

Efectos de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal sobre la producción de biomasa, rendimiento y la calidad física del grano de maní (*Arachis hypogaea* L.)

Submetido - 30 jul. 2020

Aprovado - 09 set. 2020

Publicado - 14 out. 2020



<http://dx.doi.org/10.17648/sas.v1i2.58>

Ezequiel Darío Bigatton

Ingeniero Agrónomo. Máster Science. Cátedra de Microbiología Agrícola, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina. Estudiante de Doctorado FCA-UNC (Argentina)- UCO (España). CONICET. ezequielbigatton@gmail.com; ebigatton@agro.unc.edu.ar.

Ricardo Javier Haro Juárez

Ingeniero Agrónomo. Doctor en Ciencias Agropecuarias. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)-Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Manfredi. Investigador en Ecofisiología de Cultivos, Grupo Recursos Naturales y Manejo de Cultivos. Profesor Titular de Ecofisiología de Cultivos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica de Córdoba. haro.ricardo@inta.gob.ar.

Ibrahim Ayoub

Estudiante de Ingeniería Agronómica. Ayudante alumno "A" Cátedra de Microbiología Agrícola, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina. ibracba@gmail.com.

María Angeles Castillejos Sánchez

Biología (Doctora). Investigadora Posdoctoral Ramón y Cajal. Departamento de Bioquímica y Biología Molecular, Universidad de Córdoba, España. bb2casam@uco.es.

Enrique Iván Lucini

Ingeniero Agrónomo. Doctor en Ciencias Agropecuarias. Profesor Adjunto de Cátedra de Microbiología Agrícola, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina. eilucini@agro.unc.edu.ar.

RESUMO

La provincia de Córdoba en la República Argentina concentra más del 85% del área sembrada con cultivos de Maní (280-317 mil hectáreas por año). Para lograr altos rendimientos, los productores utilizan grandes cantidades de insumos de síntesis industrial como son los fertilizantes químicos. Una alternativa complementaria a la fertilización es la utilización de microorganismos asociados a la rizosfera vegetal (PGPR). Las PGPRs pueden inducir el crecimiento vegetal en forma directa o indirecta. *Pseudomonas* y *Bacillus* son los géneros más importantes incluidos dentro de esta clasificación. Primero, se aislaron cepas nativas de los géneros *Pseudomonas* y *Bacillus* a partir de suelos provenientes del cultivo de maní y luego se caracterizaron. El cultivar Granoleico fue sembrado para evaluar el efecto de las PGPRs sobre la producción de biomasa (Kg ha^{-1}) y el rendimiento (Kg ha^{-1}). El experimento fue conducido a campo y las plantas crecieron sin limitaciones hídricas. Los resultados demostraron el efecto positivo de promoción del crecimiento por parte de las PGPRs. *Pseudomonas* spp. cepa 001 incrementó el rendimiento 50% en relación con el control sin microorganismos y el 82% de los granos producidos se clasificaron como granos confitería (+8% en relación con el control sin microorganismos). La cepa 002 y cepa 001 de *Bacillus* spp. incrementaron el rendimiento 42% y 20% respectivamente y el 80% y 80.1% de los granos producidos fueron clasificados como grano confitería. Estos resultados parciales refuerzan a las PGPR como una alternativa sustentable a la producción, pero será necesario nuevos estudios para evaluar sus efectos y estabildades ante la diversidad de ambientes.

Palabras clave: PGPR; Estimulación del crecimiento; *Bacillus*; *Pseudomonas*.

Effects of plant growth promoting rhizobacterias on biomass production, yield and grain quality of peanut crop (*Arachis hypogaea* L.)

ABSTRACT

Córdoba province (Argentina) concentrates more than 85% of the total area sown with peanut crop (280-317 M. hectares per year). To achieve competitive yields, farmers use large amounts of chemical fertilizers and other synthetic supplies. To provide microorganisms into the plant rhizosphere, (PGPR) is a complementary agricultural management. PGPRs could induce plant growth directly or indirectly. *Pseudomonas* and *Bacillus* are the main genera included in this classification. First, native strains of gender *Pseudomonas* and *Bacillus* were isolated from soils previously sown with peanut crop and then they were characterized. The Granoleico cultivar was sown to evaluate the PGPR effects on biomass production (kg ha⁻¹) and yield (kg ha⁻¹). A trial was carried out in field conditions and plants grew without water limitations. The results showed the PGPR's positive effects on growth. The strain 001 of *Pseudomonas* spp. increased the peanut yield 50% concerning the control (without microorganisms) and 82% of grains were classified as confectionery grain (+8% more than the control). The 002 and 001 strains of *Bacillus* spp. increased the peanut yield 42% and 20%, respectively, and 80% and 80.1% of the total grains were classified as confectionery grain. These results strengthen to PGPRs as a sustainable alternative to crop production but additional research is needed to assess the effects and stabilities of PGPR in contrasting environments.

Keywords: PGPR; Growth promotion; *Bacillus*; *Pseudomonas*.

Efeito do rizobacterias promotoras do crescimento de plantas sobre a produção de biomassa, rendimento e qualidade dos grãos da cultura do amendoim (*Arachis hypogaea* L.)

RESUMEN

O Estado de Córdoba, na República Argentina, concentra mais de 85% da área plantada com a cultura do amendoim (280-317 mil hectares por ano). Para alcançar rendimentos competitivos, os produtores utilizam grandes quantidades de insumos sintetizados industrialmente, como os fertilizantes químicos. Uma alternativa para complementar à fertilização, é o uso de microrganismos associados à rizosfera da planta (RPCP). As RPCPs podem induzir o crescimento das plantas direta ou indiretamente. *Pseudomonas* e *Bacillus* são os gêneros mais importantes incluídos nesta classificação. Inicialmente, as cepas nativas dos gêneros *Pseudomonas* e *Bacillus* foram isoladas nos solos da cultura do amendoim e, em seguida, foram caracterizadas. A cultivar Granoleico foi plantada para avaliar o efeito das RPCPs nas variáveis de crescimento. O experimento foi realizado em campo e as plantas cresceram sem limitações de água. Os resultados demonstraram efeito positivo da promoção do crescimento pela RPCP. Para as *Pseudomonas* spp., a cepa 001 aumentou o rendimento em 50% em relação ao tratamento controle (sem microrganismos) e 82% dos grãos produzidos foram classificados como grãos de confeitaria (+ 8% em relação ao controle, sem microrganismos). Para a cepa 002 e cepa 001 de *Bacillus* spp., o rendimento aumentou 42% e 20%, respectivamente e 80% e 80,1% dos grãos produzidos foram classificados como grãos de confeitaria. Esses resultados reforçam que as RPCPs são alternativas sustentáveis para a produção, mas é necessário continuar investigando para avaliar seu efeito e estabilidade em diferentes ambientes

Palavras-chave: PGPR; Estimulação de crescimento; *Bacillus*; *Pseudomonas*.

Introducción

En Argentina, la provincia de Córdoba concentra más del 85% de la superficie sembrada con el cultivo de maní (ca. 280-317 mil hectáreas). En

esa región, el cultivo explora condiciones ambientales y edáficas apropiadas para su crecimiento y desarrollo, logrando rendimientos promedios (2006-2017) en granos de 3,02 tn. ha⁻¹ (ARGENTINA, 2018).

Una alternativa productiva para alcanzar estos rendimientos es la utilización de rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal (PGPR, por sus siglas en inglés). En el suelo, las PGPR son especies bacterianas y comunidades asociadas a la rizósfera del cultivo. Una vez establecidas en la rizósfera y sobre la raíz, inducen mecanismos o acciones propias de su metabolismo que se traducen en mejoras en el crecimiento de los cultivos. Dentro de las PGPR, entre géneros más representativos se encuentran *Pseudomonas* spp. y *Bacillus* spp. (KEJELA; THAKKAR; PATEL, 2017; KUMAR; VERMA, 2018; ZAREI *et al.*, 2019).

Las PGPRs de los géneros *Pseudomonas* y *Bacillus* intervienen en los procesos de promoción del crecimiento con mecanismos especializados en la solubilización de fósforo que implican producción de ácidos orgánicos, fosfatasas ácidas y su liberación al suelo. Los ácidos orgánicos resultan de oxidaciones incompletas que ocurren en su metabolismo. A su vez, son productoras de fitohormonas y COVs (Compuestos Orgánicos Volátiles) con actividad promotora del crecimiento vegetal. También, actúan como agentes de control biológico mediante la síntesis de antibióticos, sideróforos, COVs y la inducción de resistencia sistémica interna en los vegetales (KUMAR *et al.*, 2019).

A la actualidad, la información sobre efectos de las PGPR en el cultivo de maní es escasa y ha sido generada a partir de escalas de análisis generalmente básicas, no representativas del ambiente productivo donde se desarrolla el cultivo. Por ende, el objetivo de este trabajo fue determinar los efectos de las PGPR sobre la producción de biomasa, el rendimiento y la calidad física de los granos del cultivo de maní creciendo a campo.

Material y Métodos

Se sembró el cultivar *Granoleico* (porte de planta rastro) el 8 de octubre de 2019 y se cosechó el 6 de marzo de 2020 (150 días desde la

siembra a la cosecha). Las parcelas fueron mantenidas libres de malezas, patógenos e insectos, y el cultivo creció sin restricciones hídricas.

Se evaluaron veinticuatro cepas PGPR pertenecientes a los géneros *Bacillus* spp. y *Pseudomonas* spp. previamente aisladas y caracterizadas genéticamente por el laboratorio de Microbiología Agrícola de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba (FCA-UNC), Argentina. Se utilizaron dos controles: uno negativo (sin microorganismos) y otro con cepa de *Bradyrhizobium japonicum*, esta última también provista por dicho laboratorio. Las unidades experimentales estuvieron constituidas por parcelas de 16 m² distribuidas al azar en 3 bloques.

El experimento fue conducido en la Estación Experimental Agropecuaria Manfredi perteneciente al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) (-31.85 S, -63.73 O). Se determinó la producción de materia seca total (MST, en kg ha⁻¹) y materia seca de vainas (MSv, en kg ha⁻¹) a inicios de formación de la vaina (R3) y en estado avanzado de crecimiento del grano (R5.5). A cosecha, se cuantificó el rendimiento de vainas y granos (en kg ha⁻¹) y se determinó la granometría de los granos mediante zarandas de diversos diámetros (7 mm, 8 mm, 9 mm y 10 mm de diámetro de los alveolos). Aquellos granos retenidos entre zarandas 8-10 mm fueron considerados `granos tipo confitería`.

Se realizó una prueba de comparación de medias utilizando el software estadístico InfoStat (DI RIENZO *et al.*, 2017) mediante un $\alpha = 0,05$ y el análisis se centralizó en aquellos tratamientos con comportamiento superior a los Controles.

Resultados y Discusión

Del total de los veinticuatro tratamientos evaluados, tres presentaron un comportamiento superior a los controles. Dos tratamientos fueron del género *Bacillus* (cepa 001 y 002) y uno del género *Pseudomonas* (cepa 001). El período en el cual se define el rendimiento de maní se extiende entre los estadios reproductivos R3 y R6 (fin de crecimiento del grano) y se centra sobre la fijación del número de granos. Allí, el cultivo debe lograr máxima tasa de crecimiento, lo cual redundará en producción de materia

seca y fijación del número de granos (HARO; BALDESSARI; OTEGUI, 2013, 2017).

A inicios de R3, la producción de MST fue similar entre tratamientos, pero existieron diferencias significativas sobre la producción de MSv que fueron expresadas principalmente por la cepa 002 del género *Bacillus*. Esta última respuesta podría asociarse a la producción de fitohormonas (e.g., ácido giberélico o citocininas), ya que es frecuente que intensifiquen la producción de flores y mejoren la eficiencia reproductiva (i.e., número de frutos/número de flores totales) (SHARMA; KULKARNI; JHA, 2016; GOUDA *et al.*, 2018).

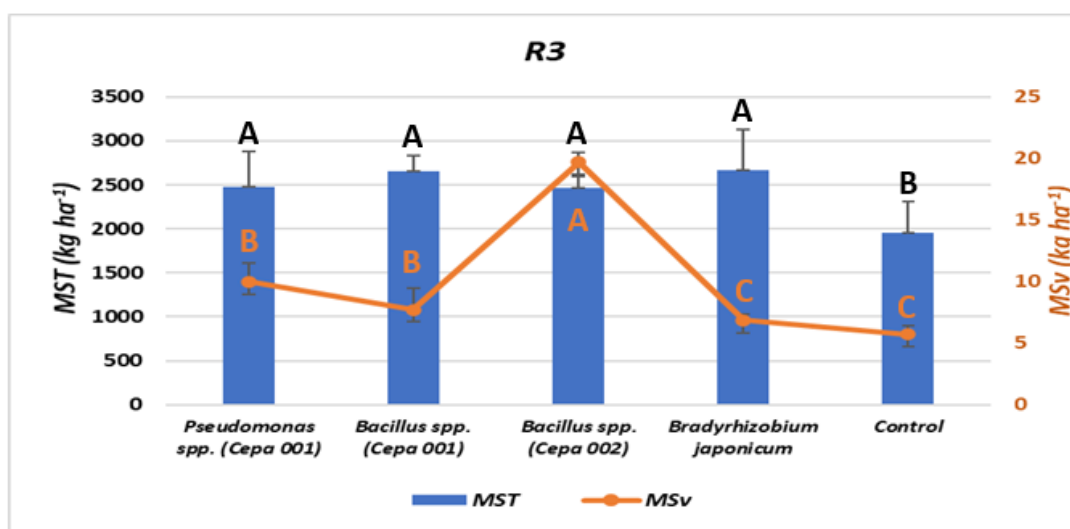


Figura 1. Producción de biomasa cultivo de maní frente a las cepas de PGPRs., Estadío R3 se manifestó a los 72 días desde la siembra del cultivo. Barras de error indican la desviación estándar de las medias. Barras con letra común indican que no hay evidencia suficiente para afirmar que las medias son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Una tendencia similar a la observada a inicios de R3, se expresó en R5.5 (**Figura 2**). La MST producida bajo los tratamientos de PGPR fue 30-40% superior respecto al control sin microorganismos y un 6-36% por encima en la producción MSv. Estas respuestas concuerdan con las obtenidas en diferentes tratamientos con cepas PGPRs (*Pseudomonas* spp. y *Bacillus* spp.) en maní (+18-24% MSv) (DEY *et al.*, 2004) y en otros cultivos de granos como arroz (+17-30% MST) (WIN *et al.*, (2018) y soja (+20-25% MSv) (DASHTI *et al.*, 1997), donde los microorganismos estimularon incrementos en la producción de MST y MS reproductiva. *Bacillus* spp. cepa 001 se destacó por un índice de partición de 0.54 en

R5.5, el cual fue significativamente superior al de los restantes tratamientos (**Figura 2**).

Esta respuesta merece especial atención en futuros estudios, ya que sugiere estímulos específicos de *Bacillus spp.* sobre la partición de fotosíntatos a destinos reproductivos. Aquel índice de cosecha, bajo el tratamiento *Bacillus spp.*, es mayor al promedio de 0.49 citado en la literatura para el cultivo de maní (KINIRY *et al.*, 2005; HARO; BALDESSARI; OTEGUI, 2013, 2017).

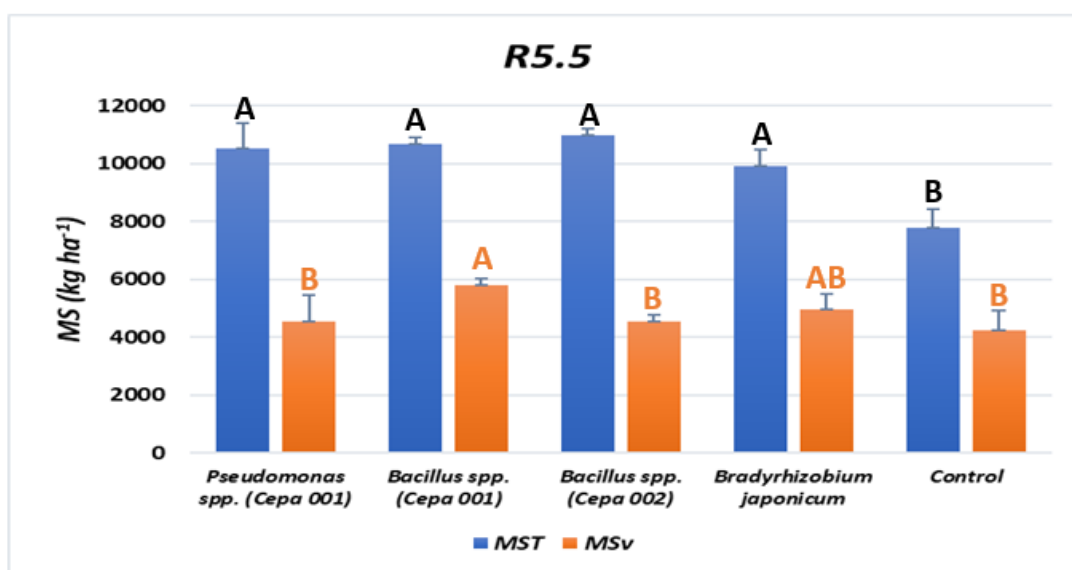


Figura 2. Producción de biomasa del cultivo de maní expuesto a PGPRs. Estadio R5.5 se manifestó a los 110 días desde la siembra del cultivo. Barras de error indican la desviación estándar de las medias. Barras con letra común indican que no hay evidencia suficiente para afirmar que las medias son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

A cosecha, las PGPR incrementaron el rendimiento del maní entre 20-50% respecto del control ‘sin microorganismos’ y los valores máximos se obtuvieron bajo el tratamiento *Pseudomonas spp. cepa 001* (**Figura 3**). Esta PGPR también superó en un 20% el rendimiento obtenido bajo el tratamiento con *B. japonicum* (cepa control). Respecto a las cepas 002 y 001 del género *Bacillus*, incrementaron el rendimiento del cultivo de maní un 42% y 22% con relación al control “sin microorganismos” y un +12% y -4.5% con relación a *B. japonicum* respectivamente. Valores similares fueron determinados en el cultivo de algodón (+75%) (HUSSEINI; BOCHOW; JUNGE, 2012) y maíz (+12-15%) (SOOD *et al.*, 2018).

La granometría de los granos de maní determinó que el tratamiento *Pseudomonas* spp. cepa 001 generó 82% de maní tipo confitería y fue 8% mayor respecto al maní bajo el tratamiento control `sin microorganismos`. Se sugiere que dicha respuesta resultaría de la combinación entre la producción de fitohormonas en etapas tempranas del periodo reproductivo del cultivo y a incrementos de la eficiencia reproductiva (GOUDA *et al.*, 2018; KUMAR *et al.*, 2019), generando consecuentemente alta proporción de granos con extendido período de crecimiento (SILVA *et al.*, 2008).

En tratamientos correspondientes a las cepas del género *Bacillus*, la fracción confitería fue 4-6% mayor respecto al control `sin microorganismos`. Estos aumentos en la fracción confitería y en el rendimiento previamente mencionados bajo los tratamientos cepas 001 y 002 de *Bacillus* spp., son similares a los determinados en cerezo, frijol, trigo y pimienta (ESITKEN *et al.*, 2006; RANA *et al.*, 2012; ZHANG *et al.*, 2019), donde los incrementos promedios fueron entre 25-40%.

Aquellos autores atribuyeron tales respuestas a mejoras en la capacidad de absorción de nutrientes por un prominente desarrollo radicular (especialmente desarrollo de raíces secundarias) de los cultivos y por incrementos en la disponibilidad de nutrientes como Fósforo (P). El P normalmente se encuentra inmóvil en los suelos, pero la liberación de ácidos orgánicos y fosfatasas acidas por parte de las PGPR lo solubilizan y lo disponen en la solución del suelo para ser captado más fácilmente por el sistema radical. (ZAREI *et al.*, 2019). También merece especial atención las fitohormonas sintetizadas por las PGPR y sus efectos potenciadores del rendimiento (BHATTACHARYYA; JHA, 2011; IPEK *et al.*, 2014; GOUDA *et al.*, 2018).

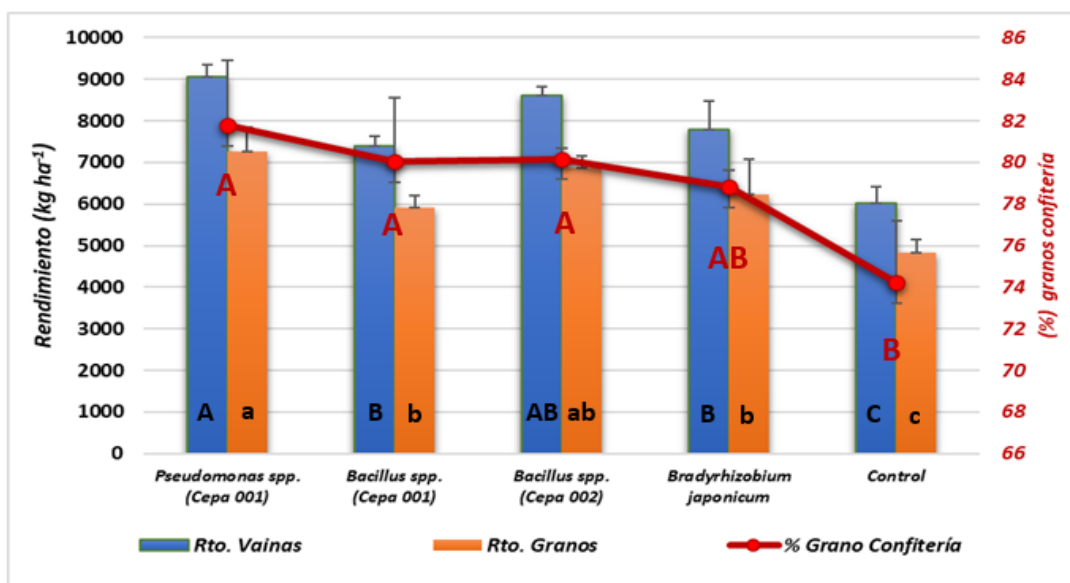


Figura 3. Rendimiento y calidad física del grano en el cultivar Granoleico a cosecha. Barras de error indican la desviación estándar de las medias. Barras con letra común indican que no hay evidencia suficiente para afirmar que las medias son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Conclusión

Las PGPR estimularon aumentos del crecimiento y rendimiento del cultivo de maní entre 22-50% en relación con los controles. *Pseudomonas* spp. fue la PGPR de mejor desempeño, induciendo mejoras tanto en el rendimiento del cultivo como en la fracción de granos confitería. Estos resultados parciales sugieren que las PGPR serían una alternativa ecológica complementaria a aquellos insumos de síntesis químicas (e.g., fertilizantes) para mejorar el rendimiento y la calidad física del grano.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) de la República Argentina que sustenta el doctorado del Ing. Agr. Bigatton. A la FCA-UNC y al INTA por brindar laboratorios y el sitio experimental.

Bibliografía

ARGENTINA. MINISTERIO DE HACIENDA DE LA NACIÓN ARGENTINA. **Informes y Publicaciones Provinciales**. 2018. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/hacienda>. Acceso: 15 jun. 2020.

BHATTACHARYYA, P. N.; JHA, D. K. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture. **World Journal Of Microbiology And Biotechnology**, [S.L.], v. 28, n. 4, p. 1327-1350, 24 dez. 2011. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11274-011-0979-9>

DASHTI, N *et al.* Application of plant growth-promoting rhizobacteria to soybean (*Glycine max* [L.] Merr.) increases protein and dry matter yield under short-season conditions. **Plant And Soil**, [S.L.], v. 188, n. 1, p. 33-41, 1997. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1023/a:1004295827311>

DEY, R *et al.* Growth promotion and yield enhancement of peanut (*Arachis hypogaea* L.) by application of plant growth-promoting rhizobacteria. **Microbiological Research**, [S.L.], v. 159, n. 4, p. 371-394, dez. 2004. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.micres.2004.08.004>

DI RIENZO, Julio A, *et al.* **InfoStat**. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina, 2017.

ESITKEN, Ahmet *et al.* Effects of floral and foliar application of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrition of sweet cherry. **Scientia Horticulturae**, [S.L.], v. 110, n. 4, p. 324-327, nov. 2006. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2006.07.023>

GOUDA, Sushanto *et al.* Revitalization of plant growth promoting rhizobacteria for sustainable development in agriculture. **Microbiological Research**, [S.L.], v. 206, p. 131-140, jan. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.micres.2017.08.016>

HARO, Ricardo J.; BALDESSARI, Jorge; OTEGUI, María E. Genetic improvement of peanut in Argentina between 1948 and 2004: seed yield and its components. **Field Crops Research**, [S.L.], v. 149, p. 76-83, ago. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2013.04.021>

HARO, Ricardo J.; BALDESSARI, Jorge; OTEGUI, María E. Genetic improvement of peanut in Argentina between 1948 and 2004: light interception, biomass production and radiation use efficiency. **Field Crops Research**, [S.L.], v. 204, p. 222-228, mar. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2017.01.021>

HUSSEINI, Monir M. El; BOCHOW, Helmut; JUNGE, Helmut. The biofertilising effect of seed dressing with PGPR *Bacillus amyloliquefaciens* FZB 42 combined with two levels of mineral fertilising in African cotton production. **Archives Of Phytopathology And Plant Protection**, [S.L.], v. 45, n. 19, p. 2261-2271, dez. 2012. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/03235408.2012.673259>

IPEK, Muzaffer *et al.* Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (Pgpr) Increase Yield, Growth And Nutrition Of Strawberry Under High-Calcareous Soil Conditions. **Journal Of Plant Nutrition**, [S.L.], v. 37, n. 7, p. 990-1001, maio 2014. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/01904167.2014.881857>

KEJELA, Tekalign; THAKKAR, Vasudev R.; PATEL, Ravi R. A novel strain of *Pseudomonas* inhibits *Colletotrichum gloeosporioides* and *Fusarium oxysporum* infections and promotes germination of coffee. **Rhizosphere**, [S.L.], v. 4, p. 9-15, dez. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rhisph.2017.05.002>

KINIRY, J.R *et al.* Peanut leaf area index, light interception, radiation use efficiency, and harvest index at three sites in Texas. **Field Crops Research**, [S.L.], v. 91, n. 2-3, p. 297-306, fev. 2005. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2004.07.021>

KUMAR, Akhilesh; VERMA, Jay Prakash. Does plant—Microbe interaction confer stress tolerance in plants: a review?. **Microbiological Research**, [S.L.], v. 207, p. 41-52, mar. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.micres.2017.11.004>

KUMAR, Ashok *et al.* Recent advances of PGPR based approaches for stress tolerance in plants for sustainable agriculture. **Biocatalysis And Agricultural Biotechnology**, [S.L.], v. 20, p. 101271, jul. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bcab.2019.101271>

RANA, Anuj *et al.* Enhancing micronutrient uptake and yield of wheat through bacterial PGPR consortia. **Soil Science And Plant Nutrition**, [S.L.], v. 58, n. 5, p. 573-582, out. 2012. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/00380768.2012.716750>

SHARMA, Sandeep; KULKARNI, Jayant; JHA, Bhavanath. Halotolerant rhizobacteria promote growth and enhance salinity tolerance in peanut. **Frontiers in microbiology**, [S.L.], v. 7, p. 1600, 2016. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01600>.

SOOD, Gaurav, *et al.* Effect of conjoint application of indigenous PGPR and chemical fertilizers on productivity of maize (*Zea mays* L.) under mid hills of Himachal Pradesh. **Journal Of Plant Nutrition**, [S.L.], v. 41, n. 3, p. 297-303, 19 set. 2017. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/01904167.2017.1381116>

SILVA, M. *et al.* Análisis Sensorial y Nutricional del Grano de Maní Confitería para Exportación en la Argentina. *Para este número de la revista IDIA XXI se han seleccionado temáticas que muestran las diferentes acciones llevadas a cabo en los proyectos del Programa Nacional de Cultivos Industriales del INTA.* Revista: **IDIA XXI**, p. 135, 2008.

WIN, Khin Thuzar, *et al.* *Bacillus Pumilus* Strain TUAT-1 and Nitrogen Application in Nursery Phase Promote Growth of Rice Plants under Field Conditions. **Agronomy**, [S.L.], v. 8, n. 10, p. 216, 4 out. 2018. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy8100216>

ZAREI, Tayebah *et al.* Improving sweet corn (*Zea mays* L. var *saccharata*) growth and yield using *Pseudomonas fluorescens* inoculation under varied watering regimes. **Agricultural Water Management**, [S.L.], v. 226, p. 105757, dez. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105757>

ZHANG, Yang, *et al.* Pre-colonization of PGPR triggers rhizosphere microbiota succession associated with crop yield enhancement. **Plant And Soil**, [S.L.], v. 439, n. 1-2, p. 553-567, 6 abr. 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-019-04055-4>