



TRIAGEM DO POTENCIAL DE PROMOÇÃO DO CRESCIMENTO VEGETAL DE RIZOBACTÉRIAS ISOLADAS DE ALFACE

Renan de Souza Soares¹; Luann Guilherme Vieira dos Reis²; Marcus Vinicius Forzani Araújo³; Ariana Alves Rodrigues⁴; José Daniel Gonçalves Vieira⁵

1 Mestre em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiás-Brasil
(renan_souza37@hotmail.com)

2 Mestre em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiás-Brasil

3 Mestrando em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiás-Brasil

4 Mestre em Medicina Tropical (Microbiologia), Universidade Federal de Goiás, Goiás-Brasil

5 Professor Doutor do Instituto de Patologia Tropical e Saúde Pública da Universidade Federal de Goiás, Goiás-Brasil

Recebido em: 15/04/2017 – Aprovado em: 22/07/2017 – Publicado em: 31/07/2017

DOI: 10.18677/Agrarian_Academy_2017a41

RESUMO

Os vegetais terrestres são colonizados por um amplo número de micro-organismos. Micro-organismos rizosféricos, que ao colonizarem as adjacências das raízes, disponibilizam uma extensa quantidade de nutrientes através da decomposição da matéria orgânica e da ciclagem de nutrientes, além de melhorar a arquitetura radicular e protegerem o hospedeiro contra fitopatógenos. O objetivo deste trabalho foi triar bactérias isoladas de rizosfera de alface (*Lactuca sativa*), com a melhor capacidade de promover crescimento vegetal. Seis cepas isoladas da rizosfera de alface, pertencentes a bacterioteca do LAMAB/UFG foram triadas quanto a sua capacidade de produção de ácido idol-acético (AIA), solubilização de fosfato, fixação de nitrogênio, produção de enzimas, celulases e quitinases, formação de biofilme e por fim, teste de colonização radicular. Todos os isolados apresentaram pelo menos uma característica analisada, assim como todos foram capazes de produzir biofilme. O isolado AG4 obteve o maior índice de solubilização de fosfato, o isolado AG7 foi o que produziu o maior número de fatores de crescimento vegetal. Com exceção de AG1, todos os outros foram capazes de colonizar as raízes de alface. Dessa forma, os isolados *Enterobacter cloacae* (AG3), *Enterobacter cancerogenus* (AG5), *Enterobacter ludwigii* (AG7) são bons candidatos a inoculantes, pois além da capacidade em colonizar as raízes ainda são produtores de um grande número de fatores do crescimento vegetal.

PALAVRAS-CHAVE: Fosfato, *Lactuca sativa* e Nitrogênio

TRIAL OF PLANT GROWTH PROMOTION POTENCIAL OF RIZOBACTERIA ISOLATED FROM LETTUCE.

ABSTRACT

Terrestrial plants are colonized by a large number of microorganisms. Rhizospheric microorganisms, which colonize root adjacencies, provide a large amount of nutrients through the decomposition of organic matter and nutrient cycling, as well as improving root architecture and protecting the host against phytopathogens. Thus, the objective of this work was to screen bacteria isolated from lettuce rhizosphere, *Lactuca sativa*, with the best capacity to promote plant growth. For this purpose, 6 strains were selected from the bacterioteca and triaged for indol-acetic acid (AIA) production, phosphate solubilization, nitrogen fixation, enzyme production, cellulases and chitinases, biofilm formation and, finally, root colonization. All isolates were capable of producing at least one characteristic analyzed, as well as they were able to produce biofilm. The isolated AG4 has obtained the highest phosphate solubilization index, the isolated AG7 has produced the highest number of plant growth factors. With the exception of AG1, all others were able to colonize lettuce roots. Thus, the isolates *Enterobacter cloacae* (AG3), *Enterobacter cancerogenus* (AG5), and *Enterobacter ludwigii* (AG7) are good candidates for inoculants, because beyond their capacity of colonize the host roots, they are produce a high number of plant growth promoters.

KEYWORDS: Phosphate, *Lactuca sativa* and Nitrogen.

INTRODUÇÃO

Os micro-organismos são capazes de estabelecer diversas interações ecológicas com a microbiota terrestre (SILLEN et al., 2015). Nas plantas terrestres os micro-organismos colonizam várias regiões do vegetal, incluindo o interior de tecidos (endofíticos), superfície de folhas (epifíticos) e as adjacências das raízes (rizosféricos). Neste contexto, plantas podem ser consideradas 'superorganismos' que dependem em parte, dos micro-organismos associados para desempenhar funções específicas (MENDES et al., 2013).

Os micro-organismos rizosféricos, aqueles que vivem sob influência direta das raízes dos vegetais, são pertencentes aos domínios *Archaea*, *Bacteria* e *Eukarya*, excluindo apenas animais maiores que $5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^3$ (PHILIPPOT et al., 2013). As plantas investem uma porção significativa de suas fontes de carbono fixadas fotossinteticamente na manutenção da microbiota da rizosfera (PETERSEN et al., 2016). Em contrapartida, a microbiota rizosférica disponibiliza grande quantidade de nutrientes através da decomposição da matéria orgânica e da ciclagem de nutrientes (KUMAR et al., 2017), além de melhorarem a arquitetura radicular e protegerem o vegetal contra fitopatógenos (BERENDSEN et al., 2012).

Há inúmeros estudos empregando micro-organismos rizosféricos no controle de fungos e bactérias fitogênicos (DING et al., 2013; ADAM et al., 2016), no auxílio ao vegetal hospedeiro contra estresse abiótico (SARKAR et al., 2014; TIMMUSK et al., 2014), na biotransformação do potássio, deixando-o disponível ao vegetal (PARMAR & SINDHU, 2013), na biodegradação de poluentes químicos (TOYAMA et al., 2013) e na promoção do crescimento vegetal do hospedeiro (GEETHA et al., 2014; RODRIGUES et al., 2016). Por esta função ecológica a bioprospecção da biodiversidade rizosférica é altamente desejável, entretanto, pouco se conhece sobre o potencial de promoção do crescimento vegetal de rizobactérias associadas a hortaliças, sobretudo em alface. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi triar

bactérias isoladas de rizosfera de alface, *Lactuca sativa*, com a melhor capacidade de promover crescimento vegetal.

MATERIAL E METODOS

As rizobactérias utilizadas pertencem a bacterioteca do Laboratório de Microbiologia Ambiental e Biotecnologia (LAMAB-UFG) e haviam sido previamente isoladas de rizosfera de *Lactuca sativa*. Foram selecionadas as cepas: *Enterobacter ludwigii* (AG1), *Enterobacter cloacae* (AG3), *Escherichia hermannii* (AG4), *Enterobacter cancerogenus* (AG5), *Bacillus* sp. (AG6) e *Enterobacter ludwigii* (AG7). Os micro-organismos selecionados foram avaliados quanto a capacidade de promoção direta ou indireta do crescimento vegetal. Todos os testes foram realizados em triplicata.

Produção de ácido indol-acético (AIA)

Para constatar a capacidade das rizobactérias em produzir o hormônio vegetal ácido indol-acético (AIA), os micro-organismos foram inoculados em caldo triotricaseína de soja (TSB), 1/10 da força, suplementado com 5,0mM de L-triptofano. Os tubos foram incubados na ausência de luz, sob agitação a 130 rpm, 30 °C por 24 horas. Após esse período 500 µL da cultura foi centrifugada por 10 minutos a 5.000 rpm e o sobrenadante separado. Ao sobrenadante foram adicionados 500 µL do reagente de Salkowski (50 mL de ácido perclórico a 35% e 1,0 mL de FeCl₃ a 0,5 M) e a solução incubada, por 30 minutos a 30 °C, na ausência de luz. Foram considerados positivos os tubos nos quais houve o desenvolvimento de uma coloração rósea (GOSWAMI et al., 2013).

Solubilização de fosfato

A solubilização de fosfato foi avaliada em meio de cultura descrito por GAGNE-BOURGUE et al., (2013) contendo 0,08% de CaHPO₄. Com auxílio de um inoculador de Steer, os micro-organismos, previamente crescidos em caldo TSB, foram inoculados no meio de cultura. Foram considerados solubilizadores aqueles capazes de gerar um halo transparente ao redor da colônia. Para os isolados solubilizadores foi calculado o índice de solubilização (IS) que é obtido dividindo-se o tamanho do halo (H) pelo tamanho da colônia (C). Os índices de solubilização obtidos foram submetidos a análise de variância e ao teste aglomerativo de Scott-Knott ($p < 0,05$) (CASTRO et al., 2014) no programa Sisvar 5.3 Build 77 (FERREIRA, 2011).

Fixação de nitrogênio

A fixação de nitrogênio foi avaliada por meio da capacidade dos micro-organismos de crescerem em meio de cultura semissólido isento de N₂ (DOBEREINER et al., 1976). Após o inóculo, os micro-organismos foram cultivados a 30°C por sete dias. Foram consideradas fixadoras, as bactérias capazes de crescer em meio sólido livre de nitrogênio após cinco repiques consecutivos.

Produção de enzimas

A produção de celulase total foi verificada inoculando-se os isolados no meio Kasana (KASANA et al., 2008), suplementado com 1,0% (m/v) de carboximetilcelulose. Após o crescimento, as placas foram tratadas com lugol por 10 minutos, sendo consideradas positivas aquelas colônias que apresentavam halo claro ao seu redor. A identificação da produção de quitinase foi realizada por meio

descrito por SZILAGYI-ZECCHIN et al. (2014), isolados positivos apresentaram um halo transparente após sete dias de incubação.

Formação de biofilme

A capacidade de formação de biofilme em superfície abiótica foi realizada de acordo com KAVAMURA & MELO (2014). Uma alíquota de 100 µL do inóculo microbiano foi incubada em tubos tipo *ependorf*, contendo 900 µL caldo TSB a 1/10 da força, por 96 horas a 30 °C. Após esse período, o líquido contendo o crescimento microbiano foi completamente descartado e cada tubo lavado por três vezes com água destilada. Aos tubos limpos foram adicionados 1000 µL de cristal violeta (0,1%), incubado por 15 minutos a temperatura ambiente e lavados por três vezes com água destilada. Para a leitura, 100 µL de álcool etílico foi adicionado aos tubos e a leitura da solução realizada em espectrofotômetro (OD 560nm).

Teste de colonização radicular de *L. sativa*

Para avaliar a capacidade das rizobactérias em colonizarem as raízes de alface, foi realizado o teste descrito por SOTTERO et al. (2006). Sementes orgânicas de alface foram desinfestadas com solução de hipoclorito de sódio (2,5%) por um minuto e lavadas com água destilada autoclavada. As sementes foram germinadas, a temperatura ambiente no escuro, com auxílio de algodão e papel filtro umedecidos. Após o período de germinação de 48 horas, as sementes germinadas foram embebidas em uma solução salina a 0,85%, contendo os micro-organismos na concentração de 10⁸ UFC/mL (DO₅₅₀=0,1). Após secas, as sementes foram semeadas em tubos de ensaio contendo ágar água (0,6%) e incubadas a 30°C por 48 horas. Foram preparadas cinco repetições por inóculo. A positividade do teste é indicada quando é perceptível um crescimento em névoa nas raízes de no mínimo quatro das plântulas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos seis isolados avaliados, todos apresentaram pelo menos uma das características de promoção do crescimento vegetal avaliadas (Tabela 1). O isolado *Escherichia hermannii* (AG4) apresentou somente a capacidade de solubilizar fosfato. Em contraponto, o isolado *Enterobacter ludwigii* (AG7) apresentou positividade para a maior parte dos testes, sendo negativa apenas para produção de quitinase (Tabela 1). Os presentes resultados estão em concordância com o demonstrado por KATIYAR et al., (2016). Esses autores apresentam uma série de rizobactérias isoladas de alface capazes de produzir fatores do crescimento vegetal.

Algumas linhagens de micro-organismos rizosféricos mantêm relações benéficas com os vegetais, possuindo papel importante no controle de patógenos, disponibilização de nutrientes e promoção do crescimento vegetal. Deste modo, as rizobactérias podem possuir mecanismos importantes para a adaptação das plantas ao ambiente (LOPEZ-GUERRERO et al., 2013; PARMAR & SINDHU, 2013; AHMAD & KIBRET, 2014; KAUSHAL & WANI, 2016; VURUKONDA et al., 2016).

TABELA 1: Fatores de promoção do crescimento vegetal produzidos por rizobactérias isoladas de *L. sativa*

Teste	Isolados					
	AG 1	AG 3	AG 4	AG 5	AG 6	AG 7
AIA	+	+	-	+	-	+
Fosfato	+	+	+	+	-	+
Fixação de Nitrogênio	+	+	-	+	-	+
Celulase	-	-	-	-	+	+
Quitina	-	-	-	-	-	-
Formação de biofilme	+	+	+	+	+	+

+ produtor do fator de crescimento vegetal

- não produtor do fator de crescimento vegetal

A capacidade de produção de AIA foi demonstrada pela maior parte dos isolados rizosféricos, com exceção dos isolados *Escherichia hermannii* (AG4) e *Bacillus* sp. (AG6) (Tabela 1). O AIA é o fitohormônio mais produzido por rizobactérias associadas a vegetais e em geral, sua ação está ligada aos processos de divisão celular, diferenciação celular e alongamento de tecidos vegetais (GOSWAMI et al., 2015).

Quatro isolados foram capazes de crescer em meio semi-sólido livre de nitrogênio (Tabela 1). Dos fatores de promoção vegetal, a fixação de nitrogênio é o mais buscado. O elemento é indispensável ao metabolismo celular e é constituinte de diversos compostos complexos como as proteínas, os ácidos nucléicos e as proteínas. Micro-organismos fixadores de nitrogênio são capazes de converter a forma gasosa do elemento, o nitrogênio atmosférico (N₂), em formas assimiláveis pelos vegetais como os nitratos e a amônia. (SANTI et al., 2013; SANTOS et al., 2015).

A produção de celulases foi observada nos isolados *Bacillus* sp. (AG6) e *Enterobacter ludwigii* (AG7), enquanto a produção de quitina não ocorreu por nenhum isolado. Todos os isolados demonstraram serem capazes de produzir biofilme *in vitro* (Tabela 1). Embora a produção de celulases, quitinases e formação de biofilme sejam considerados mecanismos indiretos do crescimento vegetal são extremamente importantes no processo de colonização e proteção do vegetal contra o ataque de patógenos (EL-SAYED et al., 2014). As celulases e as quitinases apresentam ação lítica, sendo responsáveis pela degradação da parede celular fúngica. Além disso, a celulase auxilia na penetração desses micro-organismos no vegetal hospedeiro (CASTILLO et al., 2016).

Ademais, o biofilme desempenha função de proteção contra patógenos, protege as raízes do vegetal contra a dissecação e outros estresses abióticos. Altera a agregação de solo em torno da raiz, o que facilita a disponibilização de nutrientes ao vegetal, bem como, auxilia na colonização da rizosfera por esses organismos (GUPTA et al., 2015).

Quanto a solubilização de fosfato, as amostras foram agrupadas em três grupos de solubilização pelo teste de Scott-Knott. Os melhores resultados foram

observados para o isolado *Escherichia hermannii* (AG4), seguido pelo isolado *Enterobacter cloacae* (AG3) (Tabela 2). Destaca-se que embora o isolado AG4 apresente o melhor resultado na solubilização de fosfato, o isolado AG3 é produtor de maior número de fatores de promoção do crescimento vegetal, o que o torna interessante para uso como inoculante.

TABELA 2: Índice de solubilização de fosfato por rizobactérias isoladas de *L. sativa*

	Isolados				
	AG 1	AG 3	AG 4	AG 5	AG 7
IS*	1.847 a	2.089 b	3.000 c	1.455 a	1.626 a

*Índice solubilização: razão entre o diâmetro do halo pelo diâmetro da colônia. Valores com a mesma letra dentro da linha não são significativamente diferentes ($p < 0.05$) de acordo com teste Scott-Knott

A presença de solubilizadores de fosfato pode ser consequência direta de estímulos exercidos pelas raízes em resposta a estresse de fósforo. BASHAN et al. (2013) e KUMAR et al. (2015) argumentam que a microbiota rizosférica pode ser composta, preferencialmente, por micro-organismos solubilizadores de tal composto a fim de manter a homeostase vegetal em ambientes pobres em fósforo ou disponível em formas insolúveis. Portanto, essa influência microbiana pode equilibrar a concentração do elemento fósforo no solo, além de torná-lo biodisponível.

Com exceção do isolado *Enterobacter ludwigii* (AG1), os demais foram capazes de colonizar a região da rizosfera no teste de avaliação da colonização do sistema radicular de *L. sativa* (Figura 1). Estudo conduzido por APONTE et al., (2017) sugere que as rizobactérias não só são capazes de colonizar as raízes, como também são capazes de promover o crescimento vegetal das plântulas de alface.

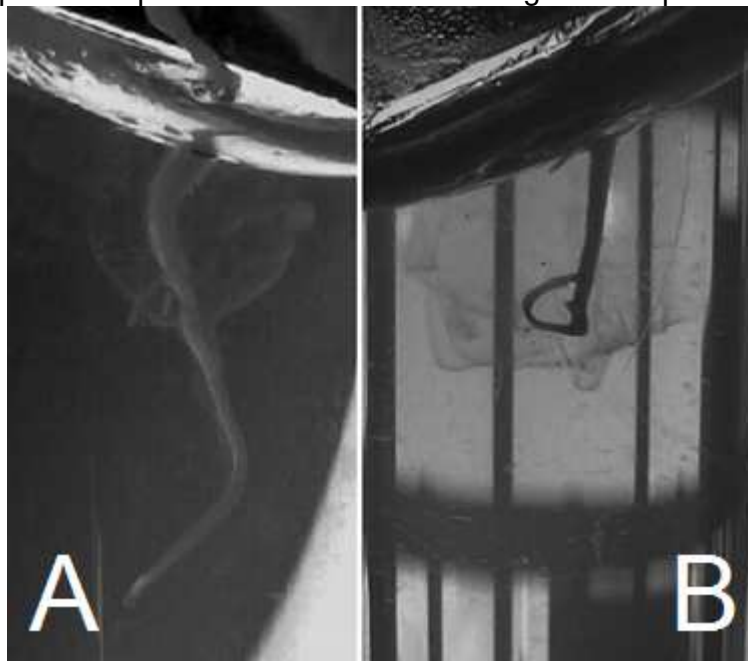


FIGURA 2. Colonização das raízes de *L. sativa* por rizobactérias. A colonização é indicada pelo crescimento em nevoa em torno da raiz. Em A *Escherichia hermannii* (AG4) e em B *Enterobacter ludwigii* (AG7).

ETESAMI et al. (2015) ainda complementam que bactérias que apresentam capacidade de colonização são as mais promissoras para elaboração de um inoculante. Dessa forma, os isolados *Enterobacter cloacae* (AG3), *Enterobacter cancerogenus* (AG5), *Enterobacter ludwigii* (AG7) são bons candidatos a inoculantes, pois além da capacidade em colonizar as raízes ainda são produtores de grande número de fatores do crescimento vegetal.

REFERÊNCIAS

ADAM, E.; MÜLLER, H.; ERLACHER, A.; BERG, G. Complete genome sequences of the *Serratia plymuthica* strains 3Rp8 and 3Re4-18, two rhizosphere bacteria with antagonistic activity towards fungal phytopathogens and plant growth promoting abilities. **Standards in Genomic Sciences**, v. 11, n 61, p. 1-8, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1186/s40793-016-0185-3>> doi: 10.1186/s40793-016-0185-3

AHEMAD, M.; KIBRET, M. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: current perspective. **Journal of King Saud University-Science**, v. 26, n. 1, p. 1-20, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jksus.2013.05.001>>. doi: 10.1016/j.jksus.2013.05.001

APONTE, A.; CASTILLO, O.; CABRERA, G.; PERNIA, M.; HERNANDEZ, Y. Rhizobacteria *Pseudomonas fluorescens* and *Azospirillum* sp. association enhances growth of *Lactuca sativa* L. under tropical conditions. **Journal of Central European Agriculture**, v. 18, n. 2, p. 424-440, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5513/JCEA01/18.2.1916>>. doi: 10.5513/JCEA01/18.2.1916

BASHAN, Y.; KAMNEV, A. A.; DE-BASHAN, L. E. Tricalcium phosphate is inappropriate as a universal selection factor for isolating and testing phosphate-solubilizing bacteria that enhance plant growth: a proposal for an alternative procedure. **Biology and fertility of soils**, v. 49, n. 4, p. 465-479, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s00374-012-0737-7>>. doi:10.1007/s00374-012-0737-7

BERENDSEN, R. L.; PIETERSE, C. M. J.; BAKKER, P. A. H. M. The rhizosphere microbiome and plant health. **Trends in Plant Science**, v. 17, n. 8, p. 478 - 486, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.tplants.2012.04.001>>. doi:10.1016/j.tplants.2012.04.001

CASTILLO, B. M.; DUNN, M. F.; NAVARRO, K. G.; MELÉNDEZ, F. H.; ORTIZ, M. H.; GUEVARA, S. E.; PALACIOS, G. H. Antifungal performance of extracellular chitinases and culture supernatants of *Streptomyces galilaeus* CFFSUR-B12 against *Mycosphaerella fijiensis* Morelet. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 32, n. 3, p. 1-12, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11274-015-1993-0>>. doi: 10.1007/s11274-015-1993-0

CASTRO, R. A.; QUECINE, M. C.; LACAVA, P. T.; BATISTA, B. D.; LUVIZOTTO, D. M.; MARCON, J.; FERREIRA, A.; MELO, I. S.; AZEVEDO, J. L. Isolation and enzyme bioprospection of endophytic bacteria associated with plants of Brazilian mangrove ecosystem. **SpringerPlus**, v. 3, n. 382, p. 1-9, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1186/2193-1801-3-382>>. doi: 10.1186/2193-1801-3-382

DING, C.; SHEN, Q.; ZHANG, R.; CHEN, W. Evaluation of rhizosphere bacteria and derived bio-organic fertilizers as potential biocontrol agents against bacterial wilt (*Ralstonia solanacearum*) of potato. **Plant and Soil**, v. 366, n. 1, p. 453-466, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/doi:10.1007/s11104-012-1425-y>>. doi:10.1007/s11104-012-1425-y

DOBEREINER, J.; MARRIEL, I. E.; NERY, M. Ecological distribution of *Spirillum lipoferum* Beijerinck. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 22, n. 10, p. 1464-1473, 1976.

EL-SAYED, W. S.; AKHKHA, A.; EL-NAGGAR, M. Y.; ELBADRY, M. *In vitro* antagonistic activity, plant growth promoting traits and phylogenetic affiliation of rhizobacteria associated with wild plants grown in arid soil. **Frontiers in Microbiology**, v. 5, n. 12, p. 1-11, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3389/fmicb.2014.00651>>. doi: 10.3389/fmicb.2014.00651

ETESAMI, H.; ALIKHANI, H. A.; HOSSEINI, H. M. Indole-3-acetic acid (IAA) production trait, a useful screening to select endophytic and rhizosphere competent bacteria for rice growth promoting agents. **MethodsX**, v. 2, p. 72-78, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.mex.2015.02.008>>. doi: 10.1016/j.mex.2015.02.008

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia (UFLA)**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>>. doi: 10.1590/S1413-70542011000600001

GAGNE-BOURGUE, F.; ALIFERIS, K. A.; SEGUIN, P.; RANI, M.; SAMSON, R.; JABAJI, S. Isolation and characterization of indigenous endophytic bacteria associated with leaves of switchgrass (*Panicum virgatum* L.) cultivars. **Journal of applied microbiology**, v. 114, n. 3, p. 836-853, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/jam.12088>>. doi: 10.1111/jam.12088

GEETHA, K.; RAJITHASRI, A. B.; BHADRAIAH, B. Isolation of Plant growth promoting rhizobacteria from rhizosphere soils of green gram, biochemical characterization and screening for antifungal activity against pathogenic fungi. **International Journal of Pharmaceutical Science Invention**, v. 3, n. 9, p. 47-54, 2014. Disponível em: [http://www.ijpsi.org/Papers/Vol3\(9\)/G039047054.pdf](http://www.ijpsi.org/Papers/Vol3(9)/G039047054.pdf)

GOSWAMI, D.; VAGHELA, H.; PARMAR, S.; DHANDHUKIA, P.; THAKKER, N. J. Plant growth promoting potentials of *Pseudomonas* spp. strain OG isolated from marine water. **Journal of Plant Interactions**, v. 8, n. 4, p. 281-290, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/17429145.2013.768360>>. doi: 10.1080/17429145.2013.768360

GOSWAMI, D.; THAKKER, J. N.; DHANDHUKIA, P. C. Simultaneous detection and quantification of indole-3-acetic acid (IAA) and indole-3-butyric acid (IBA) produced by rhizobacteria from L-tryptophan (Trp) using HPTLC. **Journal of Microbiological Methods**, v. 110, n. 3, p. 7-14, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.mimet.2015.01.001>>. doi: 10.1016/j.mimet.2015.01.001

GUPTA, G.; PARIHAR, S. S.; AHIRWAR, N. K.; SNEHI, S. K.; SINGH, V. Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR): Current and Future Prospects for Development of Sustainable Agriculture. **Journal of microbial & Biochemical Technology**, v. 7, n. 2, p. 96–102, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4172/1948-5948.1000188>>. doi: 10.4172/1948-5948.1000188.

KASANA, R. C.; SALWAN, R.; DHAR, H.; DUTT, S.; GULATI, A. A rapid and easy method for the detection of microbial cellulases on agar plates using grams iodine. **Current Microbiology**, v. 57, n.5, p. 503-507, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s00284-008-9276-8>>. doi: 10.1007/s00284-008-9276-8.

KATIYAR, D.; HEMANTARANJAN, A.; SINGH, B. Plant growth promoting rhizobacteria: An effective tool for agriculture promotion. **Advances in Plants & Agriculture Research**, v. 4, n. 6, p. 1-10, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.15406/apar.2016.04.00163>>. doi: 10.15406/apar.2016.04.00163

KAUSHAL, M.; WANI, S. P. Rhizobacterial-plant interactions: Strategies ensuring plant growth promotion under drought and salinity stress. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 231, n.1, p. 68-78, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2016.06.031>>. doi: 10.1016/j.agee.2016.06.031

KAVAMURA, V. N.; MELO, I. S. Effects of different osmolarities on bacterial biofilm formation. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 45, n. 2, p. 627-631, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1517-83822014000200034>>. doi: 10.1590/S1517-83822014000200034

KUMAR, U.; SHAHID, M.; TRIPATHI, R.; MOHANTY, S.; KUMAR, A.; BHATTACHARYYA, P.; LAL, B.; GAUTAM, P.; RAJA, R.; PANDA, B. B.; JAMBHULKAR, N. N.; SHUKLA, A. K.; NAYAK, A. K. Variation of functional diversity of soil microbial community in sub-humid tropical rice-rice cropping system under long-term organic and inorganic fertilization. **Ecological Indicators**, v. 73, p. 536 - 543, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.10.014>>. doi: 10.1016/j.ecolind.2016.10.014

KUMAR, A.; BAHADUR, I. MAUARYA, B. R.; RAGHUWANSHI, R.; MEENA, V. S.; SINGH, D. K.; DIXIT, J. Does a plant growth promoting rhizobacteria enhance agricultural sustainability. **J Pure Appl Microbiol**, v. 9, n. 1, p. 715-724, 2015.

LOPEZ-GUERRERO, M. G.; ORMEÑO-ORRILLO, E.; ROSENBLUETH, M.; MARTINEZ-ROMERO, J.; MARTÍNEZ-ROMERO, E. Buffet hypothesis for microbial nutrition at the rhizosphere. **Frontiers in plant science**, v. 4, n.1, p. 188, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00188>>. doi: 10.3389/fpls.2013.00188

MENDES, R.; GARBEVA, P.; RAAIJIMAKERS, J. M. The rhizosphere microbiome: significance of plant beneficial, plant pathogenic, and human pathogenic microorganisms. **FEMS Microbiology Reviews**, v. 37, p. 634–663, 2013. <<http://doi.org/10.1111/1574-6976.12028>>. doi: 10.1111/1574-6976.12028

PARMAR, P.; SINDHU, S. S. Potassium solubilization by rhizosphere bacteria: influence of nutritional and environmental conditions. **Journal of Microbiology Research**, v. 3, n. 1, p. 25-31, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5923/j.microbiology.20130301.04>>. doi:10.5923/j.microbiology.20130301.04

PETERSEN, C. M. J.; JONGE, R.; BERENDSEN, R. L. The Soil-Borne Supremacy. **Trends in Plant Science**, v. 21, n. 3, p. 171 - 173, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.tplants.2016.01.018>>. doi: 10.1016/j.tplants.2016.01.018

PHILIPPOT, L.; RAAIJMAKERS, J. M.; LEMANCEAU, P.; VAN DER PUTTEN, W. H. Going back to the roots: the microbial ecology of the rhizosphere. **Nature Reviews Microbiology**, v. 10, n. 1, p. 789-799, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/nrmicro3109>>. doi:10.1038/nrmicro3109

RODRIGUES, A. A.; FORZANI, M. V.; SOARES, R. S.; SIBOV, S. T.; VIEIRA, J. D. G. Isolation and selection of plant growth-promoting bacteria associated with sugarcane. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 46, n. 2, p. 149-158, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1983-40632016v4639526>>. doi: 10.1590/1983-40632016v4639526

SANTI, C.; BOGUSZ, D.; FRANCHE, C. Biological nitrogen fixation in non-legume plants. **Annals of Botany**, v. 111, n. 5, p. 743-767, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1093/aob/mct048>>. doi: 10.1093/aob/mct048

SANTOS, J. S.; VIANA, T. O.; JESUS, C. M.; BALDANI, V. L. D.; FERREIRA, J. S. Inoculation and Isolation of Plant Growth-Promoting Bacteria in Maize Grown in Vitória Da Conquista, Bahia, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 1, p. 78-85, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/01000683rbc20150725>>. doi: 10.1590/01000683rbc20150725

SARKAR, A.; PATEL, J. S.; YADAV, S.; SARMA, B. K.; SRIVASTAVA, J. S.; SINGH, H. B. Studies on Rhizosphere-Bacteria mediated Biotic and Abiotic stress tolerance in Chickpea (*Cicer arietinum* L). **Vegetos**, v. 27, n.1, p. 158-169, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5958/j.2229-4473.27.1.025>> doi:10.5958/j.2229-4473.27.1.025

SILLEN, W. M. A.; THIJS, S.; ABBAMONDI, G. R.; JANSSEN, J.; WEYENS, N.; WHITE, J. C.; VANGRONSVELD, J. Effects of silver nanoparticles on soil microorganisms and maize biomass are linked in the rhizosphere. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 91, n. 1, p. 14-22, 2015. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.soilbio.2015.08.019>>. doi: 10.1016/j.soilbio.2015.08.019

SOTTERO, A. N.; FREITAS, S. S.; MELO, A. M. T.; TRANI, P. S. Rizobactérias e alface: colonização rizosférica, promoção de crescimento e controle biológico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n.1, p. 225-234, 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832006000200004>>. doi:10.1590/S0100-06832006000200004

SZILAGYI-ZECCHIN, V. J.; IKEDA, A. C.; HUNGRIA, M.; ADAMOSKI, D.; KAVA-CORDEIRO, V.; GLIENKE, C.; GALLI-TERASAWA, L. V. Identification and characterization of endophytic bacteria from corn (*Zea mays* L.) roots with biotechnological potential in agriculture. **AMB Express**, v. 4, n. 1, p. 26, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1186/s13568-014-0026-y>>. doi: 10.1186/s13568-014-0026-y

VURUKONDA, S. S. K. P.; VARDHARAJULA, S.; SHRIVASTAVA, M.; SKZ, A. Enhancement of drought stress tolerance in crops by plant growth promoting rhizobacteria. **Microbiological research**, v. 184, n. 1, p. 13-24, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.micres.2015.12.003>>. doi:10.1016/j.micres.2015.12.003

TIMMUSK, S.; EL-DAIM, I. A. A.; COPOLOVICI, L.; TANILAS, T.; KÄNNASTE, A.; BEHERS, L.; NEVO, E.; SEISENBAEVA, G.; STENSTRÖM, E.; NIINEMETS, U. Drought-Tolerance of Wheat Improved by Rhizosphere Bacteria from Harsh Environments: Enhanced Biomass Production and Reduced Emissions of Stress Volatiles. **PLoS ONE**, v. 9, n. 5, p. 1-13, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0096086>> doi:10.1371/journal.pone.0096086

TOYAMA, T.; OJIMA, T.; TANAKA, Y.; MORI, K.; MORIKAWA, M. Sustainable biodegradation of phenolic endocrine-disrupting chemicals by *Phragmites australis*-rhizosphere bacteria association. **Water Science & Technology**, v. 68, n. 3, p. 522-529, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.2166/wst.2013.234>> doi: 10.2166/wst.2013.234