

*Série*  
Produtor Rural

nº 59



# Microrganismos estimulantes na agricultura

Jonathas Pereira Graças  
Camila Ribeiro  
Fabiane Aparecida Artioli Coelho  
Marcia Eugenia Amaral Carvalho  
Paulo Roberto de Camargo e Castro

Universidade de São Paulo  
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"  
Divisão de Biblioteca

**Foto da capa:** Simone Cristiane Brand

Clamidósporos de *P. indica* em fragmentos de raízes de faia.

*Piriformospora indica* é um fungo endofítico colonizador de raízes de uma ampla gama de plantas, permitindo que as mesmas possam crescer sob condições de estresse físico e nutricional. O fungo pode ser cultivado em meio sintético, sendo de interesse no contexto da pesquisa básica, bem como para possíveis aplicações biotecnológicas. Nesse sentido, *P. indica* poderia atuar das seguintes maneiras: (1) como promotor de crescimento vegetal e biofertilizante em solos deficientes em nutrientes; (2) como bioprotetor contra estresses abióticos e bióticos incluindo patógenos do sistema radicular e da parte aérea, bem como insetos; (3) como agente bioregulador no crescimento de plantas, floração precoce, aumento da produção de sementes, e no estímulo à produção de metabólitos em plantas medicinais; (4) como agente auxiliar na aclimação de plantas provenientes de cultura de tecidos (PASCHOLATI et al., 2012).

ISSN 1414-4530

Universidade de São Paulo - USP  
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - ESALQ  
Divisão de Biblioteca - DIBD

**Jonathas Pereira Graças** <sup>1</sup>

**Camila Ribeiro** <sup>2</sup>

**Fabiane Aparecida Artioli Coelho** <sup>3</sup>

**Marcia Eugenia Amaral Carvalho** <sup>4</sup>

**Paulo Roberto de Camargo e Castro** <sup>5</sup>

<sup>1</sup> Mestre em Fisiologia e Bioquímica de Plantas - ESALQ/USP  
jonathaspg@usp.br

<sup>2</sup> Mestre em Genética e Melhoramento de Plantas - ESALQ/USP  
cams.ribeiro@gmail.com

<sup>3</sup> Doutora em Fisiologia e Bioquímica de Plantas - ESALQ/USP  
fabiane\_art@yahoo.com.br

<sup>4</sup> Mestre em Fisiologia e Bioquímica de Plantas - ESALQ/USP  
marcia198811@usp.br

<sup>5</sup> Professor Titular - Departamento de Ciências Biológicas - ESALQ/USP  
prcastro@usp.br

# **Microrganismos estimulantes na agricultura**

Série Produtor Rural - nº 59

Piracicaba  
2015

## **DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD**

Av. Pádua Dias, 11 - Caixa Postal 9

13.418-900 - Piracicaba - SP

biblioteca.esalq@usp.br • www.esalq.usp./biblioteca

Revisão e Edição Eliana Maria Garcia

Foto Capa Simone Cristiane Brand

Layout Capa José Adilson Milanêz

Editoração Eletrônica Maria Clarete Sarkis Hyppolito

Impressão e Acabamento Serviço de Produções Gráficas - ESALQ

Tiragem 300 exemplares

### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP**

Microrganismos estimulantes na agricultura / Jonathas Pereira Graças ... [et al.]. --  
Piracicaba: ESALQ - Divisão de Biblioteca, 2015.

56 p. : il. (Série Produtor Rural, nº 59)

Bibliografia.

ISSN 1414-4530

1. Agricultura 2. Microbiologia agrícola I. Graças, J.P. II. Ribeiro, C. III. Coelho, F.A.A. IV. Carvalho, M.E.A. V. Castro, P.R. de C. e VI. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Divisão de Biblioteca VII. Título VIII. Série

CDD 630.276  
M626

# SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	<b>5</b>
2 A BIODIVERSIDADE DA RIZOSFERA .....	<b>7</b>
3 A PLANTA E O MICROBIOMA .....	<b>11</b>
3.1 Rizobactérias .....	<b>12</b>
3.2 Interação planta-rizobactérias .....	<b>14</b>
4 MECANISMO DE AÇÃO DAS RIZOBACTÉRIAS .....	<b>19</b>
5 POTENCIAL DA APLICAÇÃO DE RIZOBACTÉRIAS .....	<b>23</b>
5.1 Cana-de-açúcar .....	<b>26</b>
5.2 Milho .....	<b>30</b>
5.3 Soja .....	<b>31</b>
5.4 Cebola .....	<b>32</b>
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	<b>35</b>
REFERÊNCIAS .....	<b>37</b>



A presença de uma grande diversidade de microrganismos na rizosfera, especialmente de rizobactérias, despertou a curiosidade para o estudo da relação existente entre bactéria-planta, visando esclarecer os benefícios que esta interação pode trazer para a produção agrícola. Das diversas rizobactérias existentes, destacam-se as denominadas RPCP (Rizobactérias Promotoras de Crescimento das Plantas), seja pela produção de substâncias promotoras do crescimento, como os hormônios vegetais, ou pela proteção que oferece às plantas contra doenças e pragas (MAHESHWARI, 2011; PEREIRA et al., 2012; CHAUHAN; BAGYARAJ; SHARMA, 2013; GHEVARIYA; DESAI, 2014).

Rizobactérias estimulantes produzem metabólitos diretamente relacionados ao crescimento da planta (auxinas, giberelinas e citocininas). Também sintetizam antibióticos, sideróforos e ácido hidrocianâmico (HCN) que reduzem a atividade de patógenos. Promovem ainda melhor desenvolvimento das raízes (e, conseqüentemente, da planta) por modificar propriedades físicas, químicas e biológicas do solo ou substrato (DIMKPA; WEINAND; ASCH, 2009; MAHESHWARI, 2011; CHAUHAN; BAGYARAJ; SHARMA, 2013). As rizobactérias são geralmente bactérias não simbióticas dos gêneros *Pseudomonas* e *Bacillus*, mas também existem muitos relatos dos efeitos benéficos de *Herbaspirillum* e *Gluconacetobacter* (MAHESHWARI, 2011).

O texto a seguir faz referência aos efeitos dos microrganismos presentes na rizosfera, especialmente as rizobactérias, sobre o desenvolvimento vegetal, bem como as aplicações das RPCP nas principais espécies cultivadas.





## 2 A BIODIVERSIDADE DA RIZOSFERA

Por definição, a rizosfera é a zona de contato entre solo e raízes, onde ambos são mutuamente influenciados. Esta zona é um ponto de alta diversidade de organismos, constituindo-se um ecossistema complexo (HINSINGER; MARSCHNER, 2006). Na rizosfera são encontradas bactérias, fungos, oomicetos, nematoides, protozoários, algas, vírus, artrópodes e archaea (Figura 1).

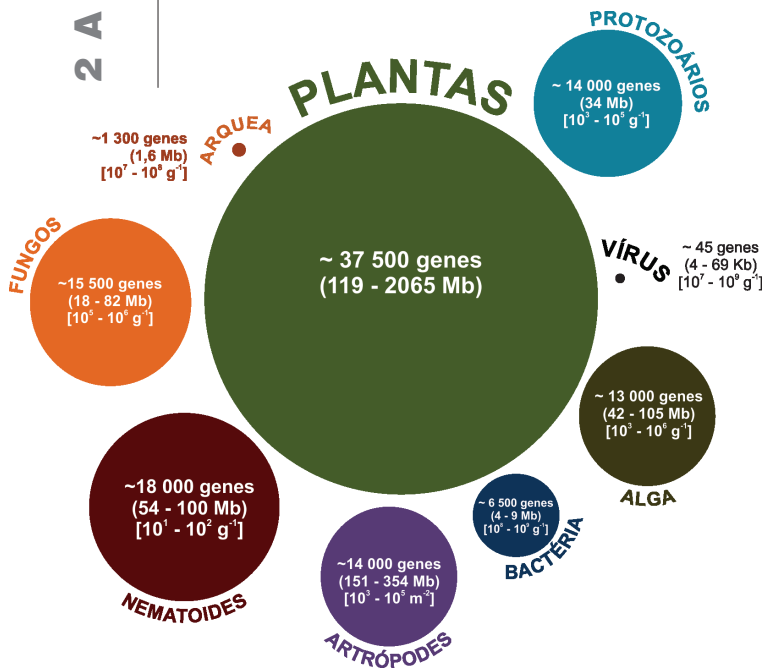


Figura 1 - Organismos encontrados na rizosfera. O tamanho dos círculos, exceto para vírus, reflete a média do número de genes no genoma de espécies representativas de cada grupo de organismos. O tamanho dos genomas é indicado entre parêntesis. Abundância de cada grupo de organismos é indicada dentro de colchetes. Organismos endofíticos não foram incluídos (Adaptado de MENDES; GARBEVA; RAAIJMARKERS, 2013).

A relação entre as plantas e estes organismos têm sido descrita como microbioma. Grande parte dos organismos utilizam-se de substâncias oriundas das plantas e também podem oferecer substâncias de interesse da planta, numa teia alimentar complexa. Os organismos da rizosfera são geralmente estudados devido aos seus efeitos benéficos na sanidade e crescimento das plantas. Estes são classificados como: bactérias fixadoras de nitrogênio, fungos micorrízicos, rizobactérias promotoras de crescimento das plantas (RPCP), organismos de controle biológico, fungos micoparasíticos e protozoários. Os organismos desvantajosos para as plantas incluem fungos patogênicos, oomicetos, bactérias e nematoides (MENDES; GARBEVA; RAAIJMARKERS, 2013). Contudo, o equilíbrio entre vantagens e desvantagens deve considerar a densidade populacional da espécie em questão.

Como exemplo dessa complexa relação entre plantas e organismos na rizosfera, pode-se citar o número de genes. Segundo Mendes, Garbeva e Raaijmarkers (2013), o número de genes de microrganismos habitantes da rizosfera excede o número de genes ocorrentes nas raízes das plantas. Várias são as funções dos produtos codificados por estes genes, que vão desde interações benéficas até desvantajosas para as plantas, dependendo também da densidade populacional. Assim, não é surpresa que organismos que interajam com as plantas neste ambiente, possam influenciar inúmeros processos do crescimento e desenvolvimento vegetal, uma vez que essas interações refletem na coevolução e na seleção natural.

Uma evidência de que a interação entre plantas e microrganismos é importante, vêm dos estudos de susceptibilidade de plantas a doenças. Naturalmente os solos possuem organismos patogênicos às plantas, através da competição com seus antagonistas. Isto ficou evidente

pelo simples fato de que a severidade da doença em plantas infectadas foi maior quando as mesmas foram cultivadas em solos submetidos a desinfecção comparados a plantas crescidas em solos não desinfectados (BERENDSEN; PIETERSE; BAKKER, 2012), pois a desinfecção elimina os microrganismos que seriam antagônicos a ação dos patógenos.



O carbono é um elemento fundamental para o crescimento dos organismos, sendo um fator limitante no microbioma. As plantas secretam compostos contendo esqueletos de carbono na rizosfera e estes são recrutados pelos microrganismos a fim de se multiplicarem, colonizando o ambiente. Essa relação benéfica propicia uma alta densidade de microrganismos ao redor das raízes, chamado de “efeito rizosfera” (MENDES; GARBEVA; RAAIJMAR-KERS, 2013).

Apesar dessa alta abundância, curiosamente, a biodiversidade ao redor das raízes não é tão alta quanto no restante do solo (BERG; SMALLA, 2009). Isto leva a um questionamento: Seria a diversidade no microbioma controlada pela planta? Aparentemente alguns microrganismos são selecionados pelas plantas para se desenvolverem junto às raízes. Uma evidência disto é que plantas do mesmo genótipo, crescendo em diferentes tipos de solos, podem formar comunidades microbianas semelhantes (MIETHLING et al., 2000). Essa relação causal foi estabelecida via seleção natural e coevolução. Assim surge a seguinte pergunta: Como as plantas fazem isto e quais seriam os benefícios dessa relação?

Uma maneira das plantas selecionarem os organismos que irão colonizar a zona de contato entre solo e raízes ou, até mesmo, habitar na própria planta, é através da secreção de compostos. Usualmente, um composto secretado pode ser atrativo para uma comunidade microbiana, mas repelente a outra (DOORNBOS et al., 2012). Alternativamente, são secretados compostos secundários destinados a inibir o crescimento de organismos indesejáveis (ZHANG et al., 2011).

Um exemplo vêm da interação entre milho e rizobactérias. Plantas de milho secretam um composto conhecido como DIMBOA que funciona como agente antimicrobiano no solo. A rizobactéria *Pseudomonas putida*, além de não ser repelida por esse composto, é quimicamente atraída, em função de sua secreção (NEAL et al., 2012).

Assim, a planta afasta organismos desfavoráveis (tais como patógenos) e atrai aqueles desejáveis. Estes, por sua vez, competem principalmente por nutrientes com os indesejáveis, auxiliando assim o controle de sua população. Deste modo, a planta modula a participação dos (micro) organismos no ambiente da rizosfera. Um exemplo bem sucedido de tal interação é a que ocorre com algumas rizobactérias, detalhadas nos tópicos a seguir.

### 3.1 Rizobactérias

A rizosfera é o local onde se observa a maior diversidade de bactérias, visto a disponibilidade frequente de compostos orgânicos que são fornecidos pelas raízes (GLICK, 1995). Os estudos com as populações de microrganismos presentes na rizosfera mostram que a interação destes com a planta pode apresentar um efeito neutro, deletério ou benéfico (CAMPBELL; MADDEN, 1990).

É frequente a inoculação de microrganismos benéficos em plantas visando um melhor desenvolvimento para os vegetais (CARAVACA et al., 2002), bem como para aumentar a tolerância a doenças (GREEN et al., 1999) e favorecer o estabelecimento sob condições de estresse, como salinidade (GIRI; MUKERJI, 2004) e déficit hídrico (RUIZ-LOZANO et al., 2001). Segundo Lemos (2009), os microrganismos apresentam uma acentuada influência em mudas de viveiro, promovendo um decréscimo no tempo de produção e potencializando a capacidade de estabelecimento dessas

mudas no campo. Resultados significantes também foram obtidos através da inoculação de estirpes de *Paenibacillus* spp. e *Pseudomonas* spp. na promoção de crescimento em mudas de abeto (*Picea glauca*) (SHISHIDO; CHANWAY, 2000).

Com relação às bactérias que se localizam na rizosfera, essas ocupam cerca de 7 a 15% da superfície total das raízes (GRAY; SMITH, 2005). Calcula-se que existam aproximadamente 30.000 espécies de bactérias, sendo que apenas 8% destas foram identificadas (BAREA et al., 2005). As bactérias capazes de colonizar as raízes são denominadas rizobactérias. Quando benéficas às plantas e de vida livre no solo, são chamadas de RPCP (ou PGPR - *plant growth-promoting rhizobacteria*) (KOKALIS-BURELLE; KLOPPER; REDDY, 2006) ou ainda de bactérias capazes de incrementar a produção (YIB - *yield-increasing bacteria*) (PIAO; TANG; CHEN, 1992). Contudo, Gray e Smith (2005) propuseram novos conceitos para classificar as RPCP:

- iPGPR - bactérias que residem dentro das células das plantas, produzindo nódulos, estruturas especializadas na fixação de nitrogênio em leguminosas. As espécies pertencentes ao gênero *Rhizobium* são as mais estudadas deste grupo, mas existem outros gêneros bacterianos em solos que pertencem a essa categoria, tais como *Bradyrhizobium*, *Sinorhizobium*, *Mesorhizobium* e *Allorhizobium*.
- ePGPR - bactérias que se desenvolvem extracelularmente nos tecidos das raízes de diversas plantas, não produzindo nódulos, mas com capacidade de promover o crescimento vegetal através da produção de sinais ou substâncias específicas. Podem ser incluídas nesta categoria as bactérias dos gêneros *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Serratia* e *Burkholderia*.

### 3.2 Interação planta-rizobactérias

Os efeitos benéficos das RPCP para a agricultura já tinham sido comprovados em 1958 na antiga União Soviética, quando foi observado um incremento de 10 a 20% na produtividade de algumas culturas, através de fertilizantes bacterianos não simbiotes (BROWN, 1974). Todavia, foi apenas no final da década de 1970 que trabalhos começaram a apresentar, de forma consistente, o papel das rizobactérias, assim como a elucidação dos mecanismos de ação como promotores do crescimento (MAFIA et al., 2005).

A ação das RPCP pode ocorrer de forma direta ou indireta. A forma direta consiste na produção de compostos que funcionam como reguladores vegetais, na fixação de nitrogênio, síntese de sideróforos, solubilização de fósforo e aceleração dos processos de mineralização (PERSELLO-CARTIEAUX; NUSSAUME; ROBAGLIA, 2003), ao passo que, de forma indireta, as rizobactérias promovem indução de resistência sistêmica nos vegetais, aumento da tolerância a estresses abióticos devido à produção de etileno endógeno, produção de antibióticos e antagonismo a fitopatógenos, entre outros fatos (OLIVEIRA; URQUIAGA; BALDANI, 2003; DONZELI, 2006).

Diante disso, a utilização de rizobactérias tem se apresentado como uma alternativa em potencial no controle de pragas e doenças, possibilitando a redução do uso de agroquímicos, os quais têm causado numerosos problemas ecológicos nas últimas décadas (NAKKEERAN; DILANTHA FERNANDO; SIDDIQUI, 2005) e, conseqüentemente, reduzindo os custos de produção.

O controle biológico de doenças pelas rizobactérias pode ocorrer pela competição por espaço e nutrientes com os patógenos (DE LEIJ et al., 1995), pela produção de sideróforos (BUCHENAUER, 1998), antibióticos (ELLIS et



al., 1979) e compostos voláteis (VOISARD et al., 1989). Para a promoção de crescimento das plantas de forma direta, sabe-se que as rizobactérias como, por exemplo, certas espécies de *Bacillus*, são capazes de sintetizar hormônios vegetais (Tabela 1) e com isso alterar os níveis dessas substâncias nas plantas.

Tabela 1 - Produção de hormônios vegetais por *Bacillus* spp.

ESPÉCIE	HORMÔNIO	REFERÊNCIA
<i>Bacillus</i> spp.	auxina	Kampert et al. (1975)
<i>B. brevis</i>	ácido indolilacético, giberelina	Mahmoud et al. (1984)
<i>B. cereus</i>	ácido indolilacético, giberelina	Mahmoud et al. (1984)
<i>B. megaterium</i>	giberelina	Hussain e Vancura (1970)
<i>B. circulans</i>	auxina	Strzelczyk e Pokojaska-Burdziej (1984)
<i>B. circulans</i>	citocinina	Kampert e Strzelczyk (1984)

Sugere-se que mais de 80% das bactérias isoladas da rizosfera são aptas a produzir o ácido indolilacético (IAA), um hormônio vegetal requerido em baixas concentrações que promove a proliferação e alongamento das raízes pela divisão e multiplicação celular e, conseqüentemente, facilitando a absorção de água e nutrientes do solo (LEINHOS; VACEK, 1994; TAIZ; ZEIGER, 2009).

Exsudados de raízes são naturalmente fonte de triptofano (DAKORA; PHILLIPS, 2002), o aminoácido precursor da biossíntese do IAA nos microrganismos, estimulando a síntese de auxina na rizosfera. Este hormônio

é comumente produzido por bactérias promotoras de crescimento, como *Aeromonas veronas*, *Agrobacterium* spp., *Azospirillum brasiliense*, *Bradyrhizobium* spp., *Rhizobium* spp., *Enterobacter* spp., entre outras (VESSEY, 2003).

Apesar dessas informações, existem poucos trabalhos sobre a síntese de auxinas por microrganismos no solo, mas sabe-se que o aminoácido L-triptofano (LTrp) é um precursor fisiológico para a produção de auxinas em diversas plantas e microrganismos, e que a enzima chamada ipdC (indol-3-piruvato descarboxilase) é a enzima-chave para a biossíntese destes hormônios (LEBUHN; HARTMANN, 1993). Além do IAA, as RPCP também podem produzir outras auxinas, etileno e citocinina (CEZÓN et al., 2003; DEY et al., 2004).

Os microrganismos presentes nos solos também possuem papel importante no ciclo natural do fósforo. Existem bactérias que disponibilizam o fósforo às plantas através da hidrólise de compostos fosfatados pela ação de enzimas fosfatases (principalmente fosfatases ácidas), levando a produção de ácidos orgânicos e inorgânicos pela redução do pH (NAUTIYAL, 1999; RODRIGUÉZ; GONZALEZ; SELMAN, 2000; GYANESHWAR et al., 2002; SOBRAL, 2003). Devido ao potencial desses microrganismos, diversos estudos vêm sendo realizados para avaliar a capacidade de solubilização de fosfato inorgânico. Entre os gêneros bacterianos que são conhecidos por esta capacidade, estão as *Pseudomonas*, *Burkholderia*, *Rhizobium*, *Agrobacterium*, *Azotobacter* e *Erwinia* (VERMA; LADHA, 2001; GARG et al., 2001).

Muitas espécies do gênero *Burkholderia* apresentam relação simbiótica com a rizosfera das plantas (COENYE; VANDAMME, 2003), e atuam como promotoras de

crescimento, agentes biopesticidas e capacitadoras da fixação biológica de nitrogênio (MINERDI et al., 2001), solubilizadoras de fósforo e ainda degradam substâncias consideradas poluentes (GORIS et al., 2004). Outras conferem, com sucesso, o controle de fitopatógenos, sendo utilizadas, por isso, como biopesticidas (Tabela 2).

Tabela 2 - Alguns biopesticidas disponíveis comercialmente para controle de doenças em plantas

ORGANISMO	PRODUTO	ORGANISMO-ALVO	FABRICANTE
<i>Agrobacterium radiobacter</i> <sup>1</sup>	Norbac 84-C Agtrol; Galltrol; Diegall	<i>Agrobacterium tumefaciens</i>	Bio-Care Technology
<i>Bacillus subtilis</i>	Kodiak	<i>Rhizoctonia</i> spp., <i>Pythium</i> spp. e <i>Fusarium</i> spp.	Gustafson
<i>Pseudomonas cepacia</i>	Blue Circle; Intercept	<i>Rhizoctonia</i> spp., <i>Pythium</i> spp. e <i>Fusarium</i> spp.	Stine Microbial Products
<i>Pseudomonas fluorescens</i> , EG 1053	Dagger	<i>Rhizoctonia</i> spp. e <i>Pythium</i> spp.	Ecogen
<i>P. fluorescens</i> , NC1B 12089	Conquer	Podridão bacteriana de cogumelos comestíveis	Burns Phillips
<i>Pseudomonas aureofaciens</i> <sup>2</sup>		<i>Gaeumannomyces graminis</i>	Monsanto

<sup>1</sup> Registrado para uso nos Estados Unidos, Austrália e Nova Zelândia e comercializado em outros países como França, Japão, Noruega e na Austrália.

<sup>2</sup> Isolada na Universidade do Estado de Washington, a companhia Monsanto recebeu aprovação do governo americano para testar uma nova linhagem recombinante contendo o gene IAC ZY que facilita o monitoramento dele no ambiente.

Entretanto, um aspecto importante a ser considerado na interação planta-rizobactérias, é relacionado à especificidade entre ambos. Neste tema, as opiniões são bastante divergentes. Há autores que consideram que, para a promoção de crescimento na planta, não há necessidade de especificidade entre bactéria-hospedeiro (QUAD-THALLMANN; KLOEPPER, 1996; SHISHIDO; CHANWAY, 1998), ao passo que outros pesquisadores consideram esta especificidade importante (ENEBAK; WEI; KLOEPPER, 1998; SRINATH; BAGYARAJ; SATYANARAYANA, 2003).

Para comprovar a existência da especificidade bactéria-hospedeiro, a literatura traz exemplos que evidenciam que uma mesma estirpe de rizobactéria pode diferir quanto aos seus efeitos, sendo isto dependente da espécie de planta, do tipo de solo e das características da região (ANTOUN; PRÉVOST, 2005). Mafia et al. (2005), em experimento avaliando a eficiência de isolados bacterianos obtidos a partir da rizosfera de mudas clonais de eucalipto de diferentes regiões do Brasil, evidenciaram que os incrementos em enraizamento e em biomassa radicular do eucalipto variaram de acordo com o isolado e o clone utilizado.

Desta forma, considerando a existência de especificidade entre bactéria-planta, pode-se dizer que o efeito produzido por um determinado isolado promotor de crescimento em uma espécie de planta, não necessariamente apresentará este mesmo efeito em outras. Isto pode ocorrer até mesmo entre variedades de uma mesma espécie de planta. Mais uma vez, a especificidade bactéria-hospedeiro evidencia a complexidade existente em relação aos benefícios que estes microrganismos podem promover, requerendo mais investimentos em estudos sobre esta interação e sua eficiência, visando a otimização da produção agrícola.

## 4 MECANISMO DE AÇÃO DAS RIZOBACTÉRIAS

Dentre os benefícios das rizobactérias, destaca-se sua ação antagonista a organismos prejudiciais às plantas, o que pode ocasionar, indiretamente, o incremento da produtividade. Todavia, este é apenas um dos mecanismos pelos quais estes microrganismos podem atuar em um maior crescimento e produtividade, devido à interação planta-rizobactérias.

O crescimento e desenvolvimento vegetal são controlados por uma série de hormônios, atividade enzimática e dependentes de uma eficiente absorção de nutrientes. As rizobactérias estão relacionadas a síntese de hormônios (auxina, giberelinas e citocininas), diminuição dos níveis de etileno retardando a senescência, solubilização de minerais (como ferro e fósforo), síntese de enzimas relacionadas à resistência sistêmica e secretadas para o apoplasto no combate a penetração de fungos, além do sinergismo com bactérias fixadoras de nitrogênio (BHATTACHARYYA; JHA, 2012). Assim, as rizobactérias estimulam mudanças nos níveis hormonal e enzimático que serão benéficos às plantas.

Em um trabalho desenvolvido com feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) e *Arabidopsis thaliana*, foi observado que *Bacillus megaterium* promoveu um maior desenvolvimento nas plantas (LÓPEZ-BUCIO et al., 2007). Um mecanismo de ação foi descrito por Karadeniz, Topcuoglu e Inan (2006) que observaram que *B. megaterium* pode produzir ácido giberélico, IAA e zeatina que, em concentrações adequadas, podem promover o desenvolvimento das plantas.

De forma análoga, sabe-se que *Bacillus pumillus* é capaz de promover o crescimento de plantas,

provavelmente decorrente da sua capacidade de produzir giberelinas (JOO et al., 2005) e IAA (KANG; et al., 2005). Quanto a *Bacillus cereus*, é conhecida a sua capacidade de produzir ácido giberélico, IAA, zeatina (KARADENIZ; TOPCUOGLU; INAN, 2006) e outras giberelinas (JOO et al., 2005). Além disso, Tilak et al. (2006) confirmaram o envolvimento de *B. cereus* na promoção do crescimento de *Cajanus cajan*, enquanto Bullied, Buss e Vessey (2002) verificaram que esta bactéria promove o crescimento de soja, tanto na presença quanto na ausência de *Rhizobium* sp.

Em teste para a indução de resistência em feijoeiro (*P. vulgaris*) por acibenzolar-S-metil (ASM) e *B. cereus*, a resistência obtida com o indutor químico ASM elevou a atividade de peroxidase, quitinase,  $\beta$ -1,3-glucanase e proteases; aumentou a síntese de lignina, o teor de proteínas solúveis, proteína nos grãos e de açúcares redutores nas folhas; mas reduziu o teor de fenóis, de amido, o crescimento e a produtividade (SOBRAL, 2003). Por outro lado, somente o indutor biótico *B. cereus* elevou a atividade de peroxidase de forma atenuada e tendeu a aumentar a atividade de proteases, além de reduzir o teor de proteínas nas folhas, sem interferir no crescimento ou na produtividade. Entretanto, diminuiu o teor de proteína dos grãos, mas, elevou o teor de amido nestes.

Diante destes resultados, os autores inferiram que o indutor de resistência *B. cereus* alterou muito pouco o metabolismo do feijoeiro, sem interferir na produtividade ou melhorando a qualidade da produção, já o indutor abiótico ASM promoveu um custo metabólico ao redirecionar os fotoassimilados para investir em defesas e, conseqüentemente, reduziu a produtividade (SOBRAL, 2003).

Em algodoeiros, Medeiros et al., (2010) induziram a tolerância à murcha biótica e abiótica utilizando *Bacillus*

*subtilis* (UFLA285) isolada de um campo de produção de algodão do Mato Grosso. Neste estudo, as plantas oriundas de sementes tratadas com a estirpe UFLA285 apresentaram, sob condições de estresse hídrico, maior eficiência fotossintética e peso seco da parte aérea, bem como uma recuperação também superior em relação àquelas não tratadas.





## 5 POTENCIAL DA APLICAÇÃO DE RIZOBACTÉRIAS

O uso de rizobactérias para aumentar a produtividade de plantas tem sido extensivamente estudado há vários anos e para diversas culturas agrônômicas, como batata (BURR; SCHROTH; SUSLOW, 1978), cana-de-açúcar (SUSLOW; SCHROTH, 1982), canola (KLOEPPER et al., 1988), amendoim (TURNER; BACKMAN (1991), trigo (WELLER; COOK, 1986), cevada (ISWANDI et al. 1987), milho (LALANDE et al. 1989), tomate (GAGNÉ et al. 1993), entre outras. Para espécies arbóreas, as investigações têm evidenciado resultados promissores (CHANWAY; HOLL, 1993a, 1993b, 1994; CHANWAY, 1997; ENEBACK; WEI, 1998; SHISHIDO; CHANWAY, 2000).

Existem na literatura vários exemplos de estudos de biocontrole, tendo sido avaliado o efeito sinérgico da mistura de fungos antagonistas (DATNOFF et al., 1993, 1995), mistura entre fungos e bactérias (DUFFY; WELLER, 1995; DUFFY; WIMON; WELLER, 1996; JANISIEWICZ, 1996; LEEMAN et al., 1996) e mistura de bactérias (JOHNSON et al., 1993; PIERSON; WELLER, 1994; RAAIJMAKERS et al., 1995; STOCKWELL; JOHNSON; LOPER, 1996; SCHISLER; SLININGER; BOTHAST, 1997; RAUPACH; KLOEPPER, 1998; BOER et al., 1999). Embora, na maioria dos casos, a mistura promova maior controle, em comparação com a aplicação dos agentes de controle biológico separadamente, existem relatos de redução da eficiência. Assim, como pré-requisito, tem sido aconselhado considerar a compatibilidade entre os co-inoculantes (RAUPACH; KLOEPPER, 1998).

Em estudos prévios, o efeito sinérgico foi comprovado por meio da aplicação de uma mistura de

três isolados de rizobactérias, identificados como *Bacillus pumilis* (INR 7), *B. subtilis* (GB 03) e *Curtobacterium flaccumfaciens* (ME 1). Por meio da microbiolização de sementes de pepino, constatou-se maior promoção de crescimento e redução de doenças na mistura de isolados, em comparação com o efeito dos isolados aplicados individualmente, provavelmente em virtude da conciliação de diferentes mecanismos de ação de cada um dos isolados (RAUPACH; KLOEPPER, 1998).

Nesse mesmo sentido, no patossistema *Rhizoctonia solani*-arroz, o uso de isolados de *Streptomyces* spp. e *B. cereus* (produtores de quitinase) em combinação com isolados de *Pseudomonas fluorescens* e *Burkholderia cepacia* (produtores de antibióticos), resultou em maior supressão de patógenos (SUNG; CHUNG, 1997). No entanto, é importante considerar que, em certas situações, a mistura de diferentes isolados pode não resultar em efeito sinérgico. Além do mais, esse efeito pode não ocorrer com a mudança das condições ambientais ou com a troca do material vegetal de interesse (SCHISLER et al., 1997).

Nas misturas, geralmente se adota a mesma proporção de inóculo dos isolados (RAUPACH; KLOEPPER, 1998; BOER et al., 1999). No entanto, outras proporções podem também surtir resultados satisfatórios. A título de exemplo, a aplicação de uma mistura de dois isolados quitinolíticos (*Paenibacillus* e *Streptomyces*), na proporção 1:1 ou 1:4, foi mais efetiva no controle da murcha de *Fusarium* do pepino, causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*, do que quando os isolados foram aplicados individualmente (SINGH et al., 1999). É importante considerar o maior custo de produção de inoculantes compostos das misturas de isolados (RAMAMOORTHY et al., 2001).

Quando cultivadas *in vitro* as rizobactérias *B. cereus* (56-12), *B. pumillus* (83-21 e 84-31) e *B. megaterium* (55-16) produzem substâncias indutoras do crescimento de coleoptilo de trigo. Logo, apresentam potencial para serem empregadas no desenvolvimento de novos produtos para a promoção do crescimento de plantas (CARVALHO et al., 2009).

Diante do que já foi exposto, ficou evidente que as rizobactérias oferecem benefícios aos vegetais, muitas vezes sendo um fator de alto impacto para a produção agrícola. Em larga escala, os benefícios que as RPCP podem fornecer para a agricultura estão diretamente ligados ao desenvolvimento dos inoculantes, os quais tratam-se geralmente de formulações desenvolvidas a partir de bactérias dos gêneros *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus* e *Pseudomonas* (SHEN, 2001).

Entretanto, devem ser conduzidas mais pesquisas com o intuito de desenvolver formulações com desempenho mais consistente, visando o aumento da vida útil e do espectro de ação, especialmente no que se refere ao efeito no controle de doenças (NAKKEERAN et al., 2005), visto que ainda são poucos os registros de agentes de biocontrole disponíveis comercialmente. Tal procedimento deve ser realizado porque a ação do estimulante é dependente das características do solo e dos sistemas de cultivo utilizados em cada situação, servindo também para testes de compatibilidade entre inoculantes e/ou outros agroquímicos utilizados (ANTOUN; PRÉVOST, 2005). Segundo estes mesmos autores, a complexidade da interação planta-microrganismo-solo é refletida na inexistência de um inoculante formulado de RBPC que seja amplamente utilizado em alguma cultura importante.

## 5.1 Cana-de-açúcar

Há décadas os efeitos dos microrganismos promotores de crescimento na cultura da cana-de-açúcar vêm sendo estudados. Conforme mostrado na Figura 2, os microrganismos podem favorecer o desenvolvimento vegetal por vários mecanismos (diretos e indiretos).

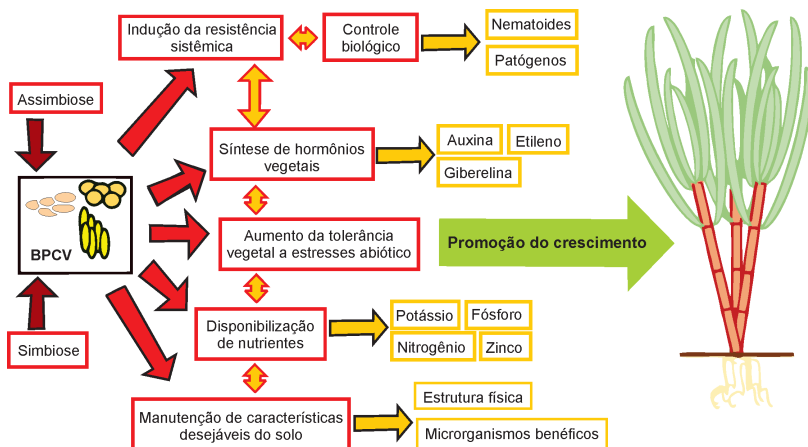


Figura 2 - Mecanismos de ação pelos quais bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV), simbióticas ou não-simbióticas, podem beneficiar o desenvolvimento da cana-de-açúcar (Adaptado de MAHESHWARI, 2011)

As bactérias promotoras de crescimento podem aumentar a produtividade vegetal por disponibilizarem nutrientes, tais como nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) e zinco (Zn) às plantas (ASHRAF; RASOOL; MIRZA, 2011; DE SANTI FERRARA et al., 2012; GHEVARIYA; DESAI, 2014). Estima-se que, no Brasil, aproximadamente 70% do nitrogênio necessário para algumas variedades de cana-de-açúcar são oriundos de fixação biológica (CHAUHAN; BAGYARAJ; SHARMA, 2013).

Estudos demonstraram que os microrganismos podem disponibilizar N através de compostos orgânicos e inorgânicos às plantas. Estirpes de *Beijerinckia*, *Enterobacter* *Klebsiella* isoladas da rizosfera e do interior de tecidos radiculares da cana-de-açúcar foram capazes de sintetizar e disponibilizar vários tipos de aminoácidos no meio (OLIVEIRA et al., 2011; DE SANTI FERRARA et al., 2012). No entanto, é mais relatado o uso de compostos inorgânicos (especialmente amônia) como fonte de N em cana-de-açúcar.

O potencial de fixação de nitrogênio em estirpes de *Pseudomonas* spp. (10) e *Azotobacter* spp. (2) isoladas de raízes e rizosfera da cana-de-açúcar foi estudado em testes *in vitro* (ASHRAF; RASOOL; MIRZA, 2011). As estirpes de *Azotobacter* apresentaram habilidade para fixação de nitrogênio, sendo mostrado que tal atividade deve-se potencialmente à presença de genes relacionados à enzima nitrogenase (ASHRAF; RASOOL; MIRZA, 2011). Quando inoculadas em mudas de cana-de-açúcar plantadas em vasos, foi observado aumento da massa seca da parte aérea e raízes (até 144 e 96%, respectivamente), além do incremento da área e comprimento radicular (até 348 e 179%, respectivamente) (ASHRAF; RASOOL; MIRZA, 2011).

Também foi observado que 46 de 50 bactérias isoladas da rizosfera, raízes, colmos e folhas de cana-de-açúcar foram capazes de solubilizar P em testes *in vitro* (GHEVARIYA; DESAI, 2014). Quatro estirpes do gênero *Pseudomonas* e *Bacillus* retiradas de raízes e colmos de cana-de-açúcar também solubilizaram P em testes *in vitro* e, quando avaliadas em experimento de campo, afetaram positivamente o desenvolvimento vegetal [aumento da germinação (55%), número de colmos (20%), altura (18%), circunferência e peso de colmos (8 e 51%, respectivamente), produtividade (39%) e a porcentagem de açúcares disponíveis (6%)], quando

comparados ao controle (CHAUHAN; BAGYARAJ; SHARMA, 2013).

Além de disponibilizar nutrientes, as bactérias promovem o controle de nematoides e doenças em cana-de-açúcar. Em experimento com duas variedades de cana-de-açúcar (SP81-3250 e RB867515), a utilização de *Bacillus subtilis* AP-3 realizou o controle biológico dos nematoides *Meloidogyne* spp. e *Pratylenchus* spp. no solo, quando aplicado no sulco durante o plantio; apresentando eficiência semelhante ao controle químico com Carbofuran (MAZZUCHELLI; ARAÚJO, 2012).

Quanto às doenças, foi demonstrado que estirpes isoladas da rizosfera da cana-de-açúcar inibiram ao menos um dos fungos patogênicos *R. solani*, *Verticilium dahliae* e *Sclerotinia sclerotiorum* (DE SANTI FERRARA et al., 2012). Duas estirpes endofíticas de *Bacillus* isoladas de raízes (H15) e colmos (H14) de uma variedade indiana de cana-de-açúcar, apresentaram atividade antifúngica contra *Colletotrichum falcatum* (CHAUHAN; BAGYARAJ; SHARMA, 2013). Adicionalmente, foi mostrado que *G. diazotrophicus* apresentou potencial para o controle de *C. falcatum* (MUTHUKU-MARASAMY; REVATHI; VADIVELU, 2000) e *Xanthomonas albilineans*, organismo causador da escaldadura das folhas em cana-de-açúcar (PIÑÓN et al., 2002).

As rizobactérias também podem mitigar os efeitos de estresses abióticos no crescimento das plantas através da modificação de reações químicas e bioquímicas, no interior da planta ou na rizosfera, resultando na alteração da fisiologia e aumento da tolerância vegetal (DIMKPA; WEINAND; ASCH, 2009). Em um estudo conduzido em São Paulo, testou-se a hipótese de que rizobactérias inoculadas na cana-de-açúcar atenuariam os efeitos da seca no crescimento e na fisiologia

das plantas (RAMPAZZO, 2013). O autor relata que, embora a rizobactéria tenha diminuído os danos causados pela seca, as plantas tratadas não diferiram do controle quanto ao crescimento (RAMPAZZO, 2013).

O desempenho da cana-de-açúcar ao estresse hídrico devido a interação planta-bactéria também foi demonstrado por Moutia et al. (2010). Para tanto, foram utilizadas variedades contrastantes: uma adaptada à uma ampla condição edafoclimática (R 570) e outra desenvolvida para tolerar condições de seca (M 1176/77). Adicionalmente, foi testada a eficiência da bactéria *Azospirillum* sp. em promover o crescimento vegetal quando as mudas foram submetidas ao déficit hídrico, dos 35 aos 103 dias após o plantio (DAP).

A inoculação da rizobactéria em mudas de cana-de-açúcar 'R 570' submetidas ao estresse hídrico, afetou negativamente o crescimento da parte aérea (redução de 19% na altura) quando comparado ao desempenho de plantas estressadas, mas que não receberam o inóculo (MOUTIA et al., 2010). Entretanto, a inoculação de *Azospirillum* sp. influenciou positivamente o desenvolvimento da parte aérea de cana-de-açúcar M 1176/77 em condições estressantes, aumentando a altura (14%) e a massa seca radicular (MOUTIA et al., 2010).

Adicionalmente, sabe-se que vários compostos utilizados nos tratamentos culturais da cana-de-açúcar podem afetar a microbiota do solo onde as plantas são cultivadas. O uso de reguladores vegetais e de resíduos da cadeia produtiva desta cultura (como a vinhaça e a torta-de-filtro) podem ser agentes estressantes, tanto para as plantas quanto para os microrganismos que são promotores de crescimento vegetal.

Etil-trinexapac e ethephon são dois biorreguladores bastante utilizados no atual modelo de produção agrícola, com a finalidade de incrementar a produção, melhorar a qualidade da matéria-prima e antecipar a colheita (MENEHIN, 2008). Considerando tal fato, um estudo avaliou os efeitos, diretos e indiretos, da aplicação dos reguladores vegetais ethephon (Ethrel) e etil-trinexapac (Moddus) sobre o crescimento da cana-de-açúcar (variedades RB72454, RB835486 e RB855156) devido às modificações da microbiota rizosférica (MENEHIN, 2008).

No estudo da ação residual destes compostos após a aplicação foliar, foi observado que os microrganismos presentes em solo tratado com os biorreguladores foram capazes de aumentar a massa seca radicular (em até 70%) em duas variedades de cana-de-açúcar (exceto para RB855156), sendo que etil-trinexapac apresentou o melhor desempenho. Contudo, a altura da parte aérea teve maior redução devido aos microrganismos selecionados após o uso dos biorreguladores, mas o número de brotações não foi afetado (MENEHIN, 2008).

## 5.2 Milho

A produtividade de culturas como milho (*Zea mays*) não está relacionada apenas ao desempenho fotossintético das plantas para a granação, mas também à capacidade de resistir a doenças causadas por agentes infecciosos que, por vezes, deslocam recursos da planta para a produção de compostos de defesa. Assim, uma associação com rizobactérias antagonicas aos agentes causadores de doenças pode ser vantajosa. Como exemplo, *Pseudomonas* sp. EM85 e os bacilos MR-11(2) e MRF isolados da rizosfera de plantas de milho, demonstraram serem antagonicos a ação dos fungos



*Fusarium moniliforme*, *Fusarium graminearum* e *Macrophila phaseolina* (PAL et al., 2001). Estes fungos infectam as raízes causando apodrecimento e murchamento das plantas.

A inoculação de sementes de milho com RPCP resultou em plantas com características agronômicas mais desejáveis. Houve maior germinação e vigor das plântulas. Em plantas adultas, a área foliar, o peso seco da parte aérea e de sementes também mostraram incremento (GHOLAMI; SHAHSAVANI; NEZARAT, 2009). Estes dados demonstram que a fisiologia das plantas foi afetada significativamente, ao ponto de resultar em mudanças morfológicas como incremento de área foliar, atributo relacionado à produtividade.

Um dos desafios da agricultura atual é aumentar o teor de nutrientes, especialmente em grãos, sem que a adubação seja dispendiosa. Em um estudo com inoculação de plantas de milho com *Pseudomonas fluorescens* verificou-se um incremento nos teores de fosfato e potássio nos grãos de plantas inoculadas, independente do nível de adubação (OLIVEIRA et al., 2012). Assim, *Pseudomonas fluorescens* demonstra potencial para ser investigada na melhoria do teor nutritivo de grãos, bem como para reduzir a quantidade dos elementos utilizados em práticas de adubação.

### 5.3 Soja

Grãos de leguminosas, especialmente a soja (*Glycine max*) são conhecidos pelo seu potencial nutritivo devido alto teor de nitrogênio, importante para síntese de proteínas e ácidos nucleicos. A absorção eficiente de nitrogênio vem da associação das plantas com bactérias fixadoras de N, com destaque para o gênero *Bradyrhizobium* sp.

A inoculação de soja com RPCP reduziu o tempo para início da nodulação e aumentou a quantidade de nódulos, assim como o conteúdo de nitrogênio nas plantas e o teor proteico (DASHTI et al., 1998). Mesmo em temperaturas sub-ótimas (17,5 e 15 °C) para colonização das raízes por bactérias fixadoras de nitrogênio, a inoculação de plantas com RPCP aumenta o número de nódulos formados e a quantidade de nitrogênio fixado (ZHANG et al., 1996). Isto possui importância particular para a associação da soja e as bactérias fixadoras de nitrogênio em zonas consideradas sub-ótimas para o cultivo, em função da temperatura.

## 5.4 Cebola

Os isolados de *Pseudomonas* spp. W6, *B. megaterium* W19 e *B. cereus* UFV40 promoveram o crescimento de plantas de cebola após o transplante das mudas na fase de crescimento vegetativo e de produção de bulbos. Esses resultados concordam com os obtidos por Karthikeyan et al. (2008) que, estudando o efeito de *P. fluorescens*, *B. subtilis* e *T. viride* no controle de *Alternaria palandui*, obtiveram incremento no crescimento vegetal e produção de bulbos em casa de vegetação e em condições de campo (Tabela 3).

Tabela 3 - Efeito da microbiolização de sementes de cebola 'Bola Precoce' com rizobactérias, avaliadas aos 90 dias após o transplante das mudas, sobre o número de folhas (NF), diâmetro do pseudo-caule (DP) altura da parte aérea (ALT), população de plantas por hectare (PP), produção de bulbos por hectare (PB) e massa média dos bulbos comerciais (MMBC), avaliados aos 120 dias após o transplante. Itopuranga, SC, 2008 (Adaptado de HARTHMANN et al., 2010)

Variável	Controle	<i>Pseudomonas</i> spp. W6	<i>Bacillus</i> <i>megaterium</i> W19	<i>Bacillus</i> <i>cereus</i> UFV40	W6+W19+ UFV40	CV (%)
NF	10,0 c <sup>1</sup>	10,4 b	11,0 a	10,7 ab	10,9 a	2,40
DP (mm)	19,0 b	19,8 b	21,1 a	21,0 a	21,1 a	3,54
ALT (cm)	69,3 c	70,9 bc	76,3 a	77,2 a	74,1 ab	4,07
PP (n ha <sup>-1</sup> )	254,2 <sup>ns</sup>	240,0	249,6	244,2	245,0	4,96
PB (Kg ha <sup>-1</sup> )	34,9 b	40,9 a	43,4 a	40,3 a	41,5 a	6,43
PB (%) <sup>2</sup>	0,0	17,5	24,2	15,7	19,1	
MMBC g	158,0 c	173,4 ab	179,4 a	164,8 bc	176,8 ab	5,35
MMBC (%)	0	9,7	13,5	4,3	11,9	

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Duncan(P=0,05);

<sup>ns</sup> Efeito de tratamento não significativo;

<sup>2</sup> Dados não submetidos à análise de variância.

Segundo Harthmann et al. (2010), a aplicação de rizobactérias nas sementes de cebola 'Bola Precoce' promoveu o crescimento e o rendimento de bulbos, com destaque para *B. megaterium* W19.



## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

A utilização de microrganismos pode ser uma alternativa potencial, sustentável e de baixo custo para o aumento da produtividade de espécies vegetais com importância agrônômica. Contudo, o emprego de microrganismos promotores de crescimento deve ser testado a campo antes de seu uso ser difundido ou recomendado, pelo fato de que a maioria dos resultados originarem de estudos *in vitro* e por terem efeitos dependentes de muitos fatores (espécie e estirpe de microrganismo; variedade, cultivar e espécie de planta; tipo de estresse biótico ou abiótico; momento, modo e frequência de aplicação, dentre outros).



ANTOUN, H.; PRÉVOST, D. Ecology of plant growth promoting rhizobacteria. In: SIDDIQUI, Z.A. (Ed.). **PGPR: biocontrol and biofertilization**. Amsterdam: Springer, 2005. p. 1-38.

ASHRAF, M.A.; RASOOL, M.; MIRZA, M.S. Nitrogen fixation and indol acetic acid production potential of bacteria isolated from rhizosphere of sugarcane. **Advances in Biological Research**, Dubai, v. 5, p. 348-355, 2011.

BAREA, J.M.; POZO, M.J.; AZCO'N, R.; AZCON'N-AGUILAR, C. Microbial cooperation in the rhizosphere. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 56, p. 1761-1778, 2005.

BERENDSEN, R.L.; PIETERSE, C.M.; BAKKER, P.A.H.M. The rhizosphere microbiome and plant health. **Cell Press**, Riverport, v. 17, p. 478-486, 2012.

BERG, G.; SMALLA, K. Plant species and soil type cooperatively shape the structure and function of microbial communities in the rhizosphere. **Federation of European Microbiological Societies Microbiological Ecology**, Oxford, v. 68, p. 1-13, 2009.

BHATTACHARYYA, P.N.; JHA, D.K. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGRP): emergence in agriculture. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, Van Godewijckstraat, v. 28, p. 1327-1350, 2012.

BOER, M.; VAN DER SLUIS, I.; VAN LOON, L.C.; BAKKER, P.A.H.M. Combining fluorescent *Pseudomonas* spp. strains to enhance suppression of fusarium wilt of radish. **European Journal of Plant Pathology**, London, v. 105, p. 201-210, 1999.

BROWN, M.E. Seed and root bacterization. **Annual Review of Phytopatology**, Palo Alto, v. 12, p. 181-197, 1974.

BUCHENAUER, H. Biological control of soilborne diseases by rhizobacteria. **Journal of Plant Disease and Protection**, Stuttgart, v. 105, p. 329-348, 1998.

BULLIED, W.J.; BUSS, T.J.; VESSEY, J.K. *Bacillus cereus* UW85 inoculation effects on growth, nodulation, and N accumulation in grain legumes: field studies. **Canadian Journal of Plant Science**, Corvus Court, v. 82, p. 291-298, 2002.

BURR, T.J.; SCHROTH, M.N.; SUSLOW, T. Increased potato yields by treatment of seed pieces with specific strains of *Pseudomonas fluorescens* and *P. putida*. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 68, p. 1377-1383, 1978.

CAMPBELL, C.L.; MADDEN, L.V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: Wiley-Interscience, 1990. 532 p.

CARAVACA, F.; BAREA, J.M.; FIGUEROA, D.; ROLDAN, A. Assessing the effectiveness of mycorrhizal inoculation and soil compost addition for enhancing reforestation with *Olea europaea* subs *sylvestris* through changes in soil biological and physical parameters. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 20, p. 107-118, 2002.



CARVALHO, D.D.C.; OLIVEIRA, D.F.; PASQUAL, M.; CAMPOS, V.P. Rizobactérias produtoras de promotores de crescimento em plantas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, p. 338-341, 2009.

CEZÓN, R.; MAÑERO, F. G.; PROBANZA A.; RAMOS, B.; GARCÍA, J. L. Effects of two plant growth-promoting *Rhizobacteria* on the germination and growth of pepper seedlings (*Capsicum annuum*) cv. Roxy. **Archives of Agronomy and Soil Science**, Berlin, v. 49, p. 593-603, 2003.

CHANWAY, C.P. Inoculation of tree roots with PGPR soil bacteria: an emerging technology for reforestation. **Forest Science**, Bethesda, v. 43, p. 99-112, 1997.

CHANWAY, C.P.; HOLL, F.B. Ecotypic specificity of spruce emergence-stimulating *Pseudomonas putida*. **Forest Science**, Bethesda, v. 39, p. 520-527, 1993a.

\_\_\_\_\_. First year field performance of spruce seedlings inoculated with plant growth promoting rhizobacteria. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 39, p. 1084-1088, 1993b.

\_\_\_\_\_. Growth of out planted lodge pole pine seedlings one year after inoculation with growth promoting rhizobacteria. **Forest Science**, Bethesda, v. 40, p. 238-246, 1994.

CHAUHAN, H.; BAGYARAJ, D.J.; SHARMA, A. Plant growth-promoting bacterial endophytes from sugarcane and their potential in promoting growth of the host under field conditions. **Experimental Agriculture**, Cambridge, v. 49, p. 43-52, 2013.

COENYE, T.; VANDAMME, P. Diversity and significance of *Burkholderia* species occupying diverse ecological niches. **Environmental Microbiology**, Bedford, v. 5, p. 719-729, 2003.

DAKORA, F.D.; PHILLIPS, D.A. Root exudates as mediators of mineral acquisition in low nutrient environments. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 245, p. 35-47, 2002.

DASHTI, N.; ZHANG, F.; HYNES, R.; SMITH, D.L. Plant growth promoting rhizobacteria accelerate nodulation and increase nitrogen fixation activity by field grown soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] under short season conditions. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 200, p. 205-213, 1998.

DATNOFF, L.W.; NEMEC, S.; PERNEZNY, K. Biological control of *Fusarium* crown and root rot of tomato in Florida using *Trichoderma harzianum* and *Glomus intraradices*. **Biological Control**, New York, v. 5, p. 427-431, 1995.

\_\_\_\_\_. Influence of *Trichoderma harzianum* and *Glomus intraradices* on incidence and severity of *Fusarium* crown and root rot. **Biological and Cultural Tests for Control of Plant Diseases**, Minnesota, v. 9, p. 78, 1993.

DE LEIJ, F.A.A.M.; SUTTON, E.J.; WHIPPS, J.M.; FENLON, J.S.; LYNCH, J.M. Field release of a genetically modified *Pseudomonas fluorescens* on wheat: establishment, survival and dissemination. **Nature Biotechnology**, London, v. 13, p. 1488-1492, 1995.

DE SANTI FERRARA, F.I.; OLIVEIRA, Z.M.; GONZALES, H.H.S.; FLOH, E.I.S.; BARBOSA, H.R. Endophytic and rhizospheric enterobacteria isolated from sugar cane have different potentials for producing plant growth-promoting substances. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 353, p. 409-417, 2012.

DEY, R.; PAL, K.K.; BHATT, D.M.; CHAUHAN, S.M. Growth promotion and yield enhancement of peanut (*Arachis hypogaea* L.) by application of plant growth promoting rhizobacteria. **Microbiological Research**, Pavia, v. 159, p. 371-394, 2004.

DIMKPA, C.; WEINAND, T.; ASCH, F. Plant-rhizobacteria interactions alleviate abiotic stress conditions. **Plant, Cell & Environment**, Weinheim, v. 32, p. 1682-1694, 2009.

DONZELI, V.P. **Biodiversidade funcional da microbiota e promoção de crescimento de alface por rizobactérias em substrato solarizado**. 2006. 109 p. Tese (Doutorado em Genética e Biologia Molecular) - Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

DOORNBOS, R.F.; VAN LOON, L.C.; BAKKER, P.A.H.M.  
Impact of root exudates and plant defense signaling on bacterial communities in the rhizosphere. **Agronomy for Sustainable Development**, Paris, v. 32, p. 227-243, 2012.

DUFFY, B.K.; WELLER, D.M. Use of *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis* alone and in combination with fluorescent *Pseudomonas* spp. to suppress take-all of wheat. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 79, p. 907-911, 1995.

DUFFY, B.K.; WIMON, A.; WELLER, D.M. Combination of *Trichoderma koningii* with fluorescent pseudomonads for control of take-all on wheat. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 86, p. 188-194, 1996.

ELLIS, J.G.; KERR, A.; VAN MONTAGU, M.; SCHELL, J. *Agrobacterium*: genetic studies on agromycin 84 production and the biological control of crown gall. **Physiological Plant Pathology**, Saint Paul, v. 15, p. 311-319, 1979.

ENEBACK, S.A.; WEI, G.; KLOEPPER, J.W. Effects of plant growth-promoting rhizobacteria on loblolly and slash pine seedlings. **Forest Science**, Bethesda, v. 44, p. 139-144, 1998.

GAGNÉ, S.; DEHBI, L.; Le QUÉRÉ, D.; CAYER, F.; MORIN, J. L.; LEMAY, R.; FOURNIER N. Increase of greenhouse tomato fruit yields by plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) inoculated into the peat based growing media. **Soil Biology and Biochemistry**, Amsterdam, v. 25, p. 269-272, 1993.

GARG, S.K.; BHATNAGAR, A.; KALLA, A.; NARULA, N. *In vitro* fixation, phosphate solubilization, survival and nutrient release by *Azotobacter* strains in aquatic system.

**Bioresource Technology**, Fayetteville, v. 80, p. 101-109, 2001.

GHEVARIYA, K.K.; DESAI, P.B. Rhizobacteria of sugarcane: in vitro screening for their plant growth promoting potentials. **Research Journal of Recent Sciences**, Indore, v. 3, p. 52-58, 2014.

GHOLAMI, A.; SHAHSAVANI, S.; NEZARAT, S. Screening plant growth promoting rhizobacteria for improving seed germination, seedling growth and yield of maize. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, Mumbai, v. 12, p. 26-32, 2009.

GIRI, B.; MUKERJI, K. Mycorrhizal inoculant alleviates salt stress in *Sesbania aegyptiaca* and *Sesbania grandiflora* under field conditions: evidence for reduced sodium and improved magnesium uptake. **Mycorrhiza**, New York, v. 14, p. 307-312, 2004.

GLICK, B.R. The enhancement of plant growth by free-living bacteria. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 41, p. 109-117, 1995.

GORIS, J.; VOS, P.; CABALLERO-MELLADO, J.; PARK, J.; FALSEN, E.; QUENSEN, J.F.; TIEDJE, J. M.; VANDAMME, P. Classification of the PCB-and biphenil-degrading strain LB400 and relatives as *Burkholderia xenovorans* sp. nov. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, Reading, v. 54, p. 1677-1681, 2004.

GRAY, E.J.; SMITH, D.L. Intracellular and extracellular PGPR: commonalities and distinctions in the plant-bacterium signaling processes. **Soil Biology and Biochemistry**, Amsterdam, v. 37, p. 395-412, 2005.

GREEN, H.; LARSEN, J.; OLSSON, P.A.; JENSEN, D.F.; JACOBSEN, I. Suppression of the biocontrol agent *Trichoderma harzianum* by mycelium of the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* in toot-free soil. **Applied Environmental Microbiology**, Washington, v. 65, p. 1428-1434, 1999.

GYANESHWAR, P.; KUMAR, G.N.; PAREKH, L.J.; POODEL, P.S. Role of soil microorganisms in improving P nutrition of plants. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 245, p. 83-93, 2002.

HARTHMANN, O.E.L.; MÓGOR, F.A.; WORDELL FILHO, J.A.; LUZ, W.C. Rizobactérias no crescimento e na produtividade da cebola. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, p. 462-465, 2010.

HINSINGER, P.; MARSCHNER, P. Rhizosphere: perspectives and challenges; a tribute to Lorenz Hiltner. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 283, p. vii-viii, 2006.

HUSSAIN, A.; VANCURA, V. Formation of biologically active substance by rizosphere bacteria and their effect on plant growth. **Folia Microbiologica**, Praga, v. 15, p. 468-478, 1970.

ISWANDI, A.; BOSSIER, P.; VANDENABEELE, J.; VERSTRAETE, W. Effect of the seed inoculation with the rhizopseudomonad strains 7NSK2 on the root microbiota of maize (*Zea mays*) and barley (*Hordeum vulgare*).

**Biology and Fertility of Soils**, Heidelberg, v. 3, p.153-158, 1987.

JANISIEWICZ, W.J. Ecological diversity, niche overlap, and coexistence of antagonists used in developing mixtures for biocontrol of post-harvest diseases of apples.

**Phytopathology**, Saint Paul, v. 86, p. 473 479, 1996.

JOHNSON, K.B.; STOCKWELL, V.O.; McLAUGHLIN, R.J.; SUGAR, D.; LOPER, J.E.; ROBERTS, R.G. Effect of antagonistic bacteria on establishment of honey bee-dispersed *Erwinia amylovora* in pear blossoms and on fire blight control. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 83, p. 995-1002, 1993.

JOO, G.J.; KIM, Y.M.; KIM, J.T.; RHEE, I.K.; KIM, J.H.; LEE, I.J. Gibberellins-producing rhizobacteria increase endogenous gibberellins content and promote growth of red peppers. **Journal of Microbiology**, Hauppauge, v. 43, p. 510-515, 2005.

KAMPERT, M.; STRZELCZYK, E.; POKOJSKA, A. Production of auxins by bacteria isolated from pine roots (*Pinus silvestris* L.). **Acta Microbiologica Polonica**, Varsovia, v. 71, p. 135-143, 1975.

KAMPERT, M.; STRZELCZYK, E. Effect of pH on production of cytokinin - like substances by bacteria isolated from soil, rhizosphere and mycorrhizosphere of *pine* {*Pinus sylvestris*}. **Acta Microbiologica Polonica**, Varsovia, v. 33, p. 77-85, 1984.

KANG, B.R.; YANG, K.Y.; CHO, B.K.; HAN, T.H.; KIM, I.S.; LEE, M.C.; ANDERSON, A.J.; KIM, Y.C. Production of indole-3-acetic acid in the plant-beneficial strain *Pseudomonas chlororaphis* O6 is negatively regulated by the global sensor kinase GacS. **Current Microbiology**, New York, v. 52, p. 473-476, 2006.

KARADENIZ, A.; TOPCUOGLU, S.F. INAN, S. Auxin, gibberellin, cytokinin and abscisic acid production in some bacteria. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, Dordrecht, v. 22, p. 1061-1064, 2006.

KARTHIKEYAN, M.; RADHIKA, K.; BHASKARAN, R.; MATHIYAZHAGAN, S.; SANDOSSKUMAR, R.; VELAZHAHAN, R.; ALICE, D. Biological control of onion leaf blight disease by bulb and foliar application of powder formulation of antagonist mixtura. **Archives of Phytopathology and Plant Protection**, London, v. 41, p. 407-417, 2008.

KLOEPFER, J.W.; SCHROTH, M.N.; MILLER, T.D. Effects of rhizosphere colonization by plant growth-promoting rhizobacteria on potato plant development and yield. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 70, p. 1078-1082, 1980.



KLOEPPER, J.W.; HUME, D.J.; SCHER, F.M.; SINGLETON, C.; TIPPING, B.; LALIBERTÉ, M.; FRAULEY, K.; KUTCHAW, T.; SIMONSON, C.; LIFSHITZ, R.; ZALESKA, I.; LEE, L. Plant growth-promoting rhizobacteria on canola (rape-seed). **Plant Disease**, Saint Paul, v. 72, p. 42-46, 1988.

KOKALIS-BURELLE, N.; KLOEPPER, J.W.; REDDY, M.S. Plant growth promoting rhizobacteria as transplant amendments and their effects on indigenous microorganisms. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 31, p. 91-100, 2006.

LALANDE, R.; BISSONNETTE N.; COUPLÉE, D.; ANTOUN H. Identification of rhizobacteria from maize and determination of their plant growth promoting potential. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 115, p. 7-11, 1989.

LEBUHN, M; HARTMANN, A. Method for the determination of indole-3-acetic acid and related compounds of L-tryptophan catabolism in soils. **Journal of Chromatography**, Amsterdam, v. 629, p. 255-266, 1993.

LEEMAN, M.; DEN OUDEN, E.M.; VAN PELT, J.A.; CORNELISSEN, C.; MATAMALA-GARROS, A.; BAKKER, P.A.H.M.; SCHIPPERS, B. Suppression of fusarium wilt of radish by co-inoculation of fluorescent *Pseudomonas* spp. and root-colonizing fungi. **European Journal of Plant Pathology**, London, v. 102, p. 21-31, 1996.

LEINHOS, V.; VACEK, O. Biosynthesis of auxins by phosphate-solubilizing rhizobacteria from wheat and rye. **Microbiology Research**, Pavia, v. 149, p. 31-35, 1994.

LEMOS, M.T.O. **Prospecção de rizobactérias promotoras de crescimento em quatro espécies arbóreas nativas do Brasil**. 2009. 72 p. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agropecuária) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2009.

LÓPEZ-BUCIO, J.; CAMPOS-CUEVAS, J.C.; HERNÁNDEZ-CALDERÓN, E.; VELÁSQUEZ-BECERRA, C.; FARÍAS-RODRÍGUEZ, R.; MACÍAS-RODRÍGUEZ, L.I.; VALENCIA-CANTERO, E. *Bacillus megaterium* rhizobacteria promote growth and alter root-system architecture through an auxin- and ethylene-independent signaling mechanism in *Arabidopsis thaliana*. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, Saint Paul, v. 20, p. 207-217, 2007.

MAFIA, R.G.; ALFENAS, A.C.; FERREIRA, E.M.; ZARPELON, T.G.; SIQUEIRA, L. Crescimento de mudas e produtividade de minijardins clonais de eucalipto tratados com rizobactérias selecionadas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, p. 843-851, 2005.

MAHESHWARI, D.K. **Bacteria in agrobiolgy**: crop ecosystems. Heidelberg: Springer, 2011. 434 p.

MAHMOULD, S.A.Z.; RAMADAN, E.M.; THABET, F.M.; KATER, T. Production of plant growth promoting substances by rizosphere microorganisms. Zentralblatt fur Mikrobiologie. Moskow, v. 139, p. 227-23, 1984.

MAZZUCHELLI, R.C.L.; ARAÚJO, F.F. Controle biológico e químico de nematóides em cana de açúcar. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 8, n. esp., 2012.

MEDEIROS, F.H.V.; SOUZA, R.M.; PARE, P.W.; MEDEIROS, F.C.L.; FERRO, H.M. Indução de tolerância à marcha biótica e abiótica em algodoeiro por rizobactérias. In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA A PATÓGENOS, 5., 2010, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2010. p. 71-84.

MENDES, R.; GARBEVA, P.; RAAIJMARKERS, J.M. The rhizosphere microbiome: significance of plant beneficial, plant pathogenic, and human pathogenic microorganisms. **Federation of European Microbiological Societies**, Oxford, v. 37, p. 634-663, 2013.

MENEGHIN, S.P. **Efeito da aplicação de fitorreguladores em rizobactérias isoladas de diferentes variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.), no município de Araras-SP**. 2008. 95 p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2008.

MIETHLING, R.; WIELAND, G.; BACKHAUS, H.; TEBBE, C.C. Variation of microbial rhizosphere communities in response to crop species, soil origin, and inoculation with *Sinorhizobium meliloti* L33. **Microbial Ecology**, New York, v. 41, p. 43-56, 2000.

MINERDI, D.; FANI, R.; GALLO, R.; BOARINO, A.; BONFANTE, P. Nitrogen fixation genes in an endosymbiotic *Burkholderia* strain. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 67, p. 725-732, 2001.

MOUTIA, J.F.Y.; SAUMTALLY, S.; SPAEPEN, S.; VANDERLEYDEN, J. Plant growth promotion by *Azospirillum* sp. in sugarcane is influenced by genotype and drought stress. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 337, p. 233-242, 2010.

MUTHUKU-MARASAMY, R.; REVATHI, G.; VADIVELU, M. Antagonistic potential of N<sub>2</sub> fixing *Acetobacter diazotrophicus* against *Colletotrichum falcatum* Went, a causal organism of red-rot of sugarcane. **Current Science**, Jodhpur, v. 78, p. 1063-1065, 2000.

NAKKEERAN, S.; DILANTHA FERNANDO, W.G.; SIDDIQUI, Z.A. Plant growth promoting rhizobacteria formulations and its scope in commercialization for the management of pests and diseases. In: SIDDIQUI, Z.A. (Ed.). **PGPR: biocontrol and biofertilization**. Amsterdam: Springer, 2005. p. 257-296.

NAUTIYAL, C.S. An efficient microbiological growth medium for screening phosphate solubilizing microorganisms. **FEMS Microbiology Letters**, Oxford, v. 170, p. 265-270, 1999.

NEAL, A.L.; AHMAD, S.; GORDON-WEEKS, G.; TON, J. Benzoxazinoids in root exudates of maize attract *Pseudomonas putida* to the rhizosphere. **Plos One**, San Francisco, v. 7, n. 4, p. 354-398, 2012.

OLIVEIRA, A.L.M.; URQUIAGA, S.; BALDANI, J.I. **Processos e mecanismos envolvidos na influência de microrganismos sobre o crescimento vegetal.**

Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2003. 40 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 161).

OLIVEIRA, M.A.; ZUCARELI, C.; SPOLAOR, L.T.; DOMINGUES, A.R.; FERREIRA, A.S. Composição química dos grãos de milho em resposta à adubação mineral e inoculação com rizobactérias. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, p. 709-715, 2012.

OLIVEIRA, Z.M.; FLOH, E.I.S.; FERRARA, F.I.S.; BARBOSA, H.R. Diazotrophic rhizobacteria isolated from sugarcane can release amino acids in a synthetic culture medium. **Biology and Fertilization of Soils**, Heidelberg, v. 47, p. 957-962, 2011.

PASCHOLATI, S.F.; DALIO, R.J.D.; CARDOSO FILHO, J.A.; BRAND, S.C.; PINTO, L.R.; OSSWALD, W. *Piriformospora indica* - Indutor de resistência em plantas contra patógenos. In: RODRIGUES, F.A.; FORTUNATO, A.A.; RESENDE, R.S. (Eds). Indução de resistência em plantas a patógenos, Universidade Federal de Viçosa, 2012, p. 79-112.

PEREIRA, A.P.A.; SILVA, M.C.B.; OLIVEIRA, J.R.S.; RAMOS, A.P.S.; FREIRE, M.B.G.S.; FREIRE, F.J.; KUKLINSKY-SOBRAL, J. Influência da salinidade sobre o crescimento e a produção de ácido indol acético de *Burkholderia* spp. endofíticas de cana-de-açúcar. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, p. 112-121, 2012.

PERSELLO-CARTIEAUX, F.; NUSSAUME, L.; ROBAGLIA, C. Tales from the underground: molecular plant-rhizobacteria interactions. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 26, p. 189-199, 2003.

PIAO, C.G.; TANG, W.H.; CHEN, Y.S. Study on the biological activity of yield-increasing bacteria. **China Journal of Microbiology**, Beijing, v. 4, p. 55-62, 1992.

PIERSON, E.A.; WELLER, D.M. Use of mixtures of fluorescent pseudomonads to suppress take-all and improve growth of wheat. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 84, p. 940-947, 1994.

PIÑÓN, D.; CASAS, M.; BLANCH, M.; FONTANIELLA, B.; BLANCO, Y.; VICENTE, C.; SOLAS, M.T.; LEGAZ, M.E. *Gluconacetobacter diazotrophicus*, a sugarcane endosymbiont, produces a bacteriocin against *Xanthomonas albilineans*, a sugarcane pathogen. **Research Microbiology**, Muenchen, v. 153, p. 345-351, 2002.

QUADT-HALLMANN, A.; KLOPPER, J.W. Immunological detection and localization of the cotton endophyte *Enterobacter asburiae* JM22 in different plant species. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 42, p. 1144-1154, 1996.

RAAIJMAKERS, J.M.; VAN DER SLUIS, I.; KOTSER, M.; BAKKER, P.A.H.M.; WEISBEEK, P.J.; SCHIPPER, B. Utilization of heterologous siderophores and rhizosphere competence of fluorescent *Pseudomonas* spp. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 41, p. 126-135, 1995.

RAMAMOORTHY, V.; VISWANATHAN, R.; RAGUCHANDER, T.; PRAKASAM, V.; SAMIYAPPAN, R. Induction of systemic resistance by plant growth promoting rhizobacteria in crop plants against pests and diseases. **Crop Protection**, Boulevard, v. 20, p. 1-11, 2001.

RAMPAZZO, P.E. **Interação entre rizobactérias e cana-de-açúcar sob diferentes condições de umidade do substrato: crescimento, fotossíntese e relações hídricas.** 2013. 54 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Sub-tropical) - Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, 2013.

RAUPACH, G.S.; KLOEPPER, J.W. Mixtures of plant growth-promoting rhizobacteria enhance biological control of multiple cucumber pathogens. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 88, p. 1158-1164, 1998.

RODRIGUEZ, H.; GONZALEZ, T.; SELMAN, G. Expression of a mineral phosphate solubilizing gene from *Erwinia herbicola* in two rhizobacterial strains. **Journal of Biotechnology**, New York, v. 84, p. 155-161, 2000.

RUIZ-LOZANO, J.M.; COLLADOS, C.; BAREA, J.M.; AZCÓN, R. Arbuscular mycorrhizal symbiosis can alleviate drought-induced nodule senescence in soybean plants. **New Phytologist**, Oxford, v. 151, p. 493-502, 2001.

SCHISLER, D.A.; SLININGER, P.J.; BOTHAST, R.J. Effects of antagonist cell concentration and two-strain mixtures on biological control of *Fusarium* dry rot of potatoes. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 87, p. 177-183, 1997.

SHEN, D. Beneficial microorganisms and metabolites derived from agriculture wastes in improving plant health and protection. **Journal of Crop Production**, New York, v. 3, p. 349-366, 2001.

SHISHIDO, M.; CHANWAY, C.P. Spruce growth response specificity after treatment with plant growth promoting Pseudomonads. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 77, p. 22-31, 1998.

\_\_\_\_\_. Colonization and growth promotion of out planted spruce seedlings pre-inoculated with plant growth promoting rhizobacteria in the greenhouse. **Canadian Journal of Forest Research**, Birmingham, v. 30, p. 845-854, 2000.

SINGH, P.P.; SHIN Y.C.; PARK C.S.; CHUNG Y.R. Biological control of *Fusarium* wilt of cucumber by chitinolytic bacteria. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 89, p. 92-99, 1999.

SOBRAL, J.K. **A comunidade bacteriana endofítica e epifítica de soja (*Glycine max*) e estudo da interação endófitos-planta**. 108 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

SRINATH, J.; BAGYARAJ, D.J.; SATYANARAYANA, B.N. Enhanced growth and nutrition of micropropagated *Ficus benjamina* to *Glomus mosseae* co-inoculated with *Trichoderma harzianum* and *Bacillus coagulans*. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, New York, v. 19, p. 69-72, 2003.



STOCKWELL, V.O.; JOHNSON, K.B.; LOPER, J.E.  
Compatibility of bacterial antagonists of *Erwinia amylovora* with antibiotics used to control fire blight. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 86, p. 834-840, 1996.

STRZELCZYR, E.; POKKOJSKA-BURD, E.J. Production of auxins and gibberellins-like substances by mycorrhizae of pine (*Pinus sylvestris* L.). **Acta Microbiologica Polonica**, Varsóvia, v. 81, p. 81-185, 1984.

SUNG, K.C.; CHUNG, Y.R. Enhanced suppression of rice sheath blight using combination of bacteria which produce chitinases or antibiotics. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON PLANT GROWTH PROMOTING RHIZOBACTERIA, 4., 1997, Sapporo. **Plant growth-promoting rhizobacteria: present status and future prospects; proceedings....** Sapporo: OECD, 1997. p. 370-372.

SUSLOW, T.V.; SCHROTH, M.N. *Rhizobacteria* of sugarbeet: effects of seed application and root colonization on yield. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 72, p. 199-206, 1982.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848 p.

TILAK, K.V.B.R.; RANGANAYAKI, N.; MANOHARACHARI, C. Synergistic effects of plant-growth promoting rhizobacteria and rhizobium on nodulation and nitrogen fixation by pigeonpea (*Cajanus cajan*). **European Journal of Soil Science**, Chichester, v. 57, p. 67-71, 2006.

TURNER, J.T.; BACKMAN, P.A. Factors relating to peanut yield increases after seed treatment with *Bacillus subtilis*. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 75, p. 347-353, 1991.

VERMA, S.C.; LADHA, J.K. Evaluation of plant growth promoting and colonization ability of endophytic diazotrophs from deep water rice. **Journal of Biotechnology**, New York, v. 91, p. 127-141, 2001.

VESSEY, J.K. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 255, p. 571-586, 2003.

VOISARD, C.; KEEL, C.; HAAS, D.; DÉFAGO, G. Cyanide production by *Pseudomonas fluorescens* helps suppress root rot of tobacco under gnotobiotic conditions. **EMBO Journal**, Heidelberg, v. 8, p. 351-358, 1989.

WELLER, D.M.; COOK, R.J. Increased growth of wheat by seed treatments with fluorescent pseudomonads, and implications of *Pythium* control. **Canadian Journal of Plant Pathology**, Ottawa, v. 8, p. 328-334, 1986.

ZHANG, F.; DASHTI, N.; HYNES, R.K.; SMITH, D.L. Plant growth promoting rhizobacteria and soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] nodulation and nitrogen fixation at suboptimal root zone temperatures. **Annals of Botany**, Oxford, v. 77, p. 453-460, 1996.

ZHANG, S.; ZHU, W.; WANG, B.; TANG, J.; CHEN, X. Secondary metabolites from the invasive *Solidago canadensis* L. accumulation in soil and contribution to inhibition of soil pathogen *Phytium ultimum*. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 48, p. 280-286, 2011.



## **INFORMAÇÕES AOS AUTORES**

A Série Produtor Rural é editada desde 1997 pela Divisão de Biblioteca da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP e tem como objetivo publicar textos acessíveis aos produtores com temas diversificados e informações práticas, contribuindo para a Extensão Rural.

### **Pode publicar**

- Pesquisadores e docentes da ESALQ e CENA;
- Alunos cujos textos serão revisados por orientadores ou quem o Presidente da Comissão de Cultura e Extensão designar;
- Demais pesquisadores, porém, com a chancela da Comissão de Cultura e Extensão que avaliará os textos previamente.

### **Requisitos para publicação**

- Texto redigido em Word, com linguagem simples, acessível e didática a ser encaminhado para: [referencia.esalq@usp.br](mailto:referencia.esalq@usp.br)
- Ilustrações e figuras em alta resolução, facilitando a compreensão do texto.

**[www4.esalq.usp.br/biblioteca/publicacoes-a-venda/serie-produtor-rural](http://www4.esalq.usp.br/biblioteca/publicacoes-a-venda/serie-produtor-rural)**

### **COMO ADQUIRIR**

Para adquirir as publicações, depositar no Banco do Brasil, Agência 0056-6, C/C 306.344-5 o valor referente ao(s) exemplare(s), acrescido de R\$ 7,50 para o envio, posteriormente enviar via fax (19) 3429-4340, e-mail ou correspondência o comprovante de depósito, o(s) título(s) da(s) publicação(ões), nome e endereço completo para fazermos o envio, ou através de cheque nominal à Universidade de São Paulo - ESALQ.

Acesse nosso site

**[www4.esalq.usp.br/biblioteca](http://www4.esalq.usp.br/biblioteca)**

# Série Produtor Rural

## USP/ESALQ/DIBD

A Série Produtor Rural é editada desde 1997 pela Divisão de Biblioteca da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP e tem como objetivo publicar textos acessíveis aos produtores com temas diversificados e informações práticas, contribuindo para a Extensão Rural.