

Interação entre isolados de rizóbios e genótipos de tomateiro (*Solanum lycopersicum*)

Bruno Treichel dos Santos

Acadêmico do Curso de Agronomia. Unidade de Cachoeira do Sul, Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Cachoeira do Sul, RS, Brasil

E-mail: brunotreichel@hotmail.com

Felipe Henrique Huff

Acadêmico do Curso de Agronomia. Unidade de Cachoeira do Sul. Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Cachoeira do Sul, RS, Brasil

E-mail: felipehuff2@hotmail.com

Caren Alessandra da Rosa

Acadêmica do Curso de Agronomia. Unidade de Cachoeira do Sul, Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Cachoeira do Sul, RS, Brasil

E-mail: caren_alessandra@hotmail.com

Jéssica Maciel Machado

Acadêmica do Curso de Agronomia. Unidade de Cachoeira do Sul. Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Cachoeira do Sul, RS, Brasil

E-mail: jessimm6@gmail.com

Patrick Thiago Lopes

Acadêmico do Curso de Agronomia. Unidade de Cachoeira do Sul, Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Cachoeira do Sul, RS, Brasil

E-mail: patrickthiagolopes@gmail.com

Viviane Milbradt Prade

Acadêmica do Curso de Agronomia. Unidade de Cachoeira do Sul. Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Cachoeira do Sul, RS, Brasil

E-mail: vivi.m.prade@gmail.com

Alzira Nunes de Oliveira Neta

Acadêmica do Curso de Agronomia. Unidade de Cachoeira do Sul. Universidade Estadual

do Rio Grande do Sul, Cachoeira do Sul, RS,
Brasil

E-mail: alzylis2@gmail.com

Benjamin Dias Osorio Filho

Professor Adjunto. Unidade de Cachoeira do
Sul. Universidade Estadual do Rio Grande do
Sul, Cachoeira do Sul, RS, Brasil

E-mail: agronomiabf@hotmail.com

Recebido em: 24 set. 2017. Revisado em: 3 nov.2017. Aceito: 19 nov. 2017.

DOI: <http://dx.doi.org/10.21674/2448-0479.33.600-616>

Resumo

Com o melhoramento vegetal, as plantas de tomateiro (*Solanum lycopersicum*) são selecionadas com vistas a expressar o máximo do seu rendimento, tornando-se mais exigentes em fertilizantes e agrotóxicos. Na busca por sistemas mais sustentáveis de produção, necessita-se entender melhor as interações entre plantas e microrganismos promotores de crescimento. Estes podem ser utilizados como insumos biológicos, no entanto, sua eficiência pode depender da interação entre os genótipos dos organismos envolvidos. Dentre os microrganismos promotores de crescimento, estão os rizóbios, que realizam a fixação biológica de nitrogênio quando associados simbioticamente com leguminosas, que também podem estimular o crescimento de outras famílias botânicas por outros mecanismos. Assim, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a produção de diferentes genótipos de tomateiros quando inoculados com quatro isolados de rizóbios. Foi realizado um experimento a campo, bifatorial, com delineamento experimental em blocos casualizados, com três repetições. Cada bloco continha 15 unidades experimentais com oito plantas inoculadas com meio de cultura contendo rizóbios. Foram utilizadas duas variedades crioulas e uma cultivar híbrida, inoculadas com os isolados UFRGS-VP16, UFRGS-Lc336, UFRGS-Lc348 e

SEMIA-3007. Os frutos foram colhidos no começo da maturação, pesados e medidos. Os dados foram submetidos à análise de variância e teste Dunnett. As cultivares Cereja e Rosa, ambas crioulas, tiveram aumento de produção com a inoculação com rizóbios, enquanto a variedade Serato, híbrida, não obteve incremento de produção com essa prática.

Palavras-chave: Ácido indolacético. Microrganismos. Produção de tomates.

Abstract

Rhizobium isolates and tomato (*Solanum lycopersicum*) genotypes interaction

With vegetal improvement, tomato (*Solanum lycopersicum*) plants are selected aiming to express its maximum yield, becoming more exigent in fertilizers and agrochemicals. In the search for sustainable production systems, it's necessary a better understanding of plants and its interaction with plant growth-promoting microorganisms. These can be used as biological inputs, but their efficiency can depend on the interaction between the involved organisms' genotypes. Among the plant growth-promoting microorganisms, there are rhizobia, well known by its biological nitrogen fixation ability when symbiotically associated with legume plants, that can also stimulate other botanical families' growth through other mechanisms. This research aimed to evaluate different tomato genotypes production under rhizobium inoculation. A bifactorial field experiment was made, with randomized blocks experimental design and three reps. Each block contained 15 experimental units with 8 inoculated plants with culture medium containing rhizobium. Two creole varieties and one hybrid cultivar were utilized, inoculated with isolates UFRGS-VP16, UFRGS-Lc336, UFRGS-Lc348 and SEMIA-3007. Fruits were har-

vested at the beginning of the maturation, weighted and sized. Data was submitted to ANOVA and Dunnett test. *Cereja* and *Rosa* cultivars, both creole, had increased its yield with rhizobium inoculation. In the other hand, the hybrid variety *Serato* hadn't increased its yield with this practice.

Keywords: Indole-3-acetic acid. Microorganisms. Tomato production.

Introdução

A produção de tomates (*Solanum lycopersicum*) tem grande relevância econômica, sendo a hortaliça mais cultivada no país, com uma produção de 3.737.925 toneladas, representando 23,4% da produção total de hortaliças (CARVALHO *et al.*, 2016). Dentro do modelo de agricultura atual, faz-se necessário o uso de diversos insumos para uma produção satisfatória. Em sistemas orgânicos, que abdicam de boa parte dos mesmos, faltam opções para se atingir produções que garantam a sobrevivência do agricultor na atividade. Assim, a utilização de insumos biológicos, entre os quais a aplicação de microrganismos promotores de crescimento de plantas, pode ser uma alternativa viável (ANTOUN, 2013).

Os rizóbios são bactérias conhecidas por sua capacidade de fixação de nitrogênio, quando em simbiose com as leguminosas. As plantas desta família, quando em contato com estirpes específicas de rizóbios, desenvolvem nódulos em suas raízes, onde as bactérias ficam hospedadas (ANTOUN; PRÉVOST, 2006). Na soja (*Glycine max*), a inoculação com rizóbios proporciona a nutrição com nitrogênio atmosférico, aumentando a produtividade de grãos e ocasionando um balanço positivo de nitrogênio para o sistema (ALVES *et al.*,

2006). Em feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.), os rizóbios promovem a indução de resistência sistêmica à fusariose, doença causada pelo fungo *Fusarium udum* Butler, com aumento do tamanho de raízes, massa fresca e seca (DUTTA; MISHRA; KUMAR, 2008).

Além disso, os rizóbios se mostram eficientes na promoção de crescimento em outras famílias botânicas, utilizando outros mecanismos que vêm sendo estudados principalmente no século atual. Em não-leguminosas, os efeitos de estímulo ao crescimento vegetal são ocasionados por mecanismos diferentes da fixação biológica de nitrogênio, dentre eles aumento da absorção de nutrientes, vigor, desenvolvimento do sistema radicular e produtividade, produção de hormônios vegetais (ANTOUN, 2013), supressão de nematoides e doenças fúngicas, bacterianas e viróticas (SIDDIQUI, 2006). Além disso, esses microrganismos podem ser solubilizadores de fosfatos, pois exsudam ácidos orgânicos no solo que liberam os fosfatos fortemente adsorvidos nos coloides para a fase líquida, sendo facilmente assimilados pelas plantas (RODRÍGUEZ; FRAGA, 1999). Estirpes de rizóbios com essa habilidade foram encontradas associadas com tomateiros (CABALLERO-MELLADO *et al.*, 2007; ABBAMONDI *et al.*, 2016). Essas características demonstram a habilidade desses microrganismos em promover o crescimento vegetal por diversos mecanismos. Para tal, é preciso que os microrganismos interajam com as plantas, sendo que as características genéticas das últimas interferem diretamente em tal processo (PÉREZ-JARAMILLO *et al.*, 2017).

Dentre as plantas não-leguminosas em que houve comprovação de estímulos em seu crescimento por rizóbios estão, por exemplo, mostarda (*Brassica campestris*) (CHANDRA *et al.*, 2007), alface (*Lactuca sativa*), cenoura (*Daucus carota*) (FLORES-FÉLIX *et al.*, 2013), morango (*Fragaria* sp.) (FLORES-FÉLIX *et al.*, 2015), abóbora (*Cucurbita moschata* Duchesne ex Poir.) (TCHIAZE *et al.*, 2016),

espinafre (*Spinacia oleracea*) (JIMÉNEZ-GÓMEZ *et al.*, 2016) e girassol (*Helianthus annuus* L.) (ULLAH *et al.*, 2017).

Estudos realizados com arroz (*Oriza sativa* L.) indicam que certas estirpes de rizóbios estimulam o crescimento vegetal, pois demonstram incrementos em parâmetros tais como área foliar, superfície radicular, germinação e peso de sementes, massa seca da parte aérea e raiz, absorção de nitrogênio, número de panículas e rendimento de grãos e palha (BISWAS *et al.*, 2000; MISHRA *et al.*, 2006; YANNI; DAZZO, 2010; HAHN, 2013; OSORIO FILHO *et al.*, 2014; KECSKÉS *et al.*, 2016).

Em milho (*Zea mays*), a utilização de microrganismos promotores de crescimento aumentou sua produtividade (CANELLAS *et al.*, 2015), incrementando parâmetros como produção de espigas, comprimento de raiz, massa fresca da parte aérea (HUSSAIN *et al.*, 2014), altura da parte aérea, biomassa fresca e seca, peso, rendimento e teor de proteína nos grãos, teor de nitrogênio, fósforo e potássio, clorofila, fotossíntese, transpiração, condutividade nos estômatos, eficiência do uso e conteúdo relativo de água (HUSSAIN *et al.*, 2016). O isolado de rizóbio UFRGS-VP16, utilizado no presente experimento, foi inoculado em milho em experimento realizado por Hahn (2013) que observou aumento na produção de matéria seca da parte aérea e sistema radicular, além da quantidade de N concentrada na parte aérea com a inoculação.

Já no tomateiro, a inoculação com microrganismos promotores de crescimento pode diminuir a podridão de raiz, aumentando produtividade de frutos e massa seca de raiz em sistema hidropônico (GRAVEL *et al.*, 2006; GRAVEL; ANTOUN; TWEDDELL, 2007). Em estudo realizado por García-Fraile *et al.* (2012), foi constatado que a inoculação com rizóbios aumentou a massa seca de raiz e parte aérea, quando cultivados em vermiculita, e número de flores e frutos, quando cultivado em solo.

Dessa forma, essa pesquisa foi desenvolvida com o objetivo de avaliar a produção de tomateiros de três diferentes genótipos em função da inoculação com quatro estirpes de rizóbios.

Materiais e Métodos

Para esse estudo, foi realizado um experimento a campo no verão de 2015/2016 na Estação Agronômica da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, localizada no distrito de Três Vendas, em Cachoeira do Sul-RS. Caracterizado como Argissolo Vermelho distrófico, o solo foi preparado, sendo construídos três canteiros que serviram de blocos, espaçados 0,5 metro entre si, os quais foram divididos em 15 unidades experimentais cada. Com delineamento experimental bifatorial em blocos casualizados e três repetições, cada unidade experimental recebeu 15 litros de esterco bovino sólido curtido, de acordo com as recomendações de calagem e adubação para os solos do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, oito mudas de tomateiro com duas semanas pós-emergência, cada uma tendo seu colo (região entre raiz e parte aérea) inoculado com 15 mL de meio líquido à base de levedura manitol (Manitol, 10g; K_2HPO_4 , 0,5g; $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, 0,2g; NaCl, 0,1g; Extrato de levedura, 0,5g L^{-1}), pH 6,8, com o respectivo rizóbio, crescido sob agitação durante 72 h. As testemunhas receberam apenas meio líquido esterilizado. As cultivares utilizadas foram Cereja, Rosa e Serato, sendo as duas primeiras crioulas e a última híbrida simples. Os rizóbios foram provenientes da coleção do Laboratório de Microbiologia do Solo da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, obtidos de nódulos de leguminosas forrageiras de diferentes gêneros, sendo UFRGS-VP16 (*Burkholderia* sp.), UFRGS-Lc336 (*Bradyrhizobium japonicum*), UFRGS-Lc348 (*Mesorhizobium* sp.) e Semia 3007 (*Rhizobium leguminosarum* bv. *Viciae*). Durante o experimento, as plantas foram irrigadas conforme necessidade e tutoradas por estacas

inseridas rente aos pés, sendo o amarrio feito com barbante. As folhas danificadas por patógenos e pragas foram desbastadas conforme a gravidade, bem como os brotos axilares e basais, que competem por nutrientes, deixando as plantas com uma haste apenas. Foi realizada a aplicação dos produtos comerciais Bovemax[®] (à base de *Beauveria bassiana*) e Dipel[®] (à base de *Bacillus thuringiensis*) para o controle da *Diabrotica speciosa* (vaquinha) e de lagartas, respectivamente. O controle de plantas espontâneas foi feito manualmente, com o auxílio de ferramentas, conforme a necessidade. A colheita foi realizada semanalmente, sendo coletados manualmente os frutos que começavam a apresentar coloração avermelhada, ou seja, no estágio fenológico de maturação. Os mesmos eram ensacados, identificados e levados para o laboratório da universidade, onde foram pesados em balança eletrônica e medidos horizontalmente (diâmetro) com paquímetro, individualmente. Os dados foram tabelados, sendo sua análise baseada no número de plantas produtivas ao longo do período. Assim, a massa e o número de tomates foram divididos pela média de plantas produtivas em cada unidade experimental, considerando que as mortes ocorreram independentemente aos tratamentos. Assim, os valores obtidos foram submetidos à análise de variância e, quando significativas as diferenças, foi aplicado o teste Dunnett com o auxílio do software BioEstat 5.0[®].

Resultados e Discussões

Houve interação entre a inoculação com os isolados de rizóbios e os genótipos de tomateiro. A inoculação das plantas de tomate da variedade Cereja com o isolado UFRGS-Lc336 possibilitou um aumento significativo de 96,97% no número de frutos produzidos, bem como 119,41% na massa dos mesmos, quando comparados com o tratamento sem inoculação (Tabela 1). A variedade Rosa apresentou incremento de 51,09% na massa dos frutos quando ino-

culada com o isolado UFRGS-Lc348, fato não observado no número de frutos. A cultivar Serato não apresentou diferença significativa quando avaliados os mesmos parâmetros.

Tabela 1 - Massa e número de frutos de variedades de tomateiro inoculadas com rizóbios.

Variedade	Isolados de rizóbios	Massa de frutos	Número de frutos
		gramas planta ⁻¹	unidades planta ⁻¹
Cereja	UFRGS-Lc336	166,16 *	20,13 *
	UFRGS-VP16	117,30 ^{ns}	13,72 ^{ns}
	Semia 3007	90,37 ^{ns}	12,26 ^{ns}
	UFRGS-Lc348	59,44 ^{ns}	8,04 ^{ns}
	Sem inoculação	75,73	10,22
Rosa	UFRGS-Lc336	116,05 ^{ns}	7,99 ^{ns}
	UFRGS-VP16	103,60 ^{ns}	7,02 ^{ns}
	Semia 3007	98,85 ^{ns}	7,66 ^{ns}
	UFRGS-Lc348	181,07 **	8,70 ^{ns}
	Sem inoculação	119,84	11,28
Serato	UFRGS-Lc336	180,85 ^{ns}	2,90 ^{ns}
	UFRGS-VP16	146,00 ^{ns}	2,89 ^{ns}
	Semia 3007	173,47 ^{ns}	2,70 ^{ns}
	UFRGS-Lc348	180,25 ^{ns}	3,78 ^{ns}
	Sem inoculação	121,14	3,47

^{ns}Não significativo; *Difere significativamente do tratamento sem inoculação pelo teste de Dunnett a 1% de probabilidade de erro; **Difere significativamente do tratamento sem inoculação pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade de erro.

No solo e nas rizosferas das plantas, existem vários microrganismos, entre eles solubilizadores de fosfatos, que são promotores de crescimento, função também exercida pelos rizóbios. Entretanto, seu número é baixo para competir com outros microrganismos.

mos, tornando difícil a promoção de crescimento de plantas. Assim, é necessário que sejam aplicados inoculantes em altas concentrações para que tal função seja efetiva (KISHORE *et al.*, 2015). Tais microrganismos também estão presentes em adubos orgânicos, como esterco bovino, utilizado no presente estudo, fato que poderia mascarar os resultados.

Todavia, em estudo realizado por Alvarez, Gagné e Antoun (1995), foi verificado que a aplicação de compostos orgânicos contendo resíduos animais em tomateiro não estimulou o crescimento numérico total de microrganismos rizosféricos, e sim estimulou o crescimento de microrganismos produtores de fitormônios, solubilizadores de fosfatos, antagonistas de patógenos. Tais mecanismos são os utilizados por rizóbios para promover o crescimento de plantas não-leguminosas, indicando um possível benefício do esterco para a promoção de crescimento do tomateiro pelos rizóbios. Além disso, os microrganismos utilizados haviam sido previamente testados em ambiente controlado e mostraram eficiência na promoção de crescimento do tomateiro (OSORIO FILHO *et al.*, 2015).

Nas plantas, os microrganismos podem habitar várias regiões, desde a rizosfera até o interior das folhas. As rizobactérias têm capacidade de colonizar a rizosfera e a superfície radicular (HAHN, 2013), podendo penetrá-las e colonizá-las, espalhando-se através do sistema vascular e alojando-se em vários órgãos vegetais, tornando-se endofítica (CABALLERO-MELLADO, 2006). Em gramíneas, os rizóbios penetram na planta por fissuras radiculares, podendo colonizar raízes, ramos, sistema vascular e folhas (OSORIO FILHO *et al.*, 2014; HAHN *et al.*, 2016). Em tomateiro, podem colonizar todo o sistema radicular, tanto na epiderme como nos pelos radiculares (CHIN-A-WOENG *et al.*, 1997), formando microcolônias especialmente nos espaços intercelulares (GARCÍA-FRAILE *et al.*, 2012). Assim, hospedeiro e microrganismo beneficiam e são beneficiados mutuamente, modificando estruturas e concentrações de biomoléculas. Dentre essas, está o ácido indol acético (AIA), principal hormônio vegetal e que é produzido pelos rizóbios, responsável

pelo crescimento, divisão e diferenciação celular e formação de tubos vasculares, podendo ajudar o sistema de defesa do hospedeiro ao reativar a sinalização de auxinas. Isso causa diferentes efeitos, dependendo da quantidade produzida e disponível para a planta e da sensibilidade da mesma a mudanças na concentração do hormônio (SPAEPEN; VANDERLEYDEN; REMANS, 2007). Em estudo com *Arabidopsis thaliana*, foi constatado que espécimes mutantes eram insensíveis ao AIA, enquanto as selvagens respondiam normalmente, suscitando uma possível coevolução da capacidade de microrganismos colonizarem a rizosfera e sua habilidade de modificar a estrutura das raízes (PERSELLO-CARTIEAUX et al., 2001). Em estudo com feijão (*Phaseolus vulgaris*), foram verificadas diferenças na composição da biodiversidade rizosférica entre plantas de variedades nativas e de cultivares melhoradas, inclusive a nodulação com rizóbios foi mais intensa em uma variedade que não sofreu processos de melhoramento (PÉREZ-JARAMILLO et al., 2017). Isso pode esclarecer o motivo pelo qual a variedade híbrida Serato não foi responsiva aos tratamentos com inoculação. Apesar de não ser mutante, essa indiferença ao tratamento microbiano pode estar relacionada com a menor sensibilidade ao hormônio ou, até mesmo, à incapacidade de associação com os microrganismos. O mesmo parece não ocorrer com as variedades crioulas, que são mais próximas às espécies selvagens. Esse efeito pode ser decorrente do processo de seleção dos híbridos, que preconiza a produtividade em detrimento de outras características importantes, como resistência a doenças e maior enraizamento que poderiam ser garantidos pela associação com microrganismos. Os rizóbios ainda impactam na capacidade de absorção de nitrato (NO_3^-) ao estimular o desenvolvimento de raízes laterais e possivelmente o sistema de transporte do ânion (MANTELIN; TOURAINE, 2004). Além disso, a produção de sideróforos, moléculas que absorvem o ferro e o indisponibilizam para os patógenos, a produção de antibióticos, que os matam, e a indução de resistência, que inibe sua virulência (SIDDIQUI, 2006; CABALLERO-MELLADO, 2006), podem estar relacionados ao au-

mento de produção das variedades crioulas de tomate, quando inoculadas com alguns isolados de rizóbios.

Inoculações com mais de um microrganismo podem ser mais eficientes, pois reúnem diferentes modos de ação para o benefício da planta. A inoculação do isolado de rizóbio UFRGS-VP16, associado com três isolados de *Azospirillum*, aumentou a produção de milho cultivado após azevém e trevo branco (HAHN *et al.*, 2014). Quando co-inoculado com rizóbio nodulante de ervilha, em cultivo sucessional com azevém, observou-se aumento na concentração de N na parte aérea do milho (HAHN, 2013).

Assim, mais estudos devem ser realizados com o intuito de avaliar a eficiência da co-inoculação em plantas de tomateiro.

Conclusão

A eficiência dos microrganismos na promoção de crescimento depende do genótipo da planta envolvida. A cultivar Cereja apresentou incremento significativo na massa e número de frutos quando inoculada com o isolado UFRGS-Lc336. A cultivar Rosa teve incremento significativo na massa de frutos quando inoculada com o isolado UFRGS-Lc348.

Referências

ABBAMONDI, G. R. *et al.* Plant growth-promoting effects of rhizospheric and endophytic bacteria associated with different tomato cultivars and new tomato hybrids. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, v. 3, p. 1-10, 2016.

ALVAREZ, M. A. B.; GAGNÉ, S.; ANTOUN, H. Effect of Compost on Rhizosphere Microflora of the Tomato and on the Incidence of Plant

Growth-Promoting Rhizobacteria. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 61, p. 194-199, 1995.

ALVES, B. J. R. *et al.* Fixação biológica de nitrogênio e fertilizantes nitrogenados no balanço de nitrogênio em soja, milho e algodão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 449-456, 2006.

ANTOUN, H. Plant-Growth-Promoting Rhizobacteria. **Brenner's Encyclopedia of Genetics**, v. 5, p. 353-355, 2013.

ANTOUN, H.; PRÉVOST, D. Ecology of Plant Growth Promoting Rhizobacteria. In: SIDDIQUI, Z. A. **PGPR: Biocontrol and Biofertilization**. 1.ed. Holanda: Springer Netherlands, 2006. p. 1-38.

BISWAS, J. C. *et al.* Rhizobial Inoculation Influences Seedling Vigor and Yield of Rice. **Agronomy Journal**, v. 92, p. 880-886, 2000.

CABALLERO-MELLADO, J. *et al.* The Tomato Rhizosphere, an Environment Rich in Nitrogen-Fixing *Burkholderia* Species with Capabilities of Interest for Agriculture and Bioremediation. **Applied And Environmental Microbiology**, v. 73, p. 5308-5319, 2007.

CABALLERO-MELLADO, J. Microbiología agrícola e interacciones microbianas con plantas. **Revista Latinoamericana de Microbiología**, v. 48, p. 154-161, 2006.

CANELLAS, L. P. *et al.* Foliar application of plant growth-promoting bacteria and humic acid increase maize yields. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v. 13, p. 146-153, 2015.

CARVALHO, C. *et al.* **Anuário Brasileiro de Hortaliças 2017**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2016. 56p.

CHANDRA, S. *et al.* Rhizosphere competent *Mesorhizobium loti* MP6 induces root hair curling, inhibits *Sclerotinia sclerotiorum* and enhances growth of indian mustard (*Brassica campestris*). **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 38, p. 124-130, 2007.

CHIN-A-WOENG, T. F. C. *et al.* Description of the Colonization of a Gnotobiotic Tomato Rhizosphere by *Pseudomonas fluorescens* Bio-control Strains WCS365, Using Scanning Electron Microscopy. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, v. 10, p. 79-86, 1997.

DUTTA, S.; MISHRA, A. K.; KUMAR, B. S. D. Induction of systemic resistance against fusarial wilt in pigeon pea through interaction of plant growth promoting rhizobacteria and rhizobia. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 40, p. 452-461, 2008.

FLORES-FÉLIX, J. D. *et al.* Plants Probiotics as a Tool to Produce Highly Functional Fruits: The Case of *Phyllobacterium* and Vitamin C in Strawberries. **Plos One**, v. 10, p. 1-10, 2015.

FLORES-FÉLIX, J. D. *et al.* Use of *Rhizobium leguminosarum* as a potential biofertilizer for *Lactuca sativa* and *Daucus carota* crops. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 176, p. 876-882, 2013.

GARCÍA-FRAILE, P. *et al.* *Rhizobium* Promotes Non-Legumes Growth and Quality in Several Production Steps: Towards a Biofertilization of Edible Raw Vegetables Healthy for Humans. **Plos One**, v. 7, p. 1-7, 2012.

GRAVEL, V.; ANTOUN, H.; TWEDDELL, R. J. Growth stimulation and fruit yield improvement of greenhouse tomato plants by inoculation with *Pseudomonas putida* or *Trichoderma atroviride*: Possible role of indole acetic acid (IAA). **Soil Biology & Biochemistry**, v. 39, p. 1968-1977, 2007.

GRAVEL, V. *et al.* Control of greenhouse tomato root rot [*Pythium ultimum*] in hydroponic systems, using plant-growth-promoting microorganisms. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 28, p. 475-483, 2006.

HAHN, L. *et al.* Growth Promotion in Maize with Diazotrophic Bacteria in Succession With Ryegrass and White Clover. **American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences**, v. 14, p. 11-16, 2014.

HAHN, L. *et al.* Rhizobial Inoculation, Alone or Coinoculated with *Azospirillum brasilense*, Promotes Growth of Wetland Rice. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 40, p. 1-15, 2016.

HAHN, L. **Promoção de crescimento de plantas gramíneas e leguminosas inoculadas com rizóbios e bactérias associativas.** 2013. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

HUSSAIN, M. B. *et al.* Efficacy of Rhizobia for improving Photosynthesis, productivity and mineral nutrition of maize. **CLEAN – Soil Air Water**, v.44, p. 1564-1571, 2016.

HUSSAIN, M. B. *et al.* Scrutinizing Rhizobia to Rescue Maize Growth under Reduced Water Conditions. **Soil Science Society of America Journal**, v. 78, p. 538-545, 2014.

JIMÉNEZ-GÓMEZ, A. *et al.* Effective Colonization of Spinach Root Surface by *Rhizobium*. In: GONZÁLEZ-ANDRÉS, F.; JAMES, E. **Biological Nitrogen Fixation and Beneficial Plant-Microbe Interactions.** 1.ed. Suíça: Springer International Publishing Switzerland, 2016. p. 109-122.

KECSKÉS, M. L. *et al.* Effects of bacterial inoculant biofertilizers on growth, yield and nutrition of rice Australia. **Journal of Plant Nutrition**, v. 39, p. 377-388, 2016.

KISHORE, N. *et al.* Phosphate-solubilizing microorganisms: A Critical Review. In: BAHADUR, B.; SAHIJRAM, M. V. R. L.; KRISHNA-MURTHY, K. V. **Plant Biology and Biotechnology: Volume I: Plant Diversity, Organization, Function and Improvement.** 1.ed. Índia: Springer India, 2015. p. 307-333.

MANTELIN, S.; TOURAINE, B. Plant growth-promoting bacteria and nitrate availability: impacts on root development and nitrate uptake. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, p. 27-34, 2004.

MISHRA, R. P. N. *et al.* Rhizobium-Mediated Induction of Phenolics and Plant Growth Promotion in Rice (*Oryza sativa* L.). **Current Microbiology**, v. 52, p. 383-389, 2006.

OSORIO FILHO, B. D. *et al.* Inoculação de rizóbios como bactérias promotoras de crescimento, para produção sustentável de tomatesiros. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE AGROECOLOGÍA, 5., 2015, La Plata. **Memorias del V Congreso Latinoamericano de Agroecología**. La Plata: Universidad Nacional de La Plata, 2015.

OSORIO FILHO, B. D. *et al.* Rhizobia Enhance Growth in Rice Plants Under Flooding Conditions. **American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences**, v. 14, p. 707-718, 2014.

PÉREZ-JARAMILLO, J. E. *et al.* Linking rhizosphere microbiome composition of wild and domesticated *Phaseolus vulgaris* to genotypic and root phenotypic traits. **The ISME Journal**, p. 1-14, 2017.

PERSELLO-CARTIEAUX, F. *et al.* Utilization of mutants to analyze the interaction between *Arabidopsis thaliana* and its naturally root-associated *Pseudomonas*. **Planta**, v. 212, p. 190-198, 2001.

RODRÍGUEZ, H.; FRAGA, R. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. **Biotechnology Advances**, v. 17, p. 319-339, 1999.

SIDDIQUI, Z. A. PGPR: Prospective Biocontrol Agents of Plant Pathogens. In: _____. **PGPR: Biocontrol and Biofertilization**. Holanda: Springer Netherlands, 2006. p. 111-142.

SPAEPEN, S.; VANDERLEYDEN, J.; REMANS, R. Indole-3-acetic acid in microbial and microorganism-plant Signaling. **FEMS Microbiology Reviews**, v. 31, p. 425-448, 2007.

TCHIAZE, A. I. *et al.* Influence of Nitrogen Sources and Plant Growth-Promoting Rhizobacteria Inoculation on Growth, Crude Fiber and Nutrient Uptake in Squash (*Cucurbita moschata* Duchesne ex Poir.) Plants. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, v. 44, p. 53-59, 2016.

ULLAH, S. *et al.* Comparative potential of *Rhizobium* species for the growth promotion of sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Eurasian Journal of Soil Science**, v. 6, p. 189-196, 2017.

YANNI, Y. G.; DAZZO, F. B. Enhancement of rice production using endophytic strains of *Rhizobium leguminosarum* bv. *trifolii* in extensive field inoculation trials within the Egypt Nile delta. **Plant Soil**, v. 336, p. 129- 142, 2010.