



ISOLAMENTO DE BACTÉRIAS PRODUTORAS DE ÁCIDO-INDOL-ACÉTICO EM RAÍZES DE *Glycine max* (SOJA) DO CENTRO-OESTE DO RIO GRANDE DO SUL

Debora Carvalho Rocha Jaloto Avila

Centro Universitário La Salle

Av. Vitor Barreto, 2288

92010000 – Canoas – RS

Me. Matheus de Souza Spagiari

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Maurício da Silva e Silva

Centro Universitário La Salle

Patrícia Carla Bach

Centro Universitário La Salle

Dr. Delmar Bizani

Centro Universitário La Salle

Resumo: O interesse pela atividade microbiológica que ocorre na rizosfera em diversos vegetais levou ao descobrimento de grupos de microrganismos importantes para o desenvolvimento vegetal. Dentre eles, os mais estudados são as bactérias promotoras de crescimento em plantas (BPCPs), capazes de colonizar as raízes, estimulando-a diretamente ou beneficiando o crescimento do vegetal. Com a necessidade de se conhecer cada vez mais e explorar as potencialidades destes microrganismos, este estudo tem por objetivo o isolamento de bactérias produtoras de ácido-indol-acético (AIA) da rizosfera de *Glycine max* (soja). Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Microbiologia Aplicada do Centro Universitário La Salle. Para o isolamento dos microrganismos foi utilizado ágar TSA, e a produção de AIA foi evidenciada pela utilização de caldo TSB 10 % suplementado com 5 mM de L-triptofano, com revelação pelo reagente de Salkowski. Das 70 estirpes isoladas, 39 estirpes mostraram-se positivas ao teste colorimétrico para detecção da produção do fitohormônio. De acordo com a coloração do inóculo bacteriano, transcorrido o teste, 26 das estirpes foram classificadas com menor potencial produtivo e 13 classificadas com maior potencial produtivo para a síntese de ácido-indol-acético. Estes isolados demonstram potencial como possíveis inoculantes para a promoção de crescimento vegetal, no entanto, serão realizados outros testes bioquímicos para evidenciar a potencialidade das cepas, com perspectivas para o uso agrônomo.

Palavras-chave: Ácido-indol-acético, Bactérias promotoras de crescimento vegetal, *Glycine max*.



ISOLATION OF BACTERIA INDOLACETIC ACID PRODUCERS OF THE *Glycine max* ROOTS (SOYBEAN) FROM THE MIDWEST OF RIO GRANDE DO SUL

Abstract: Interest in microbial activity occurring in the rhizosphere of many plant led to the discovery of major groups of microorganisms for plant development. Among them, the most studied are the Plant-growth promoting bacteria (PGPBs), able to colonize the roots, stimulating it directly or benefiting the growth of the plant. With the purpose to know more and explore the potential of these microorganisms, this study aimed to isolating bacteria that produce Indolacetic acid (IAA) of the rhizosphere of *Glycine max* (soybean). The experiments were conducted in the Laboratory of Applied Microbiology of the La Salle University Center. For the isolation of the microorganisms TSA agar was used, and the production of IAA was observed by using 10% TSB broth supplemented with 5 mM L-tryptophan, with a revelation through the reagent Salkowski. From the 70 isolated strains, 39 strains were positive to the colorimetric test for detecting the production of the phytohormone. According to the color of the bacterial inoculum, passed the test, 26 strains were classified with less potential productive and 13 classified with higher potential for the synthesis of Indolacetic acid. These isolates demonstrate potential as possible inoculants to promote plant growth, however, will be made other biochemical tests to evidence the potential of strains, with prospects for the agronomic use.

Keywords: Indolacetic acid, Plant-growth promoting bacteria, *Glycine max*.

1. INTRODUÇÃO

Entre os mais diversos problemas ambientais enfrentados atualmente, a poluição ocasionadas por fontes agrícolas cresce em conjunto à intensificação das práticas deste setor. Com o objetivo de acompanhar o constante aumento de demanda do setor e garantir níveis mais altos de produção, diferentes práticas necessitam de aprimoramentos, principalmente em técnicas de fertilização e irrigação, para que promovam a obtenção de melhores rendimentos com sustentabilidade. Os processos de intensificação da agricultura são investigados como possíveis causadores de efeitos negativos sobre o meio ambiente, sendo os fertilizantes nitrogenados lixiviados aos lençóis freáticos, causando a eutrofização de rios e lagos (LEWIS et al., 1984). Além dos impactos mais comumente mensurados, é prudente considerar que como resultado do acelerado crescimento da população mundial, sugere-se que novos locais destinados à agricultura serão necessários para apoiar a demanda crescente, e conseqüentemente, mais fertilizantes terão que ser aplicados para aumentar a produção de alimentos (HAGEN & HOWARD, 2011).

Estudos alertam para o fato de que fertilizantes nitrogenados alteram os fluxos de óxido nitroso (N_2O) na atmosfera, contribuindo para a emissão de gases do efeito estufa e conseqüente aceleração do aquecimento global. De acordo com o Inventário Nacional de Emissões de Gases do Efeito Estufa, adubação nitrogenada é uma das principais fontes de emissão de óxido nitroso da agricultura no país (BRASIL, 2013). O uso extensivo de fertilizantes nitrogenados na agricultura gera diversos problemas ambientais, dentre eles, a síntese de óxido nitroso e nítrico por microrganismos nitrificantes (LEWIS et al., 1984).

Novas considerações devem ser feitas com intuito de beneficiar o meio ambiente e minimizar os impactos das atividades antrópicas sobre o uso da terra. Microrganismos têm sido explorados como inoculantes para plantas. A utilização de bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCPs) permite melhorar a absorção de água e nutrientes pelos vegetais, e conseqüente



diminuição do uso de fertilizantes e pesticidas químicos, proporcionando uma maior sustentabilidade do sistema de produção (CANDIDO *et al.*, 2013). Os mecanismos de promoção do crescimento vegetal, apresentados por estes microrganismos, podem ser explorados em benefício de uma agricultura mais sustentável e de menor impacto ambiental (JAMES & BALDANI, 2012). As bactérias que apresentam mais de uma característica para a promoção de crescimento são almejadas para uma possível aplicação em campo (VERMA *et al.*, 2001; DOBBELAERE *et al.*, 2003; LUGTENBERG & KAMILOVA, 2009).

As BPCPs são bactérias com capacidade de colonizar as raízes de plantas exercendo efeitos benéficos no desenvolvimento das plantas (CHOUDHARY & JOHRI, 2009), podem estimular o crescimento de forma direta, através da fixação de nitrogênio, produção de hormônio vegetal, solubilização de fósforo e produção de sideróforos (STURZ *et al.*, 2000; SZENTES *et al.*, 2013) ou são capazes de realizar simbiose, auxiliando o metabolismo vegetal e protegendo-se de competidores (RODRIGUES, 2003).

As interações microbianas desempenham funções importantes na agricultura, através da ação biocontroladora de patógenos (AZEVEDO *et al.*, 2000; STURZ *et al.*, 2000), pelo aumento da resistência a estresses bióticos e abióticos (BULGARELLI *et al.*, 2013) e biorremediação (ROMEIRO & BATISTA, 2002). Em sistemas sustentáveis, o uso de BPCPs pode ser uma das alternativas tecnológicas viáveis para aumentar a produção, sendo implementada pela microbiolização de sementes com microrganismos (COELHO, 2007).

A diversidade e a atividade microbiana do solo constituem fatores importantes na sustentabilidade dos ecossistemas. A redução da comunidade microbiana, e a eventual diminuição das espécies microbianas promotoras de crescimento, como o caso das rizobactérias, podem acarretar na perda de importantes funções do solo, mas também reduzir a capacidade dos sistemas naturais de superar futuros estresses. O conhecimento sobre a diversidade das populações de microrganismos do solo, seu papel e interações com o meio abiótico são requisitos básicos para o estabelecimento de manejo, que permita o aumento no crescimento da planta, a sobrevivência e persistência de espécies importantes em um determinado ambiente. Exemplos de microrganismos benéficos da rizosfera são as bactérias fixadoras de nitrogênio, diferenciadas entre bactérias de vida livre, que podem ser encontradas na rizosfera e fornecer às plantas associadas uma fonte de nitrogênio fixo, e os rizóbios, fixadores de nitrogênio para uma planta hospedeira, em troca de fontes de carbono fornecido pela planta como fotossintatos (MAIER, 2009).

Diversos microrganismos, entre eles bactérias, de vida livre no solo e/ou associados às plantas, sintetizam hormônios de crescimento idênticos aos encontrados nas plantas, dentre eles o ácido indol-acético (AIA). Os hormônios vegetais (auxinas, citocininas, giberelinas, etileno e ácido abscísico) são substâncias orgânicas que desempenham funções na regulação do crescimento em plantas (RAVEN *et al.*, 2001).

As auxinas estão envolvidas em processos de desenvolvimento, incluindo divisão e diferenciação celular, fototropismo, dominância apical e diferenciação vascular (SUGAWARA *et al.*, 2009). A presença de auxinas provoca alterações morfológicas, tais como, o aumento do comprimento da raiz, o número de pêlos radiculares e raízes laterais. Esses compostos estimulam na planta respostas rápidas, como o aumento do alongamento celular e respostas lentas entre elas a divisão e diferenciação celular (BONILLA, 2011).

A produção de AIA por bactérias vem sendo relatada em diversos estudos (PRINSEN *et al.*, 1991; KUSS *et al.*, 2007; TSAVKELOVA *et al.*, 2012). Existem duas vias de biossíntese propostas para AIA, uma via dependente de triptofano e outra independente dele. Na via dependente de triptofano diferentes caminhos vem sendo postuladas, entre eles estão a via indol-3 acetamida (IAM), via do ácido indol-3-pirúvico (AIP), via triptamina (TAM), e a via indol-3-acetaldoxima (IAOx), sendo as duas primeiras as mais observadas (BARTEL, 1997; MANO & NEMOTO, 2012; DUCA *et al.*, 2014). Na via indol-3-acetamida (IAM) ocorre uma reação de duas etapas, onde o triptofano é inicialmente convertido a IAM pela enzima triptofano monooxigenase. Posteriormente, a



conversão do IAM para AIA em uma reação catalisada pela enzima indol-3-acetamida hidrolase (BARTEL, 1997). Na rota do ácido indol-3-pirúvico (AIP) inicialmente, o triptofano é desaminado a AIP por uma enzima aminotransferase. Subsequentemente, uma enzima descarboxilase converte em AIP a indol-3-acetaldeído, o qual é oxidado a IAA pela enzima aldeído desidrogenase, ou enzimas oxidase (DUCA *et al.*, 2014).

A quantidade de AIA produzida pelas bactérias é influenciada por diferentes fatores, entre eles a localização dos genes responsáveis pela biossíntese (BRANDLAND & LINDOW, 1996). Fatores abióticos como pH, estresse osmótico, variações na concentração de oxigênio, temperatura e limitação de carbono, também influenciam na produção de AIA (SPAEPEN *et al.*, 2007).

A partir destas informações, este estudo teve como objetivo o isolamento de microrganismos produtores de ácido-indol-acético isolados a partir de raízes de plantas de *Glycine max* cultivadas no centro-oeste do estado do Rio Grande do Sul.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Amostragem

As amostras de raízes de *Glycine max* foram coletadas numa fazenda localizada na região Centro-oeste do estado do Rio Grande do Sul. A amostragem consistiu na abertura de pequenas trincheiras com profundidade entre 0-15 cm nas áreas selecionadas, e retirada da região rizosférica, sendo armazenadas em frascos previamente esterilizados e acondicionados ao laboratório para análises posteriores.

2.2 Isolamento dos microrganismos

Para o isolamento dos microrganismos foi utilizada uma massa de 25 g de raízes *Glycine max* em 225 mL de Caldo Soja Trypticaseína (TSB), sendo incubados por 24 horas, 100 rpm e 30 °C. Posteriormente, diluições de 10⁻⁶ foram conduzidas e 10 µL da diluição foram plaqueadas em Ágar Tripton de Soja (TSA) e mantidas por 48 horas a 30°C. Das colônias observadas, decorrido o tempo de incubação, foram plaqueadas novamente em TSA, com o intuito de isolar microrganismo puros, sem contaminação associada.

A preservação dos microrganismos, para futuros testes, sucedeu-se em Caldo TSB contendo glicerol, mantendo-se sob congelamento de -20°C.

2.3 Produção de Ácido-indol-acético

Para a seleção de microrganismos produtores de ácido-indol-acético foi realizado um método colorimétrico qualitativo e específico, que caracteriza a produção do fitohormônio, descrito por Duca *et al.*, 2014. As colônias isoladas foram inoculadas em 5 mL de Caldo TSB 10%, suplementado com 5 mM de L-triptofano, como precursor para a síntese de ácido-indol-acético, e incubados a 30°C, na ausência de luz, por 24 horas. Transcorrido o período de crescimento, as culturas foram homogeneizadas e transferidas para tubos de centrifuga esterilizados e centrifugados a 10.000 rpm por 10 minutos. Foram separadas alíquotas de 500 µL do sobrenadante e transferidas para tubos tipo *Eppendorf* contendo 500 µL do reagente de Salkowski (1 mL de 2% de FeCl₃ 0,5 M em 49 mL de ácido perclórico 35%) incubadas por 30 minutos a 30°C, na ausência de luz. Os experimentos foram realizados em triplicatas e o resultado positivo foi caracterizado pela formação de coloração rósea nos frascos. A intensidade da coloração rósea é diretamente proporcional à concentração de ácido-indol-acético presente no meio.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Isolamento dos microrganismos

Foram isolados 70 estirpes a partir da diluição de 10^{-6} e devidamente nomeadas com nomenclatura de LS 01-70. A Figura 1 demonstra alguns isolados obtidos nessa etapa do estudo.

Figura 1 – Microrganismos isolados das raízes de *Glycine max*.



A diversidade no número de cepas isoladas é evidenciada por diversos estudos. Navroski et al. (2015) relata o isolamento de 44 microrganismos provenientes de solos com plantio de soja no estado do Paraná, e demonstra que a abundância microbiana pode sofrer variações durante as estações climáticas anuais, havendo a prevalência de algumas comunidades microbianas em relação a outras.

Sobral (2003) evidencia o isolamento de 361 cepas provenientes da soja, no qual os principais grupos bacterianos foram: *Pseudomonas*, *Burkholderia*, *Ralstonia*, *Enterobacter*, *Pantoea*, *Acinetobacter*, *Agrobacterium* e *Methylobacterium*. Esses microrganismos possuem a característica de serem simbioses de plantas, auxiliando no desenvolvimento da mesma, no entanto, o gênero *Ralstonia* possui a atividade de ser um importante fitopatógeno de vários tipos de vegetais, como tomate, ervilha e soja. Bringel et al. (2001) demonstrou ao quantificar a população de biovars de *Ralstonia solanacearum* provenientes de soja, resistentes a antimicrobianos, um elevado número de cepas presentes em raízes da planta, e com capacidade de resistir a estreptomicina, rifampicina e cloranfenicol.

Sáber (2010) constatou o isolamento de 60 bactérias da folha do cultivar “Conquista”, e análise genética permitiu a identificação dos isolados, sendo que a maioria pertencente ao grupo das *Enterobacteriaceae*, permitindo deduzir que esses microrganismos não possuem restrição ao trato gastrointestinal, podendo também habitar outros ambientes.

3.2 Produção de ácido-indol-acético

Os 70 isolados microbianos obtidos de *Glycine max* foram avaliados quanto a capacidade qualitativa de produção de ácido-indol-acético, sendo resultados descritos na Tabela 1.

Tabela 1- Produção de ácido-indol-acético pelos isolados microbianos de *Glycine max*.

Isolado	Produção	Isolado	Produção	Isolado	Produção	Isolado	Produção
LS 01	Negativo	LS 19	Positivo	LS 37	Moderado	LS 55	Positivo
LS 02	Negativo	LS 20	Moderado	LS 38	Moderado	LS 56	Negativo
LS 03	Positivo	LS 21	Moderado	LS 39	Moderado	LS 57	Positivo
LS 04	Moderado	LS 22	Moderado	LS 40	Moderado	LS 58	Positivo
LS 05	Negativo	LS 23	Negativo	LS 41	Moderado	LS 59	Moderado
LS 06	Negativo	LS 24	Positivo	LS 42	Positivo	LS 60	Negativo
LS 07	Negativo	LS 25	Negativo	LS 43	Moderado	LS 61	Negativo
LS 08	Negativo	LS 26	Negativo	LS 44	Positivo	LS 62	Positivo
LS 09	Negativo	LS 27	Negativo	LS 45	Moderado	LS 63	Positivo
LS 10	Negativo	LS 28	Moderado	LS 46	Negativo	LS 64	Negativo
LS 11	Negativo	LS 29	Positivo	LS 47	Moderado	LS 65	Moderado
LS 12	Negativo	LS 30	Positivo	LS 48	Moderado	LS 66	Moderado
LS 13	Negativo	LS 31	Negativo	LS 49	Moderado	LS 67	Negativo
LS 14	Positivo	LS 32	Negativo	LS 50	Moderado	LS 68	Moderado
LS 15	Negativo	LS 33	Negativo	LS 51	Negativo	LS 69	Moderado
LS 16	Moderado	LS 34	Positivo	LS 52	Negativo	LS 70	Positivo
LS 17	Negativo	LS 35	Moderado	LS 53	Moderado		
LS 18	Negativo	LS 36	Negativo	LS 54	Negativo		

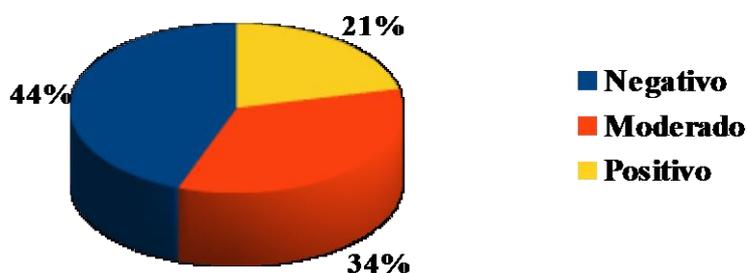
Os parâmetros referentes à coloração obtida no meio de cultura para determinar a produção de ácido-indol-acético, estão relacionados na Figura 2.

Figura 2 – Padronização da coloração produzida de ácido-indol-acético pelos isolados. Da esquerda para direita, respectivamente, a coloração dos frasco indica: Negativo; Negativo; Moderado e Positivo.



Dentre os resultados obtidos, 31 isolados não apresentaram a capacidade de produção de ácido-indol-acético nas condições propostas no estudo, demonstrando que podem possuir outra função em relação ao vegetal, dentre as quais a capacidade de biocontrole ou fitopatígeno. Entretanto, 39 isolados demonstraram a possibilidade de sintetizar o ácido-indol-acético, ocasionando na possibilidade de agirem como bactérias promotoras de crescimento vegetal. A Figura 3 demonstra a taxa dos isolados em relação à síntese de AIA.

Figura 3 – Taxa de isolados microbianos com capacidade de síntese de ácido-indol-acético.



Stroschein e colaboradores (2011) avaliando a produção de ácido-indol-acético por rizóbios isolados de alfafa em meio LM, enriquecido com triptofano, observaram que todos os isolados testados produziam a substância, com valores que variavam de 43,04 a 101,26 $\mu\text{g mL}^{-1}$. Shilindwein e colaboradores (2008) em estudos usando quatro isolados de *Bradyrhizobium* sp e um de *Rhizobium leguminosarum* observaram que a produção de AIA apresentou valores significativamente diferentes entre os gêneros testados. A produção do composto variou entre 1,2 a 171,1 $\mu\text{g mL}^{-1}$ sendo a cepa de *Rhizobium leguminosarum* o de maior produção.

Tavares de Lima et al., (2011) relataram que nenhuma estirpe dos gêneros *Bacillus* e *Brevibacillus* possuíam a capacidade de sintetizar o fitohormônio, entretanto, os isolados de *Bacillus* inoculados conjuntamente com cepas de *Bradyrhizobium* sp aumentou a taxa de fixação de N_2 em 100%. O sinergismo entre bactérias fixadoras de nitrogênio e bactérias promotoras de crescimento de plantas em leguminosas também é relatado, no qual muitos microrganismos presentes nas raízes e nódulos vegetais desempenham funções conjuntas, no entanto, sem a presença de um tipo microbiano com atividade estabelecida, o desenvolvimento da planta não seria possível.

Bactérias do gênero *Methylobacterium* em associação com plantas são capazes de secretar ácido-indol-acético, como destaca Andrade et al. (2009). O estudo demonstrou que três linhagens oriundas da cana-de-açúcar e duas do feijão caupi apresentaram a capacidade de sintetizar o produto a partir de L-triptofano, sendo esse grupo microbiano caracterizado pela eficácia de utilizar compostos contendo apenas um carbono, como o metanol. A possibilidade de crescer em ambientes com baixa quantidade de carbono e auxiliar no crescimento vegetal é uma estratégia na aplicação agrícola em ambientes com concentrações e diversidade de carbono baixo, permitindo uma atividade nesses ambientes.

A associação de bactérias promotoras de crescimento de plantas é observada em classes distintas de plantas, como o caso de plantas não-leguminosas. Pedrinho et al. (2010) evidencia a atividade produtiva de AIA em estirpes bacterianas em milho, sendo 18 isolados capazes de sintetizar o fitohormônio. O estudo relata a maior taxa de produção da substância posterior 24 horas de cultivo, e os gêneros *Azospirillum*, *Sphingomonas*, *Burkholderia* e *Herbaspirillum* os responsáveis pela colonização nas raízes do milho e produção do hormônio.



4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através do experimento observou-se que 39 dos isolados das raízes de *Glycine max*, apresentaram, mesmo que em baixas quantidades, a capacidade de síntese de ácido-indol-acético a partir do precursor triptofano. Dos isolados, 22% se mostraram fortes produtores, 34% moderados e 44% negativos para a produção do composto. Os resultados do presente estudo demonstraram a potencialidade dos isolados em serem aplicados como possíveis promotores de crescimento vegetal, entretanto, há a necessidade de outros estudos, principalmente relacionados à fixação de nitrogênio e solubilização de fosfatos.

Agradecimentos

Agradecimento as agências de fomento FAPERGS, CAPES e CNPQ, pelo auxílio financeiro, e ao Centro Universitário La Salle, que possibilitou o desenvolvimento do projeto.

5. REFERÊNCIAS

- ANDRADE, Pedro Avelino Maia de, et al, PRODUÇÃO DE ÁCIDO INDOL ACÉTICO E RESISTÊNCIA À SALINIDADE POR BACTÉRIAS ENDOFÍTICAS DO GÊNERO *Methylobacterium*. In: **IX Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão**, Recife. Anais de evento Recife: UFRPE, 2009.
- AZEVEDO, J.L.; ARAÚJO, W.L.; MACCHERONI-JR, W. **Importância dos microrganismos endofíticos no controle de insetos**. In: MELO, I.S.; AZEVEDO, J.L. (Ed.) *Controle Biológico*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, cap. 3, p. 57-93, 2000.
- BARTEL, B. Auxin Biosynthesis. [b]Annu. **Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.**[b] n. 48, 51–66, 1997.
- BONILLA, G. A. E. **Seleção de Bactérias Diazotróficas Solubilizadoras de Fósforo e seu Efeito no Desenvolvimento de Plantas de Arroz**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2011.
- BRANDLAND, M. T.; LINDOW, S. E. Cloning and Characterization of a Locus Encoding an Indolepyruvate Decarboxylase Involved in Indole-3-Acetic Acid Synthesis in *Erwinia herbicola*. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 62, n. 11, 4121–4128, 1996.
- BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. Brasília, DF, 2013. Disponível em: <<http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/event%20sheet.pdf>>. Acesso em: 3 abril 2016.
- BRINGEL, J. M. M.; TAKATSU, A.; UESUGI, C. H. Colonização radicular de plantas cultivadas por *Ralstonia solanacearum* biovars 1, 2 e 3. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 3, p. 497-500, jul./set. 2001.
- CANDIDO, V.; CAMPANELLI, G.; D'ADDABBO, T.; CASTRONUOVO, D.; RENCO, M.; CAMELE, I. Growth and yield promoting effect of artificial mycorrhization combined with different fertiliser rates on field-grown tomato. **Italian Journal of Agronomy**, p.8-22, 2013.
- CHOUDHARY, D.K.; JOHRI, B.N. Interactions of *Bacillus spp.* and plants – With special reference to induced systemic resistance (ISR). **Microbiological Research**, v.164, p.493-513, 2009.
- COELHO, L.F.; FREITAS, S.S.; MELO, A.M.T.; AMBROSANO, G.M.B. Interação de bactérias fluorescentes do gênero *Pseudomonas* e de *Bacillus spp.* com a rizosfera de diferentes plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** v.31, p.1413-1420, 2007.
- DOBBELAERE, S.; VANDERLEYDEN, J.; OKON, Y. Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. **Crit Rev Plant Sci**, v. 22, p. 107-149, 2003.
- DUCA, D.; LORV, J.; PATTEN, C. L.; ROSE, D.; GLICK, B. R. Indole-3-acetic acid in Plant–microbe Interactions. **Antonie van Leeuwenhoek**, v. 106, 85-125, 2014.
- HAGEN, B.; HOWARD, K. The determination of boron, iron, magnesium and zinc in fertilizers using



- ICP-AES. **Concordia College Journal of Analytical Chemistry**, v.2, p.51–57, 2011.
- JAMES, E.K.; BALDANI, J.I. The role of biological nitrogen fixation by non-legumes in the sustainable production of food and biofuels. **Plant and Soil**, v. 356, p. 1-3, 2012.
- KUSS, A. V.; KUSS, V. V.; LOVATO, T.; FLÔRES, M. L.; Fixação de Nitrogênio e Produção de Ácido Indolacético in vitro por Bactérias Diazotróficas Endofíticas. **Pesq. agropec. Bras**, v.42, n.10, 1459-1465, 2007.
- LEWIS, W.M.; SAUNDERS, J.F.; CRUMPAKER, D.W.; BRENDENCKE, C.M. Eutrophication and land use, Lake Dillon, Colorado. **Ecological Studies**, v.46, p. 202, 1984.
- LUGTENBERG, B.; KAMILOVA, F. Plant-growth-promoting rhizobacteria. **Annual Review of Microbiology**, v. 63, p. 541-556, 2009.
- MAIER, Raina M.; PEPPER, Ian L.; GERBA, Charles P. **Environmental microbiology**. 2nd ed. Burlington [Estados Unidos]: Elsevier: Academic Press, 2009.
- MANO, Y.; NEMOTO, K. The Pathway of Auxin Biosynthesis in Plants. **J. of Experi. Botany**, v. 63, n. 8, 2853–2872, 2012.
- NAVROSKI, D.; SILVA, T. L.; SCHERER, A. J.; APPEL, R. J. C.; FAVETTA, A.; BARREIROS, M. A. B.; GRANGE, L. Diversidade morfológica de rizobactérias obtidas de solos sob distintos manejos de cultivo da região Oeste do Paraná. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 4, p. 117-128, 2015.
- PEDRINHO, Eliamar Aparecida Nascibém et al. IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE RIZOBACTÉRIAS ISOLADAS DE RAÍZES DE MILHO. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p. 905-911, 2010.
- PRINSEN, E.; CHAUVAUX, N.; SCHMIDT, J.; JHON M.; WIENEKE, U.; GREEF, J.; SCHELL, J.; ONCKELEN, H. V. Stimulation of Indol-3-acetic Acid Production in Rhizobium by Flavonoids. **FEBS**, v. 282, 53-55, 1991.
- RAVEN, P.H; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. Regulando o crescimento e o desenvolvimento: os hormônios vegetais. In: RAVEN, P.H; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. (Ed.). **Biologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. p.646-675.
- RODRIGUES, E. P. **Caracterização fisiológica de estirpes de Azospirillum amazonense e avaliação dos efeitos da inoculação em plantas de arroz inundado (Oryza sativa L.)**. Rio de Janeiro, 2004. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
- ROMEIRO, R. S.; BATISTA, U. G. **Preliminary results on PGPR research at the Universidade Federal de Viçosa, Brasil**, 2002. Disponível em: <<http://www.ufv.br/dfp/bac/Cordoba.html>>. Acesso em: 12 mar. 2016.
- SÁBER, M. L. **Efeito da radiação ultravioleta B sobre a comunidade bacteriana epifítica de soja (Glycine max L. Merrill)**. Piracicaba, 73 p., 2010. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo.
- SELDIN, L.; VAN ELSAS, I. D.; PENIDO, E. G. C. *Bucifuss azotofixans* sp. nov., a nitrogen-fixing species from Brazilian soils and grass roots. **Internacional Journal of Systemic Bacteriology**, v. 34, p. 451-456, 1984.
- SOBRAL, J. K. **A comunidade bacteriana endofítica e epifítica de soja (Glycine max) e estudo da interação endófitos-planta**. Piracicaba, 174 p., 2003. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo.
- SPAEPEN, S.; VANDERLEYDEN, J.; REMANS, R. Indole-3-acetic acid in Microbial and Microorganism-Plant Signaling. **FEMS Microbiol Rev**, v. 31, 425–448, 2007.
- STROSCHEN, M. R. D.; SÁL, E. L. S.; MACHADO, R. G.; CABRAL, T. L.; BRUXEL, M.; GIONGOL, A.; FONTURA, R. C. Caracterização e Influência de Rizóbios Isolados de Alfafa na Germinação e Desenvolvimento Inicial de Plântulas de Arroz. **Ciênc. Rural**, v. 41, n. 10, 1738-1743, 2011.
- STURZ, A.V.; CHRISTIE, B.R; NOWAK, J. Bacterial endophytes: potential role in developing sustainable systems of crop production. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 19. p.1-30, 2000.



- SUGAWARA, S.; HISHIYAMAC, S.; JIKUMARUA, Y.; HANADAA, A. NISHIMURAB, T.; KOSHIBAB, T.; ZHAOD, Y.; KAMIYAA, Y.; KASAHARAA, H. Biochemical Analyses of Indole-3-acetaldoxime Dependent Auxin Biosynthesis in Arabidopsis. **PNAS**, v. 106, n. 13, 5430-5435, 2009.
- SZENTES, S.; RADU, G.; LASLO, É.; LÁNYI, S.; MARA, G. Selection and evaluation of potential biocontrol rhizobacteria from a raised bog environment. **Crop Protection**, v.52, p.116-124, 2013.
- TAVARES DE LIMA, A.S. et al. Sinergismo Bacillus, Brevibacillus e, ou, Paenibacillus na simbiose Bradyrhizobium-caupi. **R. Bras. Ci. Solo**, v.35, p.713-721, 2011.
- TSAVKELOVA, E.; OESER, B.; OREN-YOUNG, L.; ISRAELI, M.; SASSON Y.; TUDZYNSKI, B.; SHARON, A. Identification and Functional Characterization of Indole-3-acetamide Mediated IAA Biosynthesis in Plant-Associated Fusarium Species. **Fungal Genetics and Biology**, n. 49, 48-57, 2012.
- VERMA, S.C.; LADHA, J.K.; TRIPATHI, A.K. Evaluation of plant growth promoting and colonization ability of endophytic diazotrophs from deep water rice. **Journal of Biotechnology**, v. 91, p. 127-141, 2001.

REALIZAÇÃO



CORREALIZAÇÃO



INFORMAÇÕES

abes-rs@abes-rs.org.br
51 3212.1375