Referências Bibliográficas

Abbasi, M. et al. (2011) Isolation of plant growth promoting rhizobacteria from wheat rhizosphere and their effect on improving growth, yield and nutrient uptake of plants. **Plant Biosystems**.

Albernas, K. et al. (2019) Viabilidade agronômica da inoculação de bactérias promotoras de crescimento na cultura do milho.

Alves, B. J. R. et al (2006) Fixação biológica de nitrogênio e fertilizantes nitrogenados no balanço de nitrogênio em soja, milho e algodão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 3, p. 449–456.

Aniceto, R. (2017) **Modulação da comunidade bacteriana associada ao milho (*Zea mays* L.) através da inoculação de bactérias promotoras de crescimento de plantas.** [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11137/tde-06012017-155312/en.php>>. Acesso em: 31 maio. 2020.

Aprosoja Brasil. A Soja. Disponível em: <<https://aprosojabrasil.com.br/a-soja/>>. Acesso em: 12 jun. 2020.

Bonilla, G. E.; Cardoso, E. (2015) Efeito da inoculação de bactérias mobilizadoras de fósforo na compostagem e no desenvolvimento da cana-de-açúcar.

Bulegon, L. G., L. Rampim, J. Klein, D. Kestring, V. F. Guimarães, A. G. Battistus, e A. M. Inagaki. (2015) Componentes de produção e produtividade da cultura da soja submetida à inoculação de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*. **Terra Latinoamericana** 34: 169-176.

Capelli, N. L. (1999) “Agricultura de precisão-Novas tecnologias para o processo produtivo.” **LIE: DMAQAG: FEAGRI: UNICAMP**.

Cassán, F.; Diaz-Zorita, M. (2016) *Azospirillum* sp. in current agriculture: From the laboratory to the field. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 103, p. 117–130.

CONAB (2020) **Cana-de-açúcar**. Disponível em: <https://www.novacana.com/pdf/23042020100456_Conab_-_4_Levantamento.pdf>. Acesso em: 24 maio. 2020.

Díaz-Zorita, M. et al. (2015) Field evaluation of extensive crops inoculated with *azospirillum* sp. In: **Handbook for Azospirillum: Technical Issues and Protocols**. Springer International Publishing p. 435–445.

Dungait, J. et al. (2012) Advances in the understanding of nutrient dynamics and management in UK agriculture. **Elsevier**.

FAO (2020) **Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação: Notícias | FAO no Brasil | Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Disponível em: <<http://www.fao.org/brasil/noticias/pt/>>

Fischer, S. E. Et Al. (2007) Isolation and characterization of bacteria from the rhizosphere of wheat. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 23, n. 7, p. 895–903.

Francisco Guimarães, V. et al. (2018) **Capítulo 11 Bactérias Promotoras de Crescimento Vegetal: da FBN à regulação hormonal, possibilitando novas aplicações**.

Fukami, J. et al. (2016) Accessing inoculation methods of maize and wheat with *Azospirillum brasilense*. **AMB Express**, v. 6, n. 1, p. 1–13, 1.

Filippi, M. Et Al. (2011) Leaf blast (*Magnaporthe oryzae*) suppression and growth promotion by rhizobacteria on aerobic rice in Brazil. **Biological Control**.

Galvão, J. et al. (2014) Sete décadas de evolução do sistema produtivo da cultura do milho. **SciELO Brasil**.

Gavilanes, F. Z. et al. (2020) A cultura do milho: nitrogênio e inoculação com bactérias promotoras de crescimento. **UNESUM-Ciencias. Revista Científica Multidisciplinária. ISSN 2602-8166**, v. 3, n. 3, p. 17–26.

Gonçalves, I. (2015) Aspectos nutricionais, fisiológicos e vegetativos da cultura da cana-de-açúcar irrigada via gotejamento subsuperficial com aplicação de esgoto doméstico tratado. Disponível em: <<http://repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/256742>>. Acesso em: 7 jun. 2020.

Heppell, J. et al. (2016) Modelling the optimal phosphate fertiliser and soil management strategy for crops. **Plant and Soil**, v. 401, n. 1–2, p. 135–149.

Khalid, A. et al. (2005) Relative efficiency of rhizobacteria for auxin biosynthesis in rhizosphere and non-rhizosphere soils. **Soil Research**.

Magalhaes, P. C. et al. (2002) Fisiologia do milho. **Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica**.

Malavolta, E.; Gomes, F.; Alcarde, J. Adubos e adubações. 2000.

Mao, J.-D. et al. (2012) Abundant and Stable Char Residues in Soils: Implications for Soil Fertility and Carbon Sequestration. **ACS Publications**, v. 46, n. 17, p. 9571–9576.

Marks, B. B. Et al. (2013) Biotechnological potential of rhizobial metabolites to enhance the performance of *Bradyrhizobium* spp. and *Azospirillum brasilense* inoculants with soybean and maize. **AMB Express**, v. 3, p. 1–10.

Ministério da Economia (ME) (2020) **Exportações brasileiras crescem 5,6% em maio, mesmo em cenário adverso — Português (Brasil)**. Disponível em:

<<https://www.gov.br/economia/pt-br/assuntos/noticias/2020/junho/exportacoes-brasileiras-crescem-5-6-em-maio-mesmo-em-cenario-adverso>>. Acesso em: 7 jun. 2020.

Pastore, A. (2017) Manejo de inoculação com *Bradyrhizobium* em soja associado ao tratamento fitossanitário das sementes.

Pedula, R. O. et al. (2016) African Journal of Agricultural Research Growth analysis of sugarcane inoculated with diazotrophic bacteria and nitrogen fertilization. **academicjournals.org**, v. 11, n. 30, p. 2786–2795, 2016.

Pelaquim, J. A. P. et al. (2016) Avaliação da fixação biológica de nitrogênio no processo de seleção de linhagens de soja.

Rodrigues, A. A. et al. (2016) Isolation and selection of plant growth-promoting bacteria associated with sugarcane. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 46, n. 2, p. 149–158.

Ronquim, C. C. (2010) Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. **infoteca.cnptia.embrapa.br**.

Salazar, S.; Lovaisa, N. (2012) Fruit yield of strawberry plants inoculated with *Azospirillum brasilense* RLC1 and REC3 under field conditions. **Revista Agronômica**.

Saynara, T. et al. (2012) Embriogênese somática de variedades superiores de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) SOMATIC EMBRYOGENESIS IN THE SUPERIOR VARIETY OF SUGARCANE (*Saccharum* spp.). **revistageintec.net**.

Schultz, N. et al. (2014) Inoculation of sugarcane with diazotrophic bacteria 407 inoculation of sugarcane with diazotrophic bacteria (1) divisão 2-processos e propriedades do solo. Comissão 2.1-Biologia do solo RESUMO: INOCULAÇÃO DE BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS NA CULTURA DE CANA-DE-AÇÚCAR. **Bras. Ci. Solo**.

Schultz, N.; Morais, R. De; Silva, J. D.A (2012) Avaliação agronômica de variedades de cana-de-açúcar inoculadas com bactérias diazotróficas e adubadas com nitrogênio. **Pesquisa**.

Souza R.D. et al. (2017) Potencial Agronômico de Bactérias Endofíticas de *Echinodorus scaber* Rataj (*macrophyllus*) em Plântulas de Soja Agronomic Potential of Endophytic Bacteria in *Echinodorus scaber* Rataj (*macrophyllus*) in **Soybean SeedlingsBiol**.

Tajini, F.; Trabelsi, M.; Drevon, J. (2012) Combined inoculation with *Glomus intraradices* and *Rhizobium tropici* CIAT899 increases phosphorus use efficiency for symbiotic nitrogen fixation in common. **Saudi journal of biological sciences**.

Vitti, G. C; Trevisan, W. (2000) Manejo de macro e micronutrientes para alta produtividade da soja. **Potafos**, v. 90, p. 16.